



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA**  
**MODALIDAD SEMIPRESENCIAL**  
**CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TESIS**

**“Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la constructora Willerconst. Ltda. del cantón Santo Domingo. año 2014”**

**Previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Autor**  
**EDWIN NEPTALI AGUIRRE NARANJO**

**Director de tesis**  
**ING. RENATO FABIÁN BAQUE MITE, M.Sc.**

**Quevedo – Ecuador**  
**2015**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

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

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Edwin Neptali Aguirre Naranjo

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

El suscrito, Ing. Renato Fabián Baque Mite, M.Sc., Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado: Edwin Neptali Aguirre Naranjo, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, Titulada: “PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA DE LA CONSTRUCTORA WILLERCONST. LTDA., DEL CANTÓN SANTO DOMINGO. AÑO 2014” bajo mi dirección, habiendo cumplido con la disposición reglamentaria establecida para el efecto.

---

**Ing. Renato Fabián Baque Mite, M.Sc.**  
**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA**  
**MODALIDAD SEMIPRESENCIAL**  
**CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Presentado al Comisión Académica de la Unidad de Estudios a Distancia como  
requisito previo para la obtención del título de: **INGENIERO INDUSTRIAL**

**Aprobado:**

---

**Ing. Pedro Intriago Zamora, M.Sc.**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Teresa Llerena Guevara, M.Sc.**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Milton Peralta Fonseca, MBA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

QUEVEDO – ECUADOR

2015

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme sabiduría y su amor eterno.

Dr. Eduardo Díaz Ocampo, M.Sc. Rector de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por su decisión y apoyo a la formación de la Unidad de Estudios a Distancia.

Ing. Guadalupe Del Pilar Murillo Campuzano, M.Sc. Vicerrectora Académica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por su trabajo diario y constante que ha obtenido sus resultados en favor de la educación.

Ing. Roberto Bolívar Pico Saltos, M.Sc. Vicerrector Administrativo de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por el apoyo constante a la gestión universitaria.

Ing. Mariana Del Rocío Reyes Bermeo, M.Sc. Directora de la Unidad de Estudios a Distancia, por su trabajo arduo y responsabilidad a favor de la población estudiantil.

Ing. Guido Rodolfo Álvarez Perdomo, M.Sc. Sub Director de la Unidad de Estudios a Distancia

Ing. Milton Peralta Fonseca, MBA Coordinador de la Carrera Ingeniería Industrial.

Ing. Renato Baque Mite, M.Sc. Director de tesis.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico a Dios por haberme brindado sabiduría, fuerza e inteligencia para continuar desarrollándome en el ámbito laboral, académico y personal.

A mi esposa Ligia Casa Saquina por estar siempre a mi lado en cada paso de mi trabajo investigativo y apoyo incondicional. A mis hijos Esney Aguirre y Analia Aguirre porque son mi motivación e inspiración para no rendirme y seguir adelante en el logro de mis metas.

**Edwin Neptali**

# ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Portada	i
Declaración de autoría y cesión de derechos	ii
Certificación del director de tesis	iii
Agradecimiento	v
Dedicatoria	vi
Índice	vii
Índice de cuadros	x
Índice de gráficos	xii
Índice de figuras	xiii
Índice de anexos	xiv
Resumen	xv
Abstract	xvi
<b>CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción	2
1.1.1. Problematización	3
1.1.2. Justificación	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Hipótesis	5
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>6</b>
2.1. Fundamentación teórica	7
2.1.1. Mantenimiento	7
2.1.2. Clasificación del mantenimiento	25

2.1.3.	Tipos de mantenimiento	26
2.1.4.	Mantenimiento preventivo	27
2.1.3.	Estudio técnico	29
2.1.4.	Equipos camineros pesados	32
2.1.5.	Marco Legal	34

### **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN** **39**

3.1.	Materiales y métodos	40
3.1.1.	Localización de la investigación	40
3.1.2.	Materiales y equipos	40
3.1.3.	Equipo humano	40
3.1.4.	Materiales de oficina	40
3.1.5.	Equipo de oficina	41
3.2.	Tipos de investigación	41
3.2.1.	De campo	41
3.2.2.	Bibliográfica	41
3.2.3.	Descriptiva	41
3.3.	Métodos de investigación	42
3.3.1.	Estadístico	42
3.3.2.	Deductivo	42
3.3.3.	Analítico	42
3.3.4.	Descriptivo	42
3.3.5.	Cuantitativo	42
3.4.	Población y muestra	43
3.4.1.	Población	43
3.4.2.	Muestra	43
3.5.	Procedimiento metodológico	43

### **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN** **44**

4.1.	Resultados	45
------	------------	----

4.1.1.	Condición actual de la maquinaria pesada de la empresa	45
4.1.2.	Cálculo de la productividad de los equipos pesados	66
4.1.3.	Actividades y recursos para el mantenimiento preventivo	77
4.1.4.	Frecuencia adecuada de mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada de la empresa	86
4.1.5.	Plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada de la empresa	87
4.2.	Discusión	93
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>95</b>
5.1.	Conclusiones	96
5.2.	Recomendaciones	97
<b>CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>98</b>
6.1.	Literatura Citada	99
<b>CAPÍTULO VII. ANEXOS</b>		<b>103</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1. Costos por reparación de equipos camineros	54
2. Costo hora máquina	55
3. Maquinaria de la compañía Constructora WILLERCONST. Cía. Ltda.	57
4. Resumen de las causas de los problemas. En frecuencia. Año 2013.	58
5. Resumen de las causas de los problemas. En horas improductivas. Año 2013.	59
6. Resumen de las causas de los problemas. En horas máquinas improductivas. Año 2013.	60
7. Resumen de las causas de los problemas. En horas máquinas improductivas. Año 2013.	61
8. Resumen de horas improductivas por concepto de daños de máquinas por maquinaria. Año 2013.	62
9. Análisis de frecuencia de causas de paralizaciones	63
10. Análisis de horas máquinas improductivas por las paralizaciones del servicio de la construcción.	65
11. Maquinaria analizada	66
12. Tiempos de ciclo	68
13. Cálculo de la producción para la maquinaria según manual Caterpillar.	69
14. Maquinaria (Rodillo) analizada	70
15. Cálculo de la producción para excavadoras según manual Caterpillar.	71
16. Maquinaria (Tractor) analizada	72
17. Porcentaje de abundamiento	72
18. Tiempos de ciclo de los tractores	73
19. Resumen rendimiento de la maquinaria pesada	74
20. Análisis horas máquinas producidas en el 2013	75
21. Productividad por equipo	76
22. Check List.	77
23. Ciclo de mantenimiento propuesto (50 a 500 horas)	79
24. Ciclo de mantenimiento propuesto (550 a 1000 horas)	80

25. Maquinarias y equipos	82
26. Propuesta de frecuencia de mantenimiento en la empresa	87
27. Nivel de mantenimiento	88
28. Herramientas, máquinas herramientas e instrumentos	89
29. Formato lista de chequeo diaria para equipos pesados	90
30. Ciclo de mantenimiento propuesto	91
31. Ciclo de mantenimiento propuesto	92
32. Esquema del plan de mantenimiento	111
33. Esquema de las actividades del plan de mantenimiento	112

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico</b>	<b>Página</b>
1. Existencia de un cronograma anual de mantenimiento preventivo	45
2. Nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos	46
3. Tiempos improductivos el servicio de la construcción	47
4. Causas de tiempos improductivos de los equipos	48
5. Causas del stock disponible en trabajo diario	49
6. Razones de los daños de los equipos	50
7. Frecuencia de capacitación	51
8. Nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos	52
9. Diagrama de Pareto de frecuencias.	64
10. Diagrama de Pareto de horas máquinas improductivas.	65
11. Flujograma del proceso de producción para obras civiles	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Esquema de supervisores .....	21
2. Tasa de fallos.....	23
3. Organización del conocimiento para la definición del mejor sistema de gestión del Mantenimiento.....	110
4. Excavadora 320DL .....	112
5. Retroexcavadora.....	113
6. Rodillos .....	113
7. Tractor .....	114
8. Finisher terminadora de asfalto.....	114

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Página</b>
1. Encuesta	104
2. Entrevista	107
3. Organización del conocimiento para la definición del mejor sistema de gestión del Mantenimiento.	110
4. Plan de Mantenimiento	111
5. Plan de mantenimiento	112
6. Fotografías de la maquinaria pesada de la constructora	112

## RESUMEN

La propuesta de investigación se desarrolló en WILLERCONST. Cía. Ltda., ubicada en el cantón Santo Domingo sus proveedores son: el Concejo Provincial, el Municipio y ciertas Instituciones Públicas y Privadas. La población correspondió a trabajadores operativos (11) y un jefe de operaciones de la Constructora. Se determinó un estudio técnico para realizar el cálculo de la productividad de los equipos pesados, además se determinó la frecuencia conveniente del mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada de la empresa y se sistematizó el monitoreo para mejorar el plan de mantenimiento en los recursos de la Constructora. Los resultados mostraron que en las maquinarias, recurso humano y procesos productivos del área en referencia, el principal problema que afectó a los Talleres de Diesel Pesado, que fueron las “reparaciones externas” y las paralizaciones por daños de los mecanismos de las rectificadoras, ocasionado con mayor incidencia por la obsolescencia de estas maquinarias. Se debe tomar en consideración las operaciones de las fallas de la maquinaria de forma absoluta en el plan de mantenimiento preventivo, solo en la aplicación de un punto el mantenimiento sistemático uso de fondo, como: las hojas de vida, característica técnicas de la máquina, repuestos en stock, lubricación, bitácora del día operativo de las maquinas, en las mejoras de estos puntos se estuviera bajando el porcentaje de incidencia en la eficiencia administrativa o corporativa. La alternativa de solución que se escogió para reducir el impacto de la problemática detectada, es la implementación de actividades de mantenimiento preventivo de dichos equipos y de un programa de capacitación para que el recurso humano pueda operar los activos que se plantean poner en marcha, con lo que se logró el incremento de la eficiencia de la producción.

## **ABSTRACT**

The research proposal was developed in WILLERCONST. Cia. Ltda. Located in Santo Domingo canton suppliers are: the Provincial Council, the City and certain public and private institutions. The population corresponded to operational workers (11) and a head of operations Constructora a technical study was determined for calculating the productivity of heavy equipment also suitable frequency of preventive maintenance of heavy machinery company was determined systematized and monitoring to improve maintenance plan Constructora resources. The results I showed that in machinery, human resources and production processes of the area in question, the main problem that affected Workshops Diesel Heavy, which were the "external repairs" and stoppages damage mechanisms grinders, caused with greater incidence of these machines obsolete. It should take into consideration operations faults absolutely machinery in the maintenance plan, only in the implementation of a systematic maintenance point background use, such as resumes, technical feature of the machine, spare parts in stock, lubrication, operating daily log of the machines, improvements in these points it was lowering the incidence rate in the administrative or corporate efficiency. The alternative solution was by implementing preventive maintenance activities of such equipment and a training program for human resources to operate the assets raised implement, thereby increasing the efficiency of production.

**CAPÍTULO I**  
**MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Introducción**

El advenimiento de la revolución industrial tuvo como consecuencia principal, la consideración de una mayor importancia para la conservación de los grandes equipos y maquinarias que permitieron por vez primera la economía de escala, destronando en aquella época a la artesanía del lugar privilegiado que hasta ese entonces ocupaba.

Las máquinas y la evolución tecnológica se han transformado actualmente en las herramientas que pueden conducir a la maximización de la productividad empresarial, cobrando mayor importancia el plan de mantenimiento, cuya finalidad es aumentar la confiabilidad en la operación de los equipos productivos, lo que incide también en el cumplimiento de la planificación y en el ahorro de los costos organizacionales.

El sector de la construcción es uno de los que mayor importancia tiene para la economía nacional, cuyas empresas tienen sus activos más valiosos en el talento humano y en la maquinaria pesada que permiten la edificación de viviendas, condominios, así como la construcción de grandes obras viales para beneficio del cantón, por lo que la falta de uno de estos activos, tiene un gran impacto negativo en la productividad de los procesos de este tipo de compañías.

La incidencia de la conservación y mantenimiento de la maquinaria pesada, garantizará que estos activos se encuentren en óptimas condiciones cuando se requiera su operación en obras de construcción que hayan sido contratadas a la constructora WILLERCONST Cía. Ltda., para beneficio no solo de la productividad de la entidad, sino también de la satisfacción del cliente, al recibir su obra pública o privada en el tiempo oportuno.

La observación realizada motiva a proponer un plan de mantenimiento preventivo para la constructora WILLERCONST Cía. Ltda., con el objeto de

mejorar la productividad de sus operaciones, más aún cuando se conoce que esta constructora es proveedora de servicios de construcción de obras públicas para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Santo Domingo, es decir, que sirve a la comunidad de Santo Domingo a través de los contratos suscritos con la institución municipal y cualquier problema con la productividad puede afectar a la sociedad del cantón.

La constructora WILLERCONST Cía. Ltda., requiere la puesta en marcha de un plan de mantenimiento eficiente, para garantizar la productividad en las operaciones que ejecuta el personal de esta constructora.

### **1.1.1. Problematicación**

La constructora WILLERCONST Cía. Ltda. dedicada a la construcción de carreteras públicas, privadas y obras civiles, actualmente está reparando su maquinaria pesada, debido a que no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, para garantizar la óptima conservación y funcionamiento de la maquinaria pesada, con el incremento de los costos por contratación de empresas que ofrecen servicios de reparación de maquinaria pesada, a lo que se añaden los costos por paralizaciones de las actividades de la construcción de obras públicas y privadas.

Actualmente la constructora, no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, razón por la cual no se ha podido controlar, ni prevenir adecuadamente las paralizaciones de las obras públicas y privadas por causa de las averías en la maquinaria pesada pertenecientes a la entidad.

Esta situación puede acarrear una mayor pérdida de recursos para la constructora WILLERCONST Cía. Ltda., debido a los montos que se invierten en la reparación de la maquinaria pesada averiada, además del tiempo improductivo que genera la paralización de las obras de construcción civil, lo

que también afecta el rendimiento de las operaciones, generando ineficiencia para la compañía.

### **1.1.2. Justificación**

La maquinaria pesada tiene gran importancia en la construcción de obras civiles, porque sin ellas sería posible la demolición de edificios, la abertura de grandes orificios en las calles de la urbe, así como el replanteamiento de terrenos, la pavimentación de las calles y la edificación de estructuras civiles.

La constructora WILLERCONST Cía. Ltda., por no tener un plan de mantenimiento preventivo, pierde tiempo valioso en la construcción de las obras públicas y privadas, especialmente las primeras que son de beneficio para toda la comunidad local y que deben ser entregadas oportunamente conforme a la fecha suscrita en el contrato con sus clientes, y que sufren atrasos por las averías de estas máquinas.

Lo mencionado se justifica porque si la constructora WILLERCONST Cía. Ltda., contará con un plan de mantenimiento preventivo, se evitarían las averías de la maquinaria pesada, lo que permitirá que se encuentre disponibles cuando se las requiera para las operaciones de las obras civiles, generando mayor eficiencia y productividad en el trabajo, y garantizando satisfacción a sus clientes y a la ciudadanía en general.

Por este motivo, el plan de mantenimiento preventivo que se proponga para la empresa constructora WILLERCONST Cía. Ltda., ahorrará costos a la compañía y permitirá entregar las obras civiles en el tiempo suscrito con los clientes, especialmente con las entidades públicas, cuyas obras contribuyen al desarrollo de la localidad.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. General**

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Constructora WILLERCONST. Ltda., del cantón Santo Domingo.

### **1.2.2. Específicos**

- Identificar la condición actual de la maquinaria pesada de la empresa.
- Desarrollar un estudio técnico para calcular la productividad de los equipos pesados.
- Organizar las actividades y recursos para el mantenimiento preventivo.
- Establecer la frecuencia adecuada de mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada de la empresa.
- Exponer la mejora continua mediante un plan de mantenimiento preventivo.

## **1.3. Hipótesis**

El plan de mantenimiento preventivo contribuye a mejorar la productividad de las operaciones de la constructora WILLERCONST Cía. Ltda. del cantón Santo Domingo.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

## 2.1. Fundamentación teórica

Con relación al marco teórico, en esta parte del estudio se hace referencia a las teorías acerca del sistema de mantenimiento preventivo de equipos camineros pesados.

La primera variable que se va a definir es el mantenimiento, donde también se hace referencia a la gestión del mantenimiento, así como a las funciones, objetivos, características y tipos del mantenimiento, conceptualizando también los planes de mantenimiento.

Posteriormente se definen los términos de productividad y eficiencia, indicando los criterios para calcular estos parámetros, como es el caso de las ecuaciones matemáticas que permiten determinar estos criterios técnicos de mantenimiento.

Finalmente se realiza una descripción de los principales equipos camineros pesados que tiene la compañía Constructora WILLERCONST. Cía. Ltda.

### 2.1.1. Mantenimiento

El mantenimiento es una de las actividades más importantes dentro de las empresas públicas y privadas, porque se refiere a la tarea mediante la cual se puede conservar un equipo en buen estado.

Debido a que las maquinarias y equipos camioneros pesados, realizan un trabajo pesado durante la construcción de obras civiles, sus mecanismos sufren desgastes, razón por la cual el mantenimiento de estas maquinarias debe sujetarse a las recomendaciones sugeridas por el proveedor, tanto en la duración y el lapso de tiempo por cada ciclo de mantenimiento **(Knezevic, 2010)**.

Mantenimiento “es el conjunto de operaciones para que un equipamiento deba reunir las condiciones con el propósito que fue construido.” **(Knezevic, 2010).**

Mantenimiento “es el conjunto de técnicas que está destinada a conservar equipos, instalaciones durante el mayor tiempo posible.” **(Patton, 2012).**

Mantenimiento son todas las actividades que deben ser desarrolladas con el propósito de conservar condiciones de funcionamiento de seguro, eficiente, económico, herramientas y propiedades físicas de diferentes instalaciones de una empresa **(Dhillon, 2010).**

#### **2.1.1.1. Nuevas técnicas de mantenimiento**

Ha habido un crecimiento explosivo de nuevos conceptos y técnicas de mantenimiento. Cientos de ellos han sido desarrollados en los últimos veinte años, emergen aún más cada semana.

Los nuevos desarrollos incluyen:

- Herramientas de soporte para la toma de decisiones, tales como el estudio de riesgos, análisis de modos de falla y sus efectos y sistemas expertos.
- Nuevos métodos de mantenimiento, tal como el monitoreo de condición.
- Diseño de equipos, con mayor énfasis en la confiabilidad, y facilidad para el mantenimiento.
- Un drástico cambio en el modo de pensar la organización hacia la participación, trabajo en grupo y flexibilidad.

Uno de los mayores desafíos que enfrenta el personal de mantenimiento, es no solo aprender que son estas técnicas sino decidir cuales valen la pena y cuales no para su propia organización.

Si hacemos elecciones adecuadas es posible mejorar los rendimientos de los activos y al mismo tiempo contener y hasta reducir el costo de mantenimiento. Si hacemos elecciones inadecuadas se crean nuevos problemas mientras empeoran lo que ya existen **(Ruiz, 2009)**.

#### **2.1.1.2. Diseño del proceso de mantenimiento**

Para la presente práctica se aplica un diseño de métodos mixto: cuantitativo y cualitativo. Dicho métodos se considera como elemento fundamental, complementar la información estadística con la percepción del investigador, logrando una visión más profunda y contextualizada de la realidad, mediante la integración, por combinación, de una aproximación cuantitativa y cualitativa **(Ruiz, 2009)**.

##### **a. Ficha técnica**

Este es un documento condensado de una página que contiene, las especificaciones técnicas mínimas para identificar cada equipo. En la parte superior se encuentra el nombre del equipo, su marca, modelo, serie y año de fabricación.

Siguiendo hacia abajo encontramos una imagen con las cotas de medida. En la parte inferior se encuentra la descripción detallada del equipo a saber: tamaño peso, sistema que la componen, capacidad, velocidad, tipo de lubricación y filtro que usa, etc.

Este documento lo porta el operador para poder identificar el equipo en el momento que lo requiera. También reposa una copia en la empresa. De

antemano se sabe que en una hoja no es posible registrar todos los sistemas de los equipos, pero la idea es contenga la información general **(Ruiz, 2009)**.

### **b. Hoja de vida**

Este documento registra los trabajos en materia de mantenimiento y movimientos que se haga en los equipos. La idea es llevar un registro de los mantenimientos realizados para poder programar los próximos según le indique el plan de mantenimiento y rutina de lubricación.

Aparte de contener la información como el nombre, marca y modelo del equipo; básicamente está compuesto por la descripción de la actividad que se realiza, la fecha en la que empezó y la fecha en que termina, el horómetro en el momento de la actividad y el responsable **(Ruiz, 2009)**.

### **c. Estado de equipo**

El estado del equipo es un documento que se creó para evaluar la situación de cada uno de los sistemas que componen los equipos. El estado del equipo está compuesto por ítems. Un Ítem corresponde a un sistema del equipo (sistema hidráulico, sistema de inyección, etc.) o a un componente del equipo. Los Ítems que se encuentran con problemas, se denominan puntos de atención o puntos que se denomina problemas **(Ruiz, 2009)**.

La idea es que con una inspección minuciosa se puede determinar qué sistema o que componente requiere atención y de esta forma programar el tipo de actividad requerida para corregir la falla o situación a mejorar en todo el sistema. Este documento se utilizó al principio y al final del programa para determinar los resultados de la falla o programa **(Ruiz, 2009)**.

#### **d. Lista de chequeo (pre operacional)**

Este documento muy similar al anterior, pues lista puntos de chequeo o verificación.

Difiere del anterior en que estos chequeos se deben hacer en forma periódica, por lo general diariamente. La finalidad de realizar estos chequeos es asegurar que la operación del equipo no se va a ver afectada por una falla que se puede evitar simplemente con una inspección.

Este documento se toma como una medida para contribuir a la seguridad y la no afectación del medio ambiente.

Con la mayoría de las actividades en el mantenimiento preventivo la idea es prevenir que las fallas ocurran, mediante la identificación de fallas para corregirlas a tiempo **(Ruiz, 2009)**.

#### **e. Programa de lubricación y mantenimiento**

Este documento es un cronograma de actividades de mantenimiento y lubricación que debe realizarse a los equipos con una periodicidad establecida por el fabricante de los equipos. Por lo general para este tipo de maquinaria los ciclos en que deben hacerse son a las 8 horas, luego a las 80, luego a las 250, a las 500 horas según el horómetro. Este programa debe implementarse de la mano con la hoja de vida de los equipos para asegurar que las actividades se realicen en el momento indicado **(Ruiz, 2009)**.

##### **2.1.1.3. Listado de repuestos**

Todos los equipos poseen piezas que estén expuestas a desgaste o envejecimiento. Por esta razón se hace necesario tener un listado de repuestos mínimo de recambio que garantice disponibilidad en el momento de requerirse.

Este listado se elaboró apoyado en los manuales de parte de los fabricantes que son quienes suministran estos repuestos.

En el listado se dictan las partes, se da su nombre, número de partes, ubicación en el equipo y número de páginas donde se encuentra en el manual. De esta forma buscamos asegurar la correcta selección de los repuestos **(Ruiz, 2009)**.

#### **2.1.1.4. Gestión de mantenimiento**

La gestión del mantenimiento consiste en la proporcionar factibilidad en la utilización de los activos para que se conste de manera oportuna la utilización de los mismos, para prevenir cualquier deterioro que se pueda añadir en alguna máquina y equipos de la empresa **(Vargas, 2007)**.

#### **2.1.1.5. Objetivos de la gestión de mantenimiento**

El objetivo de mantenimiento considera lo siguiente:

- Mantener en disponibilidad los equipos e instalaciones para su respectivo procedo de producción.
- Disminuir los costos a base de prevenir la deficiencia de los equipos por el manejo que se les proporciona, solo en los momentos más adecuados.
- Perdurar la vida útil de los equipos que son necesarios para la entidad en la producción **(Muñoz, 2010)**.

Mediante esta Gestión se debe cumplir dos objetivos:

- Bajar los costos de producción
- Garantizar la seguridad industrial **(Davenport, 2012)**.

Los objetivos de mantenimiento son:

- Tiene que evitar reducir y repara las fallas de los bienes precipitados.
- Tiene que disminuir la gravedad de fallas.
- Tiene que evitar detenciones inútiles.
- Tiene que evitar los accidentes.
- Debe conservar los bienes productivos.
- Tiene que balancear el costo de mantenimiento.
- Debe alcanzar la vida útil de los bienes **(Kelly, & Harris, 2010)**.

#### **a. Excelencia en la gestión del mantenimiento**

La exelencia es hacer las cosas bien:

- Eficiencia de la planta.
- Calidad del producto.
- Costo del mantenimiento vs ganancias.
- Nivel del servicio.
- Rotacion del inventario.
- Alta confiabilidad de los activos.

Para alcanzar esa excelencia la organización debe primero comprender todos los elementos requeridos para alcanzar ese estatus.

En el mantenimiento es fundamental tener las bases fundadas en una estrategia coherente con las metas de la empresa y una política de recursos humanos, control y mejoramiento continuo, y por último direccionarse hacia la excelencia en la gestión de los activos **(Espinoza, 2011)**.

#### **b. Concepción del mantenimiento**

- Cuales son los items que deben ser mantenidos.
- Que clase de mantenimiento debe ser realizado.
- Cuando esas actividades de mantenimiento deben realizarse.

Una concepción del mantenimiento es la estructura organizacional mediante la cual las políticas específicas del mantenimiento de las instalaciones son desarrolladas. En la materialización de la forma de como una compañía piensa acerca del rol del mantenimiento como una función operativa.

La concepción del mantenimiento es un conjunto de variadas intervenciones como correctivo, preventivo, condicional, etc.; y la estructura general en la cual esas intervenciones son previstas.

En resumen es una abstracción del significado de la realidad cuando es comprensible por otros la cual explica, guía controla como el proceso de mantenimiento se desarrolla y trabaja **(Espinoza, 2011)**.

#### **c. Concepción más usadas**

- Tero – Tecnología avanzada.

- Concepción Estratégica de mantenimiento (SMC).
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).
- Mantenimiento centrado en el Negocio (BCN).
- Mantenimiento Productivo Total (TPM).
- Apoyo Logístico Integrado (ILS).
- Mantenimiento de Calidad Total (TQ Main).
- Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM) **(Espinoza, 2011)**.

#### **d. Gestión estratégica de la función mantenimiento**

Se puede conceptuar gestión estratégica como un proceso sistemático, planeado, gerenciado, ejecutado e acompañado bajo el liderazgo de la alta dirección de la institución, involucrado y comprometido todos los gerentes responsable y personal de la organización.

Es un trabajo en equipo que tiene finalidad asegurar el crecimiento de su nivel tecnológico y administrativo, la continuidad en su gestión asegurando la eficiencia de su servicio, vía adecuación continua de su estrategia, de su capacitación y de su estructura, posibilitándole enfrentarse en los cambios observados o previsible en su ambiente externo **(Espinoza, 2011)**.

##### **2.1.1.6. Variables de mantenimiento**

Las distintas variables de significación que repercuten en el desempeño de los sistemas de la empresa:

- Fiabilidad.
- Disponibilidad.
- Mantenibilidad.
- Calidad.
- Seguridad.
- Costo.

- Entrega/plazo.

**La Fiabilidad.-** es la probabilidad de que las instalaciones, maquinas o equipos, se desempeñan satisfactoriamente sin fallar, durante un periodo determinado, bajo condiciones específicas.

**La disponibilidad.-** es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.

**La Mantenibilidad.-** es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un periodo de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías, y recursos determinados con anterioridad.

**La Seguridad.-** está referida a la integridad del personal, instalaciones, equipos, sistemas, máquinas y sin dejar de lado el medio ambiente.

**El Tiempo de entrega.-** es el cumplimiento de los pasos previstos son variables que tiene también su importancia y para el mantenimiento, el tiempo es un factor preeminente (**Espinoza, 2011**).

#### **2.1.1.7. Administración del mantenimiento**

Para la construcción de caminos o carreteras se emplean todos los equipos pesados como aplanadoras, camiones de carga denominados volteos, estos principalmente para acarrear los materiales de recubrimientos como la grava, asfalto, etc.

El régimen actual se ha caracterizado por poner especial atención a la realización de obras civiles, mismas que están estrechamente ligadas a la adquisición de equipos y maquinaria especializada.

Es importante señalar que para el dueño de la obra al momento de adquirir una máquina, se vuelve indispensable conocer no solo las características funcionales del equipo sino también concientizar acerca del aspecto social y ambiental que está inmerso en este tipo de transacciones, aspecto que se considera básico sustentar en el presente trabajo a medida que se desarrolla el proceso de control.

El mantenimiento preventivo permite identificar problemas y posibles daños en los componentes antes de su falla; ya que generalmente, los operadores desconocen el porcentaje de desgaste y contaminación que se genera a partir de estos daños o a causa de paradas no programadas y no siempre controlan la cantidad de horas recomendadas para realizar los mantenimientos.

Cabe indicar que una máquina que se paralice a causa de una falla por falta de mantenimiento o que pudo ser detectada a tiempo, genera gran porcentaje de contaminación ya sea por desperdicio de humo, aceite o gases tóxicos y adicionalmente una pérdida económica considerable para cada hora que no esté produciendo dicho equipo.

En la actualidad se ha determinado que la industria de maquinaria pesada, en el sector de la construcción ha tenido un crecimiento significativo en los últimos cinco años debido a la inversión del gobierno y de empresas privadas en la construcción de viviendas y de carreteras **(Freire, 2013)**.

#### **2.1.1.8. Análisis de la industria**

Es importante conocer las generalidades de la industria, su clasificación e importancia en el desarrollo económico del Ecuador, así como establecer una comparación con otros países de América Latina con finalidad de tener una visión más clara y amplia de los cambios y evoluciones que se han dado en este sector **(Freire, 2013)**.

### **a. Por la intensidad de la inversión**

Las industrias se relacionan también con el monto de la inversión total que van a realizar.

- La gran industria necesita operar a capacidades de producción bastantes altas (industrias de maquinaria pesada, volúmenes o valores de dinero, presiones, masas, temperaturas, etc.), para crear un puesto de trabajo. El personal que es necesario para operar estas plantas es muy limitado, pero tienen que tener una alta capacitación técnica **(Freire, 2013)**.

### **b. Por la materia prima que utiliza**

Reino mineral:

- Industria de silicato – cemento – vidrio – cerámica.
- Industria del petróleo – refinación – petroquímica.
- Industria metalúrgica extractiva.
- Industria derivada de los metales – maquinas, perfiles, etc. **(Freire, 2013)**.

### **c. Según el tonelaje de materia prima**

**Industria pesada:** Trabajan con grandes cantidades de materia prima que se convierten en productos semielaborados. Por ejemplo la siderurgia, que transforma el mineral de hierro en láminas bloques que serán usados en otras industrias para elaborar productos finales **(Freire, 2013)**.

#### **d. Gestión de recursos humanos**

Mantenimiento, Funciones, Efectivos.

Uno de los aspectos más críticos de la Gestión de Mantenimiento es la Gestión de los Recursos Humanos, El nivel de adiestramiento, estado organizativo, clima laboral y de más factores humanos adquiere una gran importancia ya que determina la eficiencia del servicio.

#### **Funciones de Personal**

En términos general podemos resumir que las funciones de personal de mantenimiento son:

- Asegurar la máxima disponibilidad de los equipos al menor costo posible.
- Registrar el resultado de su actividad para, mediante sus análisis, permitir la mejora continua (mejora de la fiabilidad, mantenibilidad, productividad).

Estas funciones genéricas habrá que traducirla en tareas concretas a realizar los puestos definidos en los organigramas de mantenimiento (**Técnicas de mantenimiento industrial, 2004**).

#### **e. Número de efectivos**

Debe analizarse en cada caso particular. Depende mucho del tipo de instalación pero sobre todo de la política de mantenimiento establecida:

- Tipo de producción, distribución de las instalaciones.

- Estado de los equipos, grado de automatización.
- Tipo de organización, formación del personal.
- Tipo de mantenimiento deseado.
- Disponibilidad de medios e instrumentos.

Lo que impide plantear el problema cuantitativamente, la preparación y programación de los trabajos es el único instrumento que ayuda a definir los recursos necesarios y las necesidades del personal ajeno, lo que lleva a unos recursos variables con la carga de trabajo (**Técnicas de mantenimiento industrial, 2004**).

#### **f. Funciones de línea y staff**

Debe de establecerse, además del personal de línea a que no hemos referido antes (personal operativo más supervisores) un personal de staff que se ocupa de:

- La preparación de trabajos.
- Confección de procedimientos de trabajo.
- Prever el suministro de materiales y repuestos de stock.
- Adjudicación de trabajo a subcontratas.
- Establecer el tipo de mantenimiento más adecuado.

Ya que la presión del día a día impide ocuparse al personal de línea de objetivos distintos del inmediato de garantizar la producción (**Técnicas de mantenimiento industrial, 2004**).

### g. Numero de supervisores

El jefe de equipo debe manejar entre un mínimo de 8 y máximo de 20 operarios.

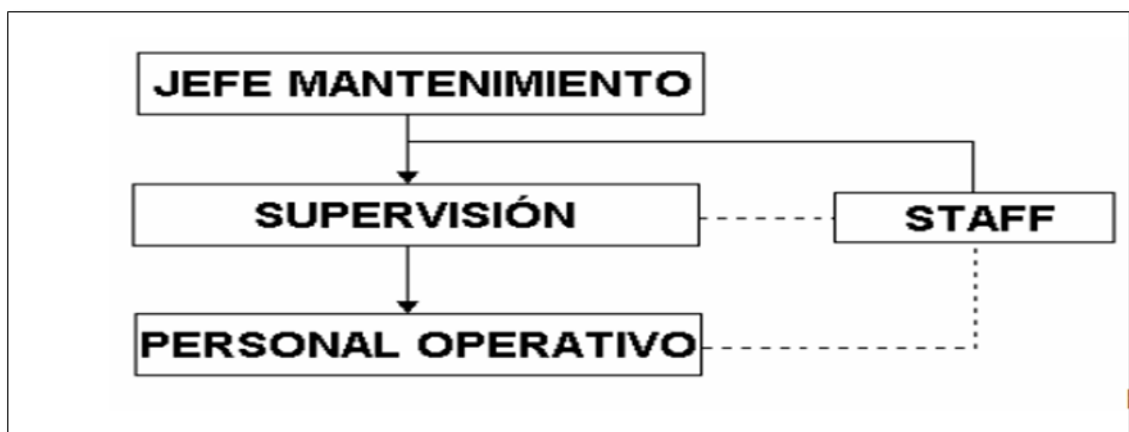
Para que este tipo de organizaciones funcione bien se deben respetar los siguientes principios:

- Separación clara de cometidos de personal de línea y staff.
- Frecuente intercambio de información entre ambos.
- El personal de línea es responsable técnico y económico de los resultados.
- El personal de staff tiene una función de carácter consultivo.

Las funciones de staff asignadas habitualmente son las siguientes:

- Preparación y programas de trabajo.
- Informes técnicos, estudios y mejoras (**Técnicas de mantenimiento industrial, 2004**).

**Figura 1.** Esquema de supervisores



**Fuente:** Técnicas de mantenimiento industrial, 2004.

## **h. Formación y adiestramiento del personal**

La formación es una herramienta clave para mejorar la eficacia del servicio.

Las razones de la anterior afirmación son, en síntesis, las siguientes:

- Evaluación de las tecnologías.
- Técnicas avanzadas.
- Escaso conocimiento específico del personal técnico del nuevo ingreso.

La formación debe tener un carácter de extensión interdisciplinar y continuidad.

Se materializa mediante cursos planeados y un Programa Anual de formación. El establecimiento o desarrollo de habilidades, por el contrario, tiene fines exclusivamente técnicos y se consigue mediante:

- a) Indicaciones diarias de supervisores y adiestramiento continuo.
- b) La influencia que realice el operario experto sobre su ayudante a través del propio trabajo.
- c) Cursos periódicos en instituciones superiores tecnificadas.

En definitiva, mientras el adiestramiento busca fines técnicos exclusivamente, la formación trata de provocar un cambio y de concienciar sobre la existencia de problemas.

Nunca se insistirá suficientemente sobre la importancia y necesidad de disponer de un plan anual de formación, justificado, presupuestado, y

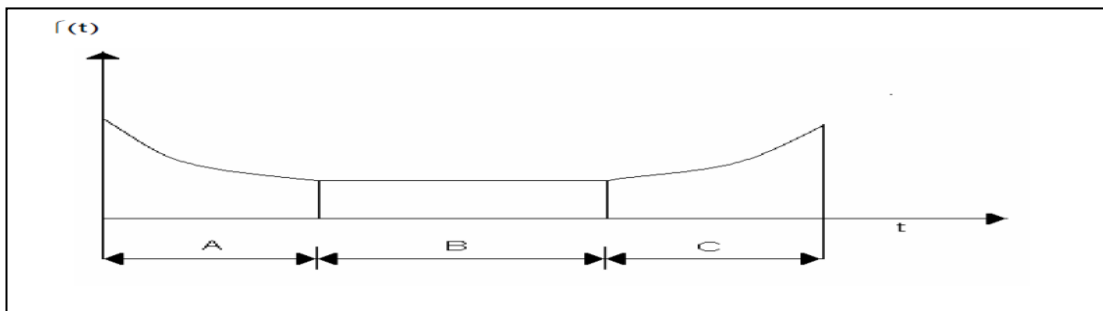
programado como medio para mejorar la eficiencia y la satisfacción del personal (**Técnicas de mantenimiento industrial, 2004**).

### i. Análisis de la función tasa de fallos (t)

Tiene la dimensión inversa de un tiempo, por lo que puede interpretarse como "Número de fallos en la unidad de tiempo".

-Al representarla gráficamente para una población homogénea de Componentes, a medida que crece su edad t:

**Figura 2.** Tasa de fallos



**Fuente:** Técnicas de mantenimiento industrial, 2004.

Resulta ser llamada curva de la bañera, en la que se distingue claramente tres periodos (**Técnicas de mantenimiento industrial, 2004**).

#### 2.1.1.9. Características del mantenimiento

Las características de mantenimiento es muy fundamental buscar y lograr un mejor balance entre los diferentes centros operativos de la empresa, sobre todo entre los sistemas de mantenimiento y los de operación.

Las características de mantenimiento son:

- La alta rentabilidad.

- La baja rentabilidad **(Kelly, 2010)**.

#### **a. Principios de la gestión del mantenimiento**

Los principios de mantenimiento se especifican en dos siguientes factores:

- Las características inherentes de un sistema, como fiabilidad, mantenibilidad y soportabilidad.
- La logística y el mantenimiento para la conclusión de todas las tareas **(Rey, 2011)**.

#### **b. Funciones del mantenimiento**

Las funciones de mantenimiento son las siguientes:

- El mantenimiento de maquinaria productiva con el fin de mantener su eficacia.
- El mantenimiento de edificios o instalaciones.
- El mantenimiento que lleva a cabo los negocios con terceros.
- Los medios de mantenimientos como: las instalaciones, herramientas y equipos.
- El mantenimiento manteniendo al día con la tecnología existente.
- Participación de los proyectos de adquisición.
- La implementación de programas de mantenimiento.
- Participación de los tipos y cantidades de materiales.

- El mantenimiento de seguridad e instalaciones.
- Tiene que llevar los registros de costos.
- Debe difundir el conocimiento técnico de la maquinaria para mejorar su desempeño.
- Mantenimiento adecuado.
- Crear una organización adecuada para lograr los objetivos.
- Elaborar presupuestos de mantenimiento con los objetivos de la compañía **(Cuartas, 2010)**.

### **2.1.2. Clasificación del mantenimiento**

La clasificación de mantenimiento se los indica de la siguiente manera:

- El mantenimiento reparativo: recupera las condiciones de funcionamiento normal.
- El mantenimiento de emergencia: recupera la calidad servicio de la manera más rápida eficiente y segura.
- El mantenimiento correctivo: es el conjunto de fallas a la corrección de fallas.
- El mantenimiento periódico: incrementa cierto número de horas de trabajo.
- El mantenimiento progresivo: permite proporcionar el mantenimiento.
- El mantenimiento sintomático: labores enfocadas al arreglo de fallas.
- El mantenimiento continuo: establece al equipo con un nivel óptimo.
- El mantenimiento preventivo: evita las fallas imprevistas.

- El mantenimiento predictivo: permiten detectar las fallas.
- El mantenimiento mixto: es la aplicación de labores correctivas y preventivas.
- El mantenimiento por OverHaul: requieren grandes cantidades de repuestos **(Monchy, 2010)**.

### 2.1.3. Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento se presentan de la siguiente manera:

- **Mantenimiento Correctivo:** Este mantenimiento se lo practica cuando se debe establecer la condición deseada del equipo para reparar la deficiencia que se obtenga por un mal manejo o por otras situaciones.
- **Mantenimiento Preventivo:** Para la realización de este mantenimiento no es necesario que el equipo se encuentre en mal estado, solo se le practica un cambio de piezas o nuevas reparaciones para su uso adecuado en el transcurso del tiempo y retarde el tiempo de falla o pérdida de la vida útil.
- **Mantenimiento Predictivo:** En el mantenimiento predictivo se encuentra basado en el rendimiento de un equipo por su utilización. Este mantenimiento consiste en la detección oportuna y temprana de las posibles fallas del equipo e instalaciones que se les haya implantado.
- **Mantenimiento de Modificación:** En este mantenimiento se refiere a la modificación del equipo que se les proporciona de acuerdo al desarrollo del equipo para la realización de sus actividades, para lograr su funcionamiento eficaz y original del trabajo que desarrolla.

- **Mantenimiento Autónomo:** Como su nombre lo indica es por cada personal que se encuentre utilizando el equipo, debe mantenerlo limpio con el ajuste y lubricación necesaria para su correcta funcionalidad en las labores que desempeñan **(Espinosa, 2011)**.

Los tipos de mantenimiento son los siguientes:

- Mantenimiento correctivo: es el que corrige los defectos.
- Mantenimiento preventivo: garantiza la fiabilidad de equipos.
- Mantenimiento predictivo: realiza las intervenciones mediante un seguimiento determinando su evolución.
- Mantenimiento de modificación: cambia sus características y logra mantener una función original.
- Mantenimiento autónomo: mantiene las condiciones básicas del equipo **(Smith, 2010)**.

#### **2.1.4. Mantenimiento preventivo**

Son las prevenciones y detecciones de las condiciones que se encuentre el equipo para la producción, sean estas el deterioro acelerado del equipo, falencias técnicas; esto se lleva a cabo mediante un análisis que se le practica al equipo manteniendo una práctica adecuada para el manejo de la misma.

Estas actividades que son realizadas mediante el mantenimiento preventivo no pueden dar afirmación sobre la calidad del equipo hasta la próxima revisión **(Ruiz, 2007)**.

#### **2.1.4.1. Ciclo de mantenimiento preventivo**

El comportamiento de los ciclos de mantenimiento preventivo. Estos están compuestos por periodo de funcionamiento normal del equipo durante los cuales el nivel de rendimiento desciende desde un nivel óptimo hasta un punto donde el alcanza el límite de confiabilidad.

Este punto es quien determina la frecuencia de mantenimiento, ya que cada vez que el equipo alcance este punto, es necesario realizar las actividades de mantenimiento pertinentes para establecer las condiciones normales de trabajo del equipo **(Ruiz, 2007)**.

#### **2.1.4.2. Plan de gestión de mantenimiento**

Este Plan se lo realiza mediante una organización de las labores que se va a desempeñar de acuerdo a las funciones encomendadas de la empresa manteniendo un mantenimiento saludable al equipo para su correcto funcionamiento, así como las realizaciones de tareas para su conservación de orden y control de las actividades.

El plan de gestión de mantenimiento es el nombre que se toma a la ejecución de las actividades para su mejor desempeño de acuerdo a sus activos de la organización, se detallan tareas, fechas y los recursos que poseen la empresa para la determinación de las actividades que se ejerce para el cumplimiento de los objetivos planteados **(Muñoz, 2010)**.

Para la correcta organización se debe aplicar la planificación de acuerdo a las actividades que se les encomienda a realizar por medio de los equipos y maquinarias existentes en la entidad. Por tanto se refiere al eficaz rendimiento para la producción, en la calidad, producción y rentabilidad.

### **2.1.3. Estudio técnico**

En el estudio técnico se determina el examen de las diferentes tecnologías que ayudan a la producción de los bienes y servicios que se tienen como demanda, ayuda a determinar la eficacia de cada uno de los equipos que se emplean para la ejecución de las actividades. Esta investigación manifiesta que equipos se encuentra en la capacidad de ejercer las actividades correspondientes a las funciones de la producción para la determinación de los costos y ayuda a la operación del capital de trabajo **(Rosales, 2005)**.

El estudio técnico es el que descubre la dimensión óptima de la planta, ingeniería del proyecto, los análisis correspondientes a la legalidad, administrativa y organizativa. Los que mantiene un mayor costo e inversión en la implementación de un proyecto se les aplica la ingeniería del proyecto para su correcta disponibilidad en su manejo e implementación de los valores respectivamente del análisis **(Baca, 2010)**.

El estudio técnico cumple con uno de los más importantes puntos para concretar las funciones para el desarrollo de la producción de acuerdo a los recursos obtenidos de la empresa, con la finalidad de cumplir con los bienes y servicios del proyecto a la satisfacción de los clientes. Con este respectivo estudio se podrá adquirir información para cubrir las necesidades de la mano de obra, capital y los recursos materiales; de igual manera al culminar el proyecto de la producción **(Sapag, 2008)**.

Mediante el estudio se podrá obtener los equipos necesarios para la fábrica en la producción de los bienes y servicios, tomando en cuenta la inversión que se requiere para el proyecto. Se manejan de acuerdo a la planta que se adquiere para determinar la producción de los bienes y servicios, que direccionara las operaciones a base de las normas y principios de la producción de los bienes y servicios **(Sapag, 2010)**.

Con las mismas investigaciones desarrolladas se puede cuantificar las necesidades de la mano de obra, a la vez calcular el costo de operación y el nivel de las remuneraciones para el personal empleado. Por medio de este estudio se deberá deducir los costos de mantenimiento para su efectividad de los equipos **(Sapag, 2010)**.

A base del estudio técnico se podrá delinear el proceso de la producción para conocer si es viable; de igual manera, las materias primas e insumos que se deberán utilizar en el proceso de desarrollo para los bienes y servicios. Se elige de acuerdo a los análisis correspondientes a la técnica y economía de las diferentes alternativas tomadas en cuenta para su ejecución **(Sapag, 2010)**.

En conclusión de acuerdo a lo establecido en el plan de estudio se puede detectar las funciones correctas de la producción mediante la eficaz y eficiente de los recursos obtenidos para los bienes y servicios que se requiere. Mediante la situación correcta para el buen funcionamiento se podrá relacionar a las necesidades de la utilización de equipos y maquinarias, con esto se permitirá ejecutar el proceso de producción y detallar el costo para la operación **(Sapag, 2010)**.

#### **2.1.3.1. Componentes del estudio técnico**

Mediante los análisis correspondientes a diferentes autores se puede detallar los mecanismos esenciales que se integra en un plan del estudio para un proyecto de inversión.

De acuerdo a este autor se podrá exponer los diferentes estudios técnicos para una delimitación transitoria **(Baca, 2010)**:

### 2.1.3.1. Productividad

Describe la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema **(Velásquez, 2007)**.

Se denomina como productividad a la relación entre la producción obtenida y los recursos necesarios para obtenerla; cuanto menor sean los costos y los recursos empleados para la producción de la misma o mayor cantidad de bienes o servicios, la productividad será más alta, en realidad la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de producto utilizado con la cantidad de producción obtenida **(Houngren, 2007)**.

Definen la productividad como la proporción de outputs (bienes o servicios) dividida por los inputs (recursos como el trabajo o el capital). La productividad mono factorial indica la relación entre un recurso (input) y los bienes o servicios producidos (outputs).

La productividad multifactorial indica la relación entre todos los recursos (inputs) y los bienes y servicios producidos (outputs) **(Render & Barry, 2007)**.

### 2.1.3.2. Fórmula para calcular la productividad

Las fórmulas o ecuaciones para calcular la productividad se describen a continuación **(Render & Barry, 2007)**:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Inputs empleados (horas de trabajo)}}$$

$$\text{Productividad multifactorial} = \frac{\text{Output (unidades producidas)}}{\text{Trabajo} + \text{Material} + \text{Energía} + \text{Capital} + \text{Varios}}$$

### 2.1.3.2. Eficiencia

Para la eficiencia se puede entender como el grado en que se cumplen los objetivos de una iniciativa al menor costo posible.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Capacidad de producción}}$$

El Diccionario de la Real Academia Española indica que la eficiencia es “virtud y facultad para lograr un efecto determinado” (**Mokate, 2011**).

Según Idalberto Chiavenato, eficiencia "significa utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles. Puede definirse mediante la ecuación  $E=P/R$ , donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados (**Chiavenato, 2007**).

La eficiencia es "el logro de las metas con la menor cantidad de recursos (**Koontz & Weihrich, 2007**).

### 2.1.4. Equipos camineros pesados

Los equipos camineros son equipos pesados que se utilizan en el sector de la construcción para realizar diversos trabajos de infraestructura vial, edificaciones y otras obras de tipo civil (**Díaz Del Río, 2009**).

Los equipos camineros son máquinas que permiten realizar los trabajos de transporte de materiales de la construcción, así como la excavación, aplanado, nivelado de superficies, además de ser de gran utilidad en el sector de la construcción.

Los principales equipos camineros pesados que forman parte de la presente investigación, son los siguientes (**Cepeda, 2006**):

#### **2.1.4.1. Cargadora**

Es una máquina autopropulsada sobre ruedas u orugas, que consta de un cucharón frontal y un sistema de brazos articulados que son accionados por medio de mecanismos hidráulicos, cuya función es de carga, transporte y descarga de materiales (**Cepeda, 2006**).

#### **2.1.4.2. Excavadora**

Es una máquina montada sobre ruedas u orugas, de gran utilidad para realizar excavaciones de la tierra y construir zanjas, cunetas, dragados de ríos o huecos profundos, siendo su principal característica la de girar 360°, elevando, girando y descargando materiales mediante una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín o brazo, sin que la estructura portante se desplace (**Cepeda, 2006**)

#### **2.1.4.3. Motoniveladora**

Es una maquinaria autopropulsada cuya utilidad consiste en dar un acabado óptimo en la nivelación del terreno, trasladando a distancias pequeñas, cantidades considerables de tierra, acción que la realiza con la hoja niveladora que va montada sobre el círculo o torna mesa, que permite movimientos con gran precisión (**Cepeda, 2006**).

#### **2.1.4.4. Retroexcavadora**

Al igual que las otras maquinarias, también es autopropulsada sobre ruedas con un bastidor que monta un equipo de carga frontal y otro de excavación en la parte posterior, ambos son accionados de manera alternativa (**Cepeda, 2006**).

#### **2.1.4.5. Rodillos**

Los rodillos son máquinas autopropulsadas de gran utilidad en la compactación de suelos, sus depósitos para lastre pueden estar llenos de agua o arena, para aumentar la presión sobre la superficie correspondiente (**Cepeda, 2006**).

#### **2.1.4.6. Tractor**

Es una maquinaria de excavación y empuje, conformada por un tractor sobre orugas, con gran potencia con una pieza delantera móvil de acero, que le facilita la fácil remoción de obstáculos (**Cepeda, 2006**).

### **2.1.5. Marco Legal**

Una vez que se ha realizado el marco teórico y el marco conceptual, en donde se han definido las principales teorías en los cuales se fundamenta la presente investigación, se procede a elaborar el marco legal donde constan las principales normativas jurídicas que sustentan esta tesis de grado.

Entre estas normativas legales se citan a la Constitución de la República del Ecuador y el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI).

#### **2.1.5.1. Constitución de la República del Ecuador**

La Constitución de la República del Ecuador es la ley más importante en el territorio nacional, sobre la cual se fundamenta la presente investigación, cuyas normativas más importantes se presentan a continuación:

**Art. 275.-** Se toman en cuenta todos los conjuntos de organización, sostenibles y dinámicos mediante los sistemas respectivos que se utilizan: económicos,

políticos, socio-culturales y ambientales, son elementos fundamentales para el desarrollo del buen vivir.

El Estado proporcionará las actividades generales para el desarrollo de los objetivos que garantizará el ejercicio de los derechos. Mediante estas actividades que se facultan, intervienen la equidad de género y territorial, por tanto es llamativa y facultativa para el desarrollo de las funciones.

El buen vivir necesitará que se efectúe la armonía necesaria para el desarrollo de las actividades en las comunidades, pueblos y nacionalidades teniendo en libertad los derechos que por ley le corresponden con la armonía que les depara la naturaleza.

**Art. 276.-** A continuación los siguientes objetivos:

1. Mejorar la calidad y esperanza de vida, con las capacidades generales a base de principios y derechos de la Constitución.
2. Construir un sistema económico, lucrativo, y con equidad para todas las personas que empleen las actividades de producción.
3. Fomentar la participación y el control social, en base a las actividades que se realizan en el sector público.
4. Recuperar y mantener la naturaleza de forma adecuada para el libre ingreso de las personas y tengan un ambiente sano con excelente calidad de agua, aire y suelo y todos los beneficios que le proporciona la naturaleza de forma natural.
5. Garantizar la soberanía nacional, estableciendo normas que puedan emplearse para la equitativa convivencia de los ciudadanos para que reine la paz a nivel mundial.

6. Promover un ordenamiento territorial de forma equilibrada para que se establezcan las actividades socioculturales, administrativas, económicas y de gestión, que es esencial para el Estado.
7. Proteger y dar continuidad con las culturas significativas, establecer vínculos con la producción y dar prioridad al patrimonio cultural.

**Art. 283.-** El sistema económico es social y solidario; manifiesta a las personas su equilibrio dentro de la sociedad, mantener la armonía de la naturaleza contando con la producción que se realice de las materias primas para los productos terminados que ayuden al sistema del buen vivir.

La economía proviene de las diferentes fuentes de organización económica pública, privada, mixta, popular y solidaria, en cuanto la ley determine. La economía popular y solidaria ejecutara el regulatorio de los sectores cooperativistas, asociativos y comunitarios.

**Art. 284.-** La política económica expone los siguientes objetivos:

1. Asegurar el buen ingreso y riqueza nacional y distribuirlos de forma equitativa.
2. Incentivar las diferentes producciones nacionales, los conocimientos tecnológicos y científicos para requerir la integración regional.
3. Asegurar a los ciudadanos la alimentación y energía que se requiera.
4. Promocionar la intervención del valor agregado a base de los límites biofísicos de la naturaleza manteniendo un respeto a la vida y a las culturas.
5. Contar con un eficaz desarrollo del territorio nacional, la convivencia entre regiones, campo, ciudad, economía, social y cultural.

6. Ejercer nuevas fuentes de empleo, respetando los derechos del trabajo y correspondiente a la función que se designe.
7. Mantener el equilibrio económico, optimizar el nivel de producción mediante el tiempo establecido.
8. Aclarar los intercambios debido a los bienes y servicios que se emplean al desarrollo de los mercados.
9. Dar impulso al consumo social y mantener el ambiente adecuado.

#### **2.1.5.2. Código orgánico de la producción, comercio e inversiones**

El Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI) es la ley más importante en el sector de la producción, sobre la cual se fundamenta la presente investigación, cuyas normativas más importantes se presentan a continuación:

**Art. 2.- Actividad Productiva.-** Se determina la actividad productiva mediante el proceso de desarrollo de las actividades de bienes y servicios bajo el reglamento establecido vigente, de acuerdo al incremento del valor agregado.

**Art. 3.- Objeto.-** Este objeto influye a regular la producción de acuerdo a su distribución, comercio, consumo e inversiones que se realicen con el fin de satisfacer el plan del Buen Vivir.

Se busca incentivar la producción adecuada para el incremento del valor agregado en los productos terminados que se impulsa a la productividad de mayor alcance. Se ejerce la mejor aplicación para el desarrollo manteniendo el eco-eficiente y sostenimiento den buen estado de la naturaleza con su propio cuidado.

**Art.4.- Fines.-** A continuación se presenta los siguientes fines:

- a) Transformar la Matriz Productiva, aumentando el valor agregado, con el conocimiento e innovación a base del ambiente sostenible que se obtiene en la naturaleza.
- c) Fomentar la producción nacional, a través del comercio y el consumo de los bienes y servicios, a base de responsabilidad social y ambiental, con sus respectivas tecnologías y energías alternativas;
- d) Generar empleo de buena calidad en base a las normativas de los derechos laborales que se cumplan sin distinción alguna.
- g) Incentivar y regular las inversiones privadas que se realizan para las actividades productivas y de servicios, sociales y ambientales con su condición aceptada.
- k) Promover el desarrollo productivo del país con la competitividad equilibrada a base de principios, con la finalidad del desarrollo de la sociedad; y actividades de productores y empresas; con entorno jurídico -institucional;
- t) Fomentar y apoyar las respectivas investigaciones necesarias según la perspectiva industrial y científica, con innovación y transferencia de tecnología.

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **3.1. Materiales y métodos**

### **3.1.1. Localización de la investigación**

En la investigación se estableció elaborar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en la Constructora WILLERCONST. LTDA, ubicada en el By Pass Quevedo – Quito junto a TRANSELECTRIC y dentro del conjunto habitacional “Manchester”, en el km 5 de la vía a Quito. Su ubicación geográfica es Latitud 25° 00´; Longitud 79° 19´. Altitud 655 msnm.

### **3.1.2. Materiales y equipos**

Los materiales y equipos necesarios para la realización de la investigación fueron:

### **3.1.3. Equipo humano**

El equipo humano que participó en la realización de la investigación fueron los siguientes:

- Autor
- Jefe de mantenimiento
- Tutor

### **3.1.4. Materiales de oficina**

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| • Carpetas                   | 4 |
| • Remas de papel             | 3 |
| • Esferográficos             | 4 |
| • Lápiz                      | 4 |
| • Cámara fotográfica digital | 1 |

### **3.1.5. Equipo de oficina**

- Computadora 1
- Impresora Multifuncional 1
- Memory Flash 1

## **3.2. Tipos de investigación**

Los tipos de investigación fueron de campo, descriptiva y bibliográfica:

### **3.2.1. De campo**

La investigación de campo tuvo como finalidad realizar una encuesta al personal que labora en la Constructora WILLERCONST en el área de mantenimiento de equipos pesados.

### **3.2.2. Bibliográfica**

A través de este tipo de investigación se logró obtener información importante como: datos estadísticos, documentos y libros, los mismos que contienen información sobre el tema referente al mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada en la constructora.

### **3.2.3. Descriptiva**

Mediante la investigación descriptiva fue posible realizar un informe estadístico se determinó las causas y consecuencias de la problemática referente a la incidencia de la conservación y mantenimiento de la maquinaria pesada, con lo que se podrá garantizar que los activos se encuentren en óptimas condiciones cuando se requiera su operación en obras de construcción que hayan sido contratadas a la Constructora WILLERCONST Cía. Ltda.

### **3.3. Métodos de investigación**

#### **3.3.1. Estadístico**

La presente investigación empleó el método estadístico aleatorio para el tratamiento cualitativo y cuantitativo de los datos que encuentre la investigación de campo, a través de la tabulación de las encuestas y análisis de las respectivas entrevistas.

#### **3.3.2. Deductivo**

Se empleó este método para deducir los resultados que se adquirieron en el proceso investigativo, mediante el cual se puede establecer un plan de utilización de los recursos para un adecuado manejo de la información.

#### **3.3.3. Analítico**

Se lo empleó para establecer la situación actual de la maquinaria en la constructora WILLERCONST. LTDA.

#### **3.3.4. Descriptivo**

Este método permitió conocer las situaciones, costumbres, objetos, técnicas y personas involucradas en el mejoramiento del programa de mantenimiento que se integró al equipo pesado de la empresa con el objetivo de llegar a cero fallas (sujeto de control de la empresa)

#### **3.3.5. Cuantitativo**

Este método hizo posible explicar numéricamente los datos encontrados en la investigación de campo, los mismos que permitieron fundamentar la hipótesis planteada acerca del plan de mantenimiento preventivo.

## **3.4. Población y muestra**

### **3.4.1. Población**

La población corresponde a trabajadores operativos que laboran en la Constructora WILLERCONST Cía. Ltda. Fue un total de 11 personas, a los cuales se les hizo una encuesta, también se realizó una entrevista al jefe de operaciones.

### **3.4.2. Muestra**

En esta investigación la población es finita, por ello se usó el método de muestreo no probabilístico intencional, en donde la muestra la constituyó el 100% de la población seleccionada.

## **3.5. Procedimiento metodológico**

Con el fin de lograr los objetivos planteados se diagnosticó la situación actual de la maquinaria pesada de la Constructora Willerconst Cía. Ltda., para aplicar un adecuado plan de mantenimiento.

A través de los procesos se determinó un estudio técnico para realizar el cálculo de la productividad de los equipos pesados, estableciendo una mejor rentabilidad en el periodo útil.

Se realizó una organización de las actividades y recursos para la prevención de las maquinarias a través de un plan de mantenimiento.

Se determinó la frecuencia conveniente del mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada de la empresa y se sistematizó el monitoreo para mejorar el plan de mantenimiento en los recursos de la Constructora Willerconst Cía. Ltda.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

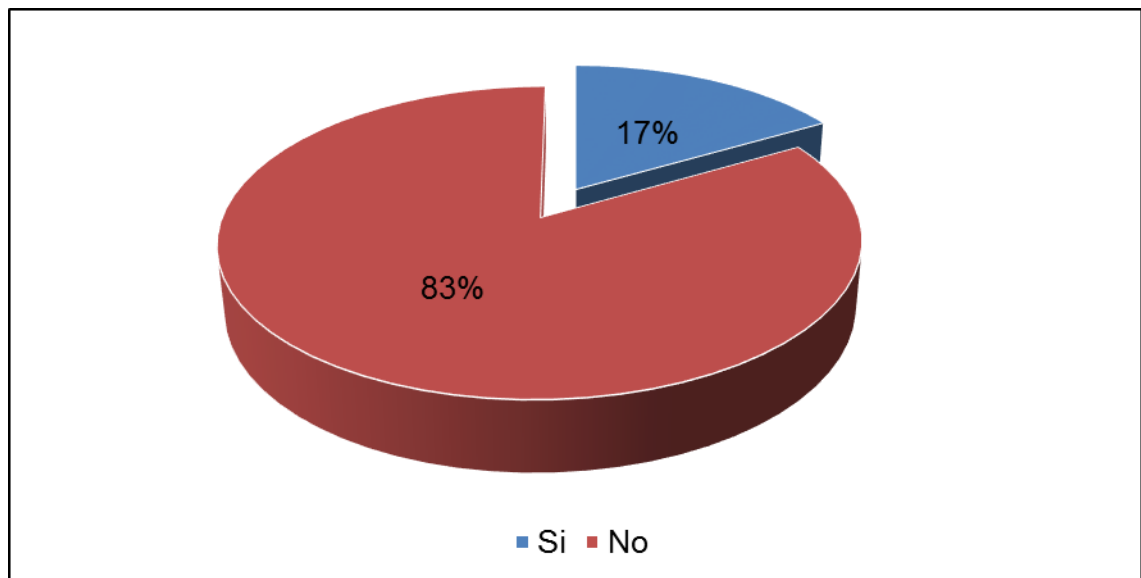
## 4.1. Resultados

### 4.1.1. Condición actual de la maquinaria pesada de la empresa

#### 4.1.1.1. Resultado de la encuesta dirigida al personal de operaciones de la Constructora WILLERCONST Cía. Ltda.

**Pregunta 1.** ¿La institución cuenta con un programa anual de mantenimiento preventivo para la conservación de los equipos caminero pesado?

**Gráfico 1.** Existencia de un cronograma anual de mantenimiento preventivo



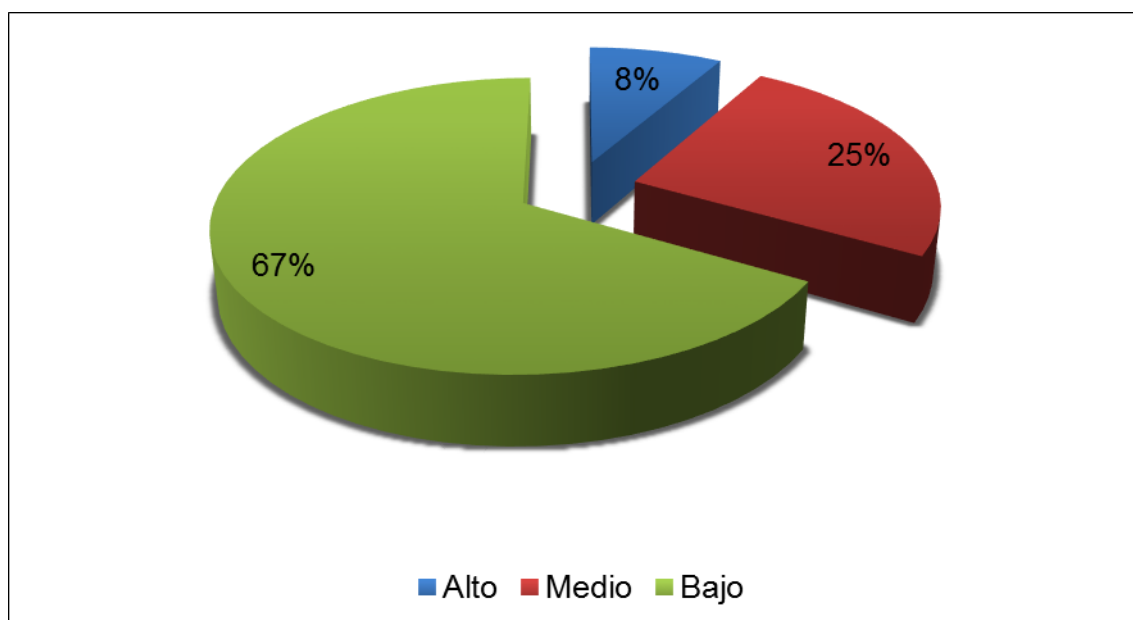
Fuente: Investigación de Campo.  
Elaborado por: El Autor (2015).

### Análisis

Según el gráfico 1, el 83% siendo la gran mayoría de los encuestados indican que no cuenta con un cronograma de mantenimiento, mientras que el 17% dando la minoría dijeron que si contaban con un cronograma. Es esencial tener en la empresa un plan de mantenimiento, evitaría complicaciones en la labor encomendada a la maquinaria, esta se encontraría en excelentes condiciones de laborar sin interrupciones.

**Pregunta 2.** ¿Cuál es el nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos camineros pesados?

**Gráfico 2.** Nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos



Fuente: Investigación de Campo.  
Elaborado por: El Autor (2015).

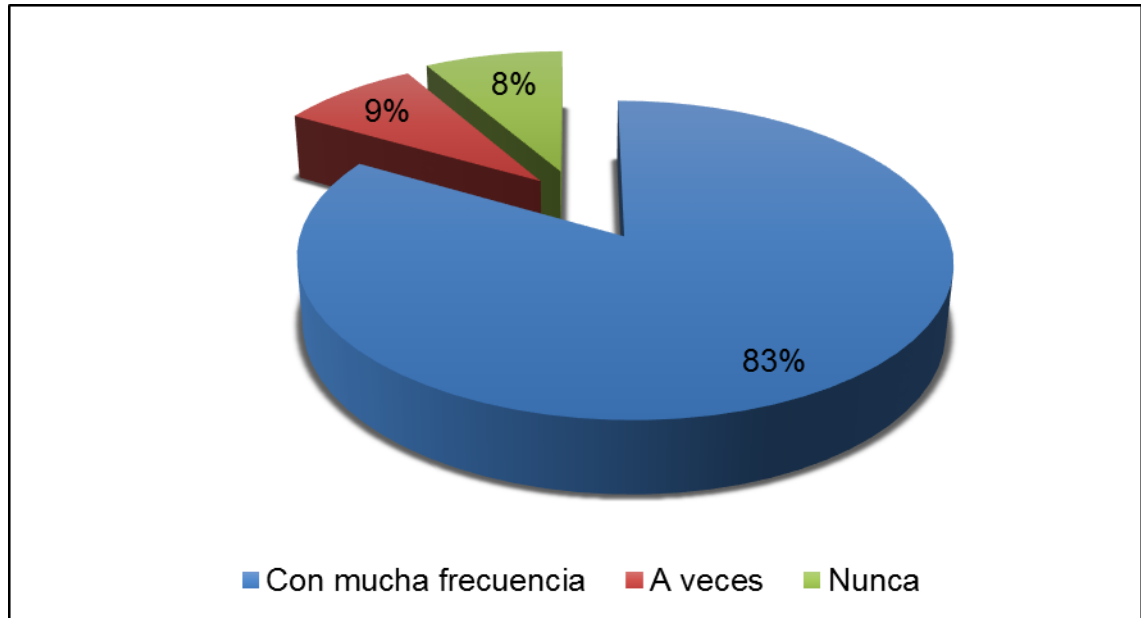
### **Análisis**

El 67% mostrando gran parte de los resultados obtenidos señala que el nivel de mantenimiento es bajo, tomando en cuenta la mayor respuesta podría afectar las condiciones de la maquinaria para el trabajo encomendado; mientras un bajo porcentaje del 8% manifestaron que es muy alto el nivel de mantenimiento.

Los resultados evidencian que la mayoría de los trabajadores consideran que es muy bajo el nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos camineros pesados, esto puede ser peligroso si no se mantiene en buenas condiciones la maquinaria con los consecuentes accidentes. Gráfico 2.

**Pregunta 3.** ¿Con qué frecuencia se ve afectado por los tiempos improductivos el servicio de la construcción?

**Gráfico 3.** Tiempos improductivos el servicio de la construcción



Fuente: Investigación de Campo.  
Elaborado por: El Autor (2015).

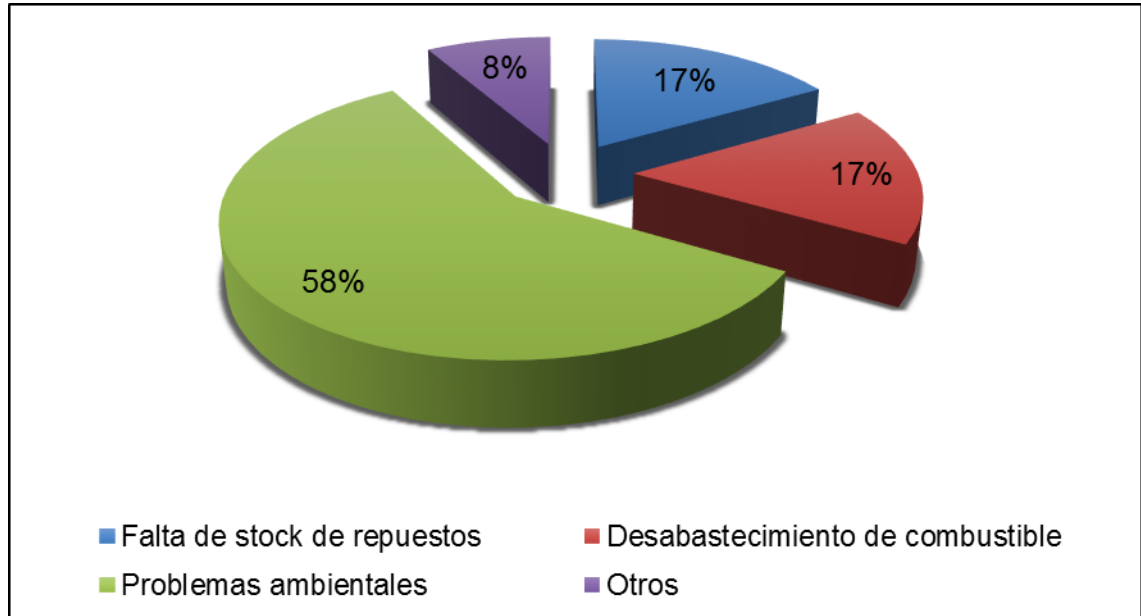
### **Análisis**

De acuerdo al gráfico 3 y sobre la pregunta planteada de los tiempos improductivos, una gran mayoría destaca que el 83% de los encuestados coincidieron en manifestar que en los trabajos de la construcción se ven afectados con los tiempos improductivos, reduciendo sus horas de trabajo por los constantes paros; el 8% señalaron que nunca existe tal condición planteada, siendo ellos una minoría.

Los resultados de la encuesta indican que en el servicio de la construcción se ven afectados con mucha frecuencia, con las paralizaciones de las maquinas, esto se traduce en incumplimiento de tiempos de trabajo afectando la imagen de la empresa.

**Pregunta 4.** ¿Por qué causas ocurren los tiempos improductivos en el proceso de la construcción?

**Gráfico 4.** Causas de tiempos improductivos de los equipos



Fuente: Investigación de Campo.  
Elaborado por: El Autor (2015).

### Análisis

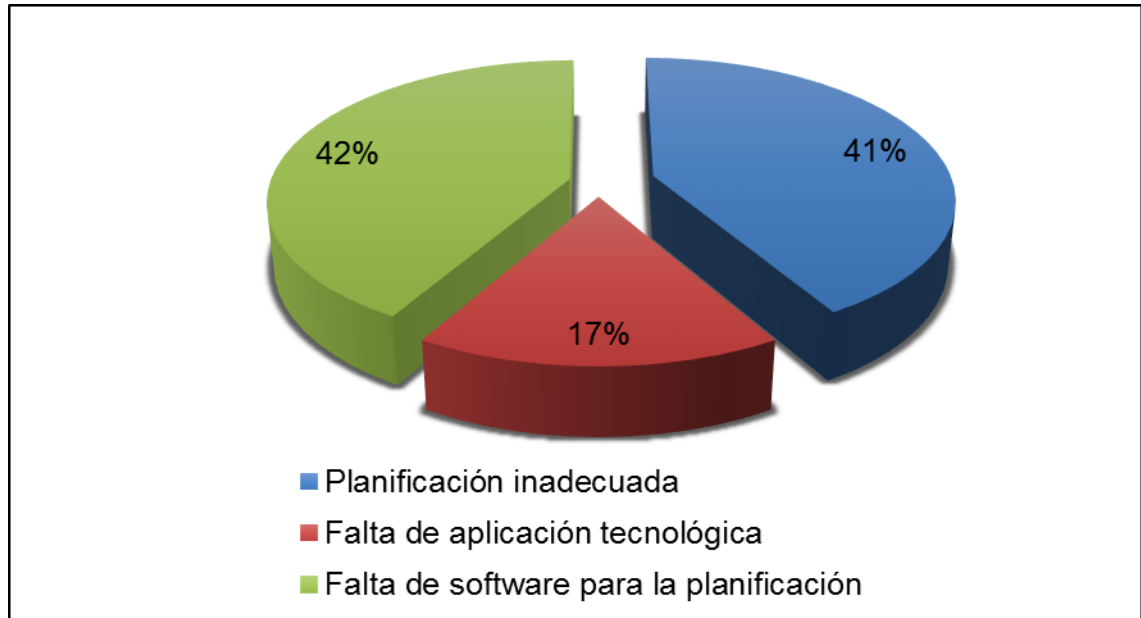
Los trabajadores indicaron que las causas improductivas en el proceso de construcción son por problemas ambientales con un 58% representando ser la mayoría, un pequeño porcentaje del 8% de los encuestados dijeron que existe otras causas para los tiempos improductivos tal condición.

La mayoría de los encuestados coinciden que los problemas ambientales como las lluvias, es un factor que limita los tiempos productivos de la maquinaria que posee la empresa.

Es importante destacar que las actividades improductivas comprenden desde fallas tanto mecánicas como humanas, hasta retrasos por situaciones ambientales. Resulta indispensable merminar estas fallas para optimizar las operaciones y reducir los costos. Gráfico 4.

**Pregunta 5.** ¿Por qué que causa no se cuenta con stock disponible en el trabajo cotidiano de la constructora?

**Gráfico 5.** Causas del stock disponible en trabajo diario



Fuente: Investigación de Campo.  
Elaborado por: El Autor (2015).

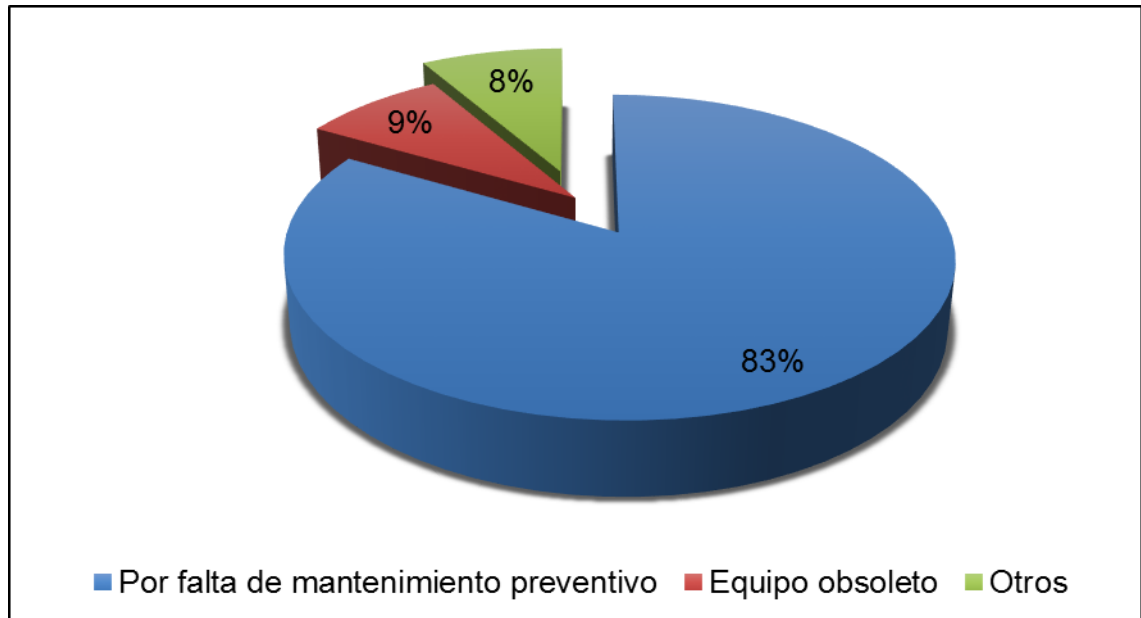
### **Análisis**

De acuerdo al gráfico 5, un porcentaje considerable del 42% de los encuestados manifestaron que la falta de software para planificación ocasiona la no disponibilidad de stock en las labores; la minoría del 17% expone que la carencia de aplicación tecnológica es la causa principal del problema.

La aplicación tecnológica es esencial para tener un stock disponible en la labor diaria de la constructora, esto simplificaría la tarea de planificar las actividades.

**Pregunta 6.** ¿Por qué razón manifiesta que los daños de los equipos camineros pesados son la principal causa del problema de los paros no programados?

**Gráfico 6.** Razones de los daños de los equipos



Fuente: Investigación de Campo.  
Elaborado por: El Autor (2015).

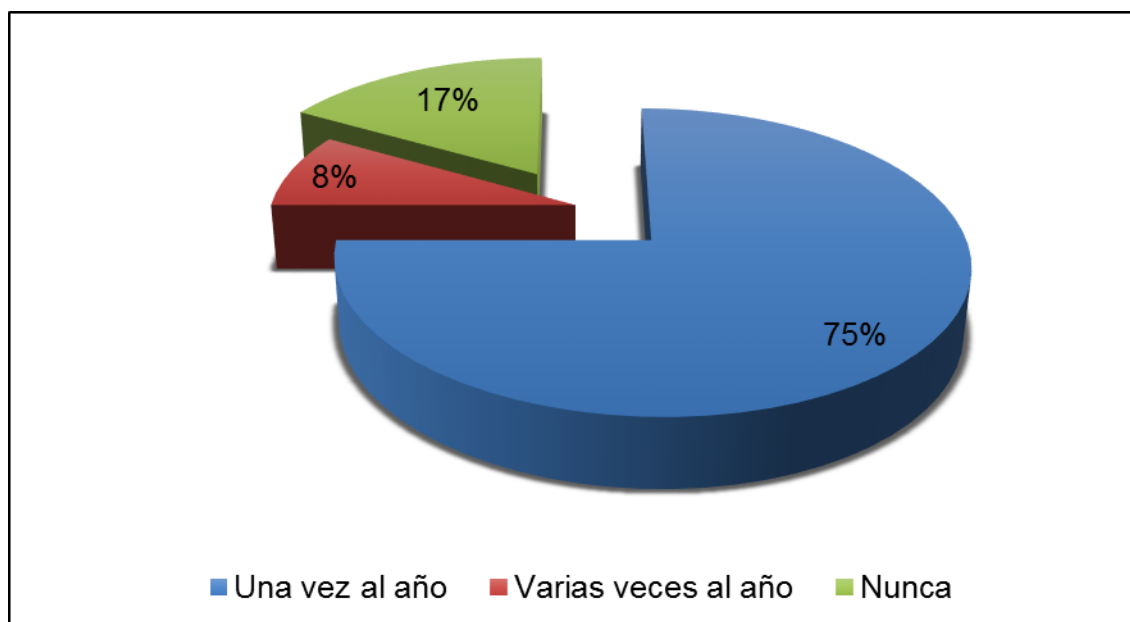
### **Análisis**

Según el gráfico 6, el 83% de los encuestados siendo una gran mayoría dijeron que los daños de los equipos pesados son por falta de mantenimiento preventivo, el 8% describieron que esta situación es desconocida por ellos, es decir no supieron exponer las razones de los paros, siendo ellos la minoría.

Es indispensable realizar mantenimientos preventivos a la maquinaria de la empresa, especialmente en aquellas que por su tiempo de adquisición requieren mayor cuidado.

**Pregunta 7.** ¿Con qué frecuencia son capacitados para proporcionar el mantenimiento rutinario de la maquinaria pesada?

**Gráfico 7.** Frecuencia de capacitación



Fuente: Investigación de Campo.  
Elaborado por: El Autor (2015).

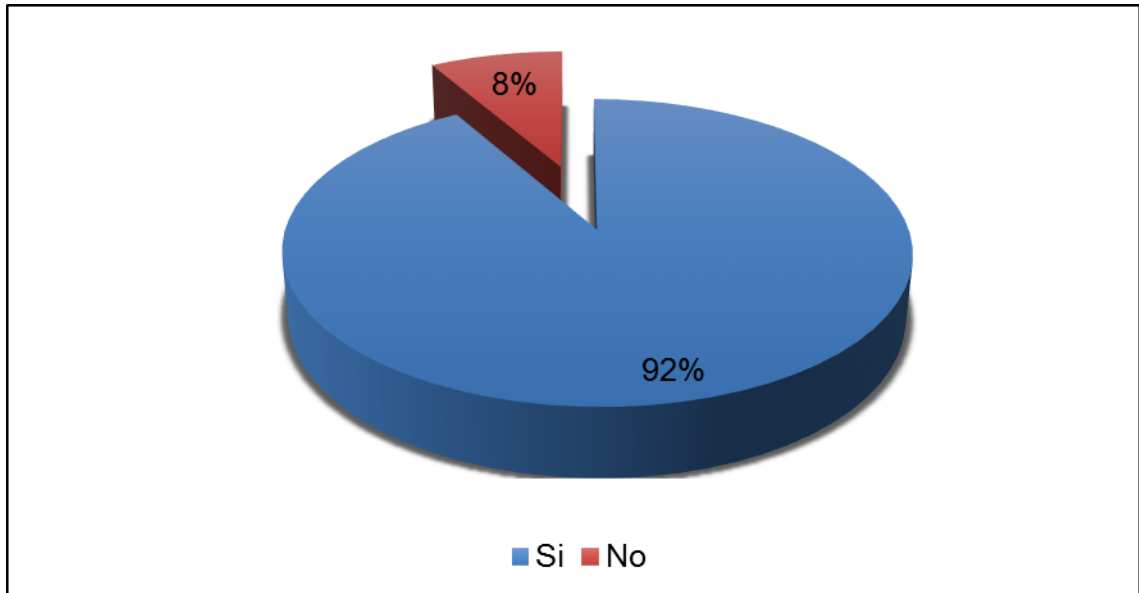
### **Análisis**

En esta pregunta sobre el nivel de capacitación, el 75% de los encuestados manifestaron que se da una leve capacitación sobre mantenimiento básico una vez al año siendo la mayoría, mientras que la minoría del 8% de los encuestados supo manifestar que reciben varias capacitaciones al año sobre mantenimiento.

El tipo de mantenimiento que se dé a la maquinaria depende sustancialmente del nivel de capacitación del personal a cargo de esta tarea, por lo tanto es imprescindible mantener capacitado al personal. Gráfico 7.

**Pregunta 8.** ¿Es necesario un plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada?

**Gráfico 8.** Nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos



Fuente: Investigación de Campo.  
Elaborado por: El Autor (2015).

### **Análisis**

Acorde al gráfico 8, se indica que el 92% de los operadores de los equipos pesados manifestaron que si es necesaria la implementación de un plan de mantenimiento siendo ellos la gran mayoría de los resultados obtenidos; mientras que la minoría del 8% de los encuestados supieron manifestar que no es necesaria dicha actividad, pues como se desarrollan las actividades en la empresa es la mejor manera.

Se debe destacar que la mayoría de los encuestados coinciden en manifestar la importancia de aplicar mantenimiento en los equipos para incrementar la productividad en la empresa.

#### **4.1.1.2. Resultado de la entrevista al jefe de operaciones de la empresa constructora WILLERCONST CIA. LTDA.**

##### **1) ¿Cuál es la capacidad instalada de la maquinaria pesada?**

La constructora WILLERCONST, cuenta con los equipos pesados necesarios para realizar las diferentes obras, aunque se cuenta con máquina de más tiempo de utilidad en el servicio, como el rodillo marca Galion que fue adquirida en el año 1985 y las maquinarias más recientes son las retroexcavadoras del año 2012, tiene una demanda que supera su parque automotor, por lo tanto la capacidad de cubrir dicha demanda es del 90%.

##### **2) ¿Existió inconvenientes en cumplir el tiempo de entrega del servicio de la construcción en el último periodo anual?**

Tratando de cumplir con el plazo establecido de la obra, se contrató maquinaria y personal extra, por los inconvenientes de paros por reparaciones de la maquinaria propia, incurriendo en gastos extras.

##### **3) ¿Hay ineficiencia en el proceso del servicio de la construcción?**

Si hay un 30% de ineficiencia, porque no se cuenta con un plan de mantenimiento adecuado, y las maquinas tienen más paralizaciones por el cual entra en reparaciones, esto hace que se contraten maquinarias para no quedar como proveedor fallido, lo que genera más gasto para la constructora.

##### **4) ¿Por qué hay tiempo improductivo en el servicio de la construcción?**

Por falla en los equipos pesados, otro punto de incidencia es lo fenómenos naturales el ciclo hidrológicos que ocasiona demoras involuntarias por no haber un plan de manejo de mantenimiento, otro punto de los tiempos improductivos de menor grado de incidencia son los desabastecimiento de combustible, falta de stock de repuestos.

**5) ¿Cuánto costó la reparación de los equipos camineros pesados en los distintos meses del año 2013?**

De acuerdo a los registros revisados se demuestra que en el mes de noviembre se registró el mayor valor por reparaciones con un monto total de 2372.65 dólares. El detalle de los demás costos se encuentra en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Costos por reparación de equipos camineros

<b>Descripción</b>	<b>Costo total</b>
Enero	1998.00
Febrero	2097.00
Marzo	2147.00
Abril	1948.07
Mayo	2172.84
Junio	2272.75
Julio	1773.24
Agosto	2297.72
Septiembre	2197.82
Octubre	2122.89
Noviembre	2372.65
Diciembre	1798.22
<b>Sub total</b>	<b>\$ 25198.20</b>
<b>IVA 12%</b>	<b>3023.78</b>
<b>TOTAL.</b>	<b>\$ 28221.98</b>

Fuente: Investigación de Campo.  
Elaborado por: El Autor (2015).

**6) ¿Cuál es el sueldo de cada operador?**

El costo de la hora operativa es calculado en base al sueldo básico de \$ 500 dividido para 240 horas laboradas, correspondiendo a 8 horas diarias por 30 días laborados. Se obtiene el costo hora de 2,29 dólares de dólares por hora/operador, tal como se demuestra en la siguiente operación matemática

$$\text{Costo hora operativa} = \frac{500}{240} = 2,29$$

### 7) ¿Cuánto cuesta la hora máquina de cada equipo caminero pesado?

Se revisó el costo estándar de la hora máquina, destacando que el Rodillo Tampo CAT refleja el mayor valor. Los demás costos se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 2.** Costo hora máquina

<b>Descripción</b>	<b>Costo total/h</b>
Excavadora CAT320DL	50.00
Excavadora CAT 312DL	45.00
Retro excavadora JCB3CX	50.00
Retro excavadora CAT416E	50.00
Retro excavadora CAT420F	35.00
Mini excavadora JCB1CX	30.00
Mini Cargadora 262BCAT	35.00
Mini Cargadora 252B CAT	35.00
Rodillo KOMATSU	35.00
Rodillo GALIO	35.00
Rodillo Tampo CAT	110.00
Tractor D8L	65.00
Tractor KOMATSU	50.00
Maximixer para esparcir asfalto rc2-50	65.00
Finisher terminadora de asfalto RC2-50	50.00

Fuente: Investigación de Campo.

Elaborado por: El Autor (2015)

### 8) ¿Qué hace la institución cuando se daña un accesorio de los equipos camineros pesados? ¿Contrata personal externo o utiliza al personal interno?

La constructora realiza la contratación de personal externo, porque son los únicos capacitados para dar una reparación eficiente.

**9) ¿Considera usted que se debe implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos camineros pesado? ¿Mejora la eficiencia de la empresa?**

En lo personal considero que si se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo, porque con esto estaríamos alargado la vida útil de los equipos, y no esperar que haya una para y tener que reparar.

**10) ¿Dispone de recursos suficiente la empresa, para invertir de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos camineros pesados?**

La constructora si cuenta con el monto para invertir en un plan de mantenimiento, con el mismo se va alargar la vida útil de las máquinas y el ahorro que se va a tener porque ya no se van a reparar con mayor frecuencia, tampoco a tener demasiadas paralizaciones.

Las maquinarias que tiene la Constructora Willerconst Cía. Ltda., no tiene una adecuación correcta para la realización de las actividades, por tanto se requiere de un plan de mantenimiento para su correcta optimización de los resultados esperados.

#### **4.1.1.3. Detalle de la maquinaria de la empresa**

La empresa Constructora Willerconst. Cía. Ltda. Es una empresa del sector privado, dedicada a la construcción de obras públicas, edificaciones y obras civiles de todo tipo, siendo sus principales clientes, el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas y el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santo Domingo.

La misión de la empresa Constructora Willerconst. Cía. Ltda., es: construir obras de infraestructura de ingeniería civil, sanitaria, aplicando los más vastos estándares de calidad, seguridad y ambiente; en todos los procesos constructivos. La visión de la empresa Constructora Willerconst. Cía. Ltda.; es:

ser líderes y competitivos en el área de la construcción de obras de infraestructura básicas y obras comunes de ingeniería civil tales como carreteras, puentes, túneles, hidroeléctricas, obras sanitarias, etc.; tanta a nivel provincial y nacional.

En el cuadro 3 se determina la cantidad, tipo y año de fabricación de la maquinaria que posee la compañía, destacando que el activo más antiguo es el rodillo Galion del año 1985 y los más recientes pertenecen al grupo de retroexcavadoras del año 2012.

**Cuadro 3.** Maquinaria de la compañía Constructora WILLERCONST. Cía. Ltda.

<b>Cantidad</b>	<b>descripción</b>	<b>Año de fabricación</b>
2	Excavadora CAT 320DL	2012
1	Excavadora CAT 312DL	2012
1	Retro excavadora JCB3CX	2012
1	Retro excavadora CAT 416E	2010
1	Retro excavadora CAT 420F	2012
2	Mini excavadora JCB1CX	2012
1	Mini Cargadora 262B CAT	2010
1	Mini Cargadora 252B CAT	2011
1	Rodillo KOMATSU	2000
1	Rodillo marca GALION	1985
1	Rodillo CAT Tampo	1990
2	Tractores CAT D8L	1995
2	Tractores KOMATSU D37p	1998
1	Maximixer para esparcir asfalto rc2-50	2012
1	Finisher terminadora de asfalto	1998
<b>19</b>		

Fuente: Constructora WILLERCONST Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

#### **4.1.1.4. Detalle de la situación actual del mantenimiento de la empresa**

Se pudo determinar que los daños de los equipos camineros pesados de la empresa, ascendieron a la cantidad de 147 veces anuales en el 2013.

Se pudo determinar que las horas improductivas por concepto de los daños de los equipos camineros pesados de la empresa, ascendieron a la cantidad de 1.009 horas improductivas anuales en el 2013.

En el siguiente cuadro se presenta el registro de frecuencia del problema ocasionado por la falta de stock de materiales en el año 2013.

Las causas de los problemas que afectan al proceso productivo se resumen en el siguiente cuadro:

**Cuadro 4.** Resumen de las causas de los problemas. En frecuencia. Año 2013.

Meses	Daños de máquinas	Falta de stock de materiales	Desabastecimiento de combustibles	Ausentismo injustificado	Accidente de trabajo	Lluvias	Otros	Total
Enero	8	0	0	0	1	0	2	11
Febrero	13	1	0	0	0	5	0	19
Marzo	12	0	0	0	0	5	0	17
Abril	10	0	1	0	15	2	0	28
Mayo	12	0	1	0	0	0	1	14
Junio	12	0	0	0	0	0	0	12
Julio	10	1	0	1	0	0	3	15
Agosto	14	0	0	0	0	0	0	14
Septiem	11	0	0	0	0	0	0	11
Octubre	12	0	2	0	0	0	0	14
Noviem	15	1	1	0	0	0	0	17
Diciemb	12	0	0	2	1	0	0	15
<b>Total</b>	<b>141</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>187</b>
<b>%</b>	<b>75,40%</b>	<b>1,60%</b>	<b>2,67%</b>	<b>1,60%</b>	<b>9,09%</b>	<b>6,42%</b>	<b>3,21%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

La principal causa de los problemas que afectan al proceso productivo, son los daños de las máquinas, los cuales participan con el 75,40% de las veces en que se paralizó el servicio.

Las horas improductivas causadas por los problemas que afectan al proceso productivo se resumen en el siguiente cuadro:

**Cuadro 5.** Resumen de las causas de los problemas. En horas improductivas.  
Año 2013.

Meses	Daños de máquinas	Falta de stock de materiales	Desabastecimiento de combustibles	Ausentismo injustificado	Accidente de trabajo	Lluvias	Otros	Total
Enero	80	0	0	0	8	0	16	104
Febrero	84	3	0	0	0	23	0	110
Marzo	86	0	0	0	0	19	0	105
Abril	78	0	3	0	120	16	0	217
Mayo	87	0	3	0	0	0	2	92
Junio	91	0	0	0	0	0	0	91
Julio	71	2	0	8	0	0	18	99
Agosto	92	0	0	0	0	0	0	92
Septiembre	88	0	0	0	0	0	0	88
Octubre	85	0	6	0	0	0	0	91
Noviembre	95	2	3	0	0	0	0	100
Diciembre	72	0	0	16	8	0	0	96
<b>Total</b>	<b>1.009</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>136</b>	<b>58</b>	<b>36</b>	<b>1.285</b>
<b>%</b>	<b>78,52%</b>	<b>0,54%</b>	<b>1,17%</b>	<b>1,87%</b>	<b>10,58%</b>	<b>4,51%</b>	<b>2,80%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

La principal causa del tiempo improductivo son los daños de las máquinas, los cuales participan con el 78,52% de las veces en que se paralizó el servicio.

Sin embargo, las lluvias y la falta de stock de materiales, paralizaron todas las maquinarias, a diferencia de las restantes problemáticas que solo paralizaron una maquinaria, por esta razón, el resumen de las horas máquinas improductivas es el siguiente:

**Cuadro 6.** Resumen de las causas de los problemas. En horas máquinas improductivas. Año 2013.

Meses	Daños de máquinas	Falta de stock de materiales	Desabastecimiento de combustibles	Ausentismo injustificado	Accidente de trabajo	Lluvias	Otros	Total
Enero	80	0	0	0	8	0	16	104
Febrero	98	45	0	0	0	345	0	488
Marzo	86	0	0	0	0	285	0	371
Abril	78	0	3	0	120	240	0	441
Mayo	87	0	3	0	0	0	2	92
Junio	539	0	0	0	0	0	0	539
Julio	295	30	0	8	0	0	18	351
Agosto	204	0	0	0	0	0	0	204
Septiembre	200	0	0	0	0	0	0	200
Octubre	197	0	6	0	0	0	0	203
Noviembre	431	30	3	0	0	0	0	464
Diciembre	296	0	0	16	8	0	0	320
<b>Total</b>	<b>2.591</b>	<b>105</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>136</b>	<b>870</b>	<b>36</b>	<b>3.777</b>
<b>%</b>	<b>68,60%</b>	<b>2,78%</b>	<b>0,40%</b>	<b>0,64%</b>	<b>3,60%</b>	<b>23,03%</b>	<b>0,95%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

De las 3.777 horas máquinas improductivas por concepto de paralizaciones del servicio, 2.591 horas máquinas improductivas fueron causadas por los daños de las maquinarias, participando con el 68,60% del total de las horas máquinas improductivas.

Con relación al resumen de las horas máquinas improductivas, las horas improductivas de las volquetas se multiplican por 15 máquinas, porque el desabastecimiento de materiales que puede generar la volqueta, puede afectar a todas las maquinarias de la empresa, como se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro 7.** Resumen de las causas de los problemas. En horas máquinas improductivas. Año 2013.

Meses	Horas improductivas por daños de máquinas (a)	Horas improductivas por daños de volquetas (b)	Horas máquinas improductivas por daños de volquetas (c) = b x 15 máquinas	Horas máquinas improductivas por daños de máquinas (d) = (a) – (b) + (c)
Enero	80	0	0	80
Febrero	84	1	15	98
Marzo	86	0	0	86
Abril	78	0	0	78
Mayo	87	0	0	87
Junio	91	32	480	539
Julio	71	16	240	295
Agosto	92	8	120	204
Septiembre	88	8	120	200
Octubre	85	8	120	197
Noviembre	95	24	360	431
Diciembre	72	16	240	296
<b>Total</b>	<b>1.009</b>	<b>113</b>	<b>1.695</b>	<b>2.591</b>

**No. de máquinas = 15**

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

Debido a que las volquetas pueden paralizar todas las máquinas de la empresa, entonces el tiempo improductivo pasa de 1.009 a 2.591 horas máquinas improductivas.

El detalle de la frecuencia de los daños de cada una de las maquinarias de la empresa, se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro 8.** Resumen de horas improductivas por concepto de daños de máquinas por maquinaria. Año 2013.

Cant	Descripción	En	Feb	Mar	Abl	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic	Total	%
2	Excavadora CAT 320DL	16				24			8	8				56	5,55
1	Excavadora CAT 312DL			2	24			16			32			74	7,33
1	Retro excavadora JCB3CX	8	8	20	16	37	24	7	7	32	11	6	16	192	19,03
1	Retro excavadora CAT 416E	24		24		2	8			8	32	29	48	175	17,34
1	Retro excavadora CAT 420F	8			2		27	16		16	2			71	7,04
2	Mini excavadora JCB1CX	8	40	8	10	8						2	2	78	7,73
1	Mini Cargadora 262B CAT	8	3						24	8				43	4,26
1	Mini Cargadora 252B CAT			24	8	16		16	16	8		16		104	10,31
1	Rodillo KOMATSU	8	32	8	10				2			18	2	80	7,93
1	Rodillo marca GALION				8				32					40	3,96
1	Rodillo CAT Tampo													0	0,00
2	Tractores CAT D8L													0	0,00
2	Tractores KOMATSU D37p													0	0,00
1	Maximixer para esparcir asfalto rc2-50		1				32	16	3	8	8	24	4	96	9,51
1	Finisher terminadora de asfalto													0	0,00
<b>19</b>	<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>84</b>	<b>86</b>	<b>78</b>	<b>87</b>	<b>91</b>	<b>71</b>	<b>92</b>	<b>88</b>	<b>85</b>	<b>95</b>	<b>72</b>	<b>1.009</b>	<b>100%</b>

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

Se pudo determinar que la mini cargadora y la retroexcavadora CAT416E, las cuales generan la mayor cantidad del tiempo improductivo con un porcentaje de incidencia del 36,37% entre ambas maquinarias, las cuales se propone reemplazar debido a las continuas averías que presentaron en el año 2013 y porque ya tienen más de 8 años de funcionamiento, cuando la vida útil de las maquinarias es de 10 años.

El análisis del impacto de las causas del problema relacionado con las paralizaciones del servicio de la construcción, se ha realizado a través del diagrama de Pareto, el cual se detalla en el siguiente cuadro:

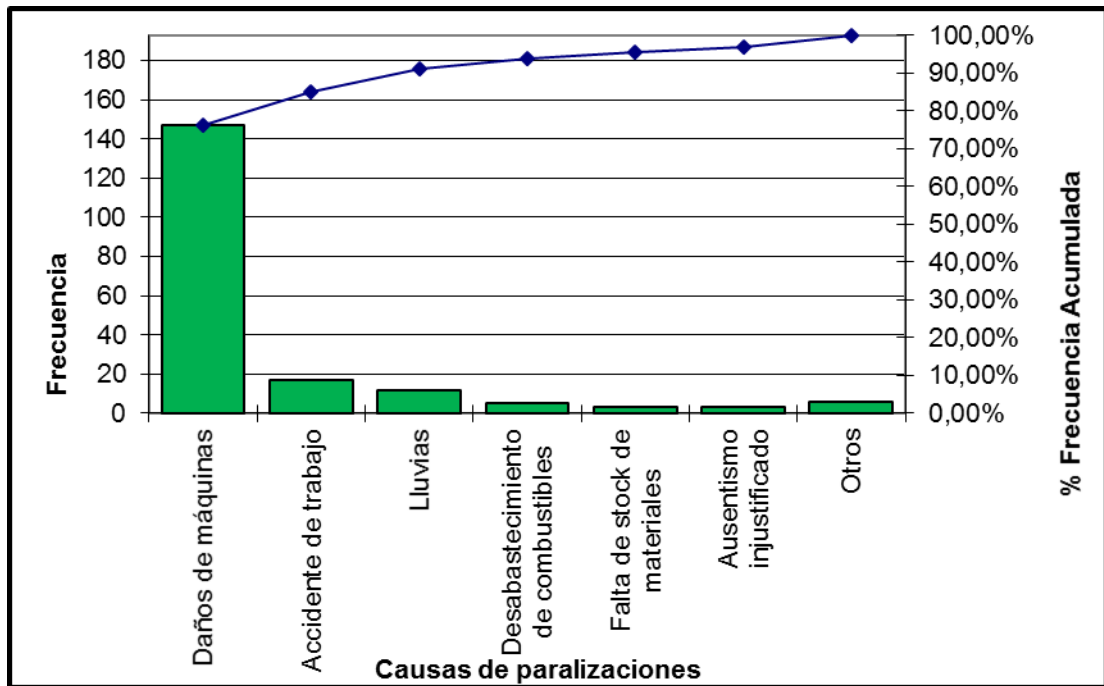
**Cuadro 9.** Análisis de frecuencia de causas de paralizaciones

<b>Causas</b>	<b>Frecuencia Observada</b>	<b>Frecuencia Acumulada</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>	<b>% Frecuencia acumulada</b>
Daños de máquinas	1.009	1.009	78,52%	78,52%
Accidente de trabajo	136	1.145	10,58%	89,11%
Ausentismo injustificado	24	1.169	1,87%	90,97%
Lluvias	58	1.227	4,51%	95,49%
Desabastecimiento de combustibles	15	1.242	1,17%	96,65%
Falta de stock de materiales	7	1.249	0,54%	97,20%
Otros	36	1.285	2,80%	100,00%
<b>Total</b>	<b>1.285</b>		<b>100,00%</b>	

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

**Gráfico 9.** Diagrama de Pareto de frecuencias.



Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

El Diagrama de Pareto indica que la causa que mayor incide en las paralizaciones del servicio de la construcción, es aquel relacionado con los daños de las máquinas, que participa con el 78,52% de las causas de la problemática en análisis, siendo la causa más importante de los paros no programados, la máquina mini excavadora y la retroexcavadora CAT416E, las que inciden en más de la tercera parte de todos los paros de máquinas.

A pesar que se determinó la frecuencia de paralizaciones del servicio de la construcción, sin embargo, es más importante destacar la incidencia del tiempo improductivo en horas máquinas, que considerando todas las causas de los paros no programados.

En el cuadro 10 y gráfico 10 se presenta el detalle de las horas máquinas improductivas:

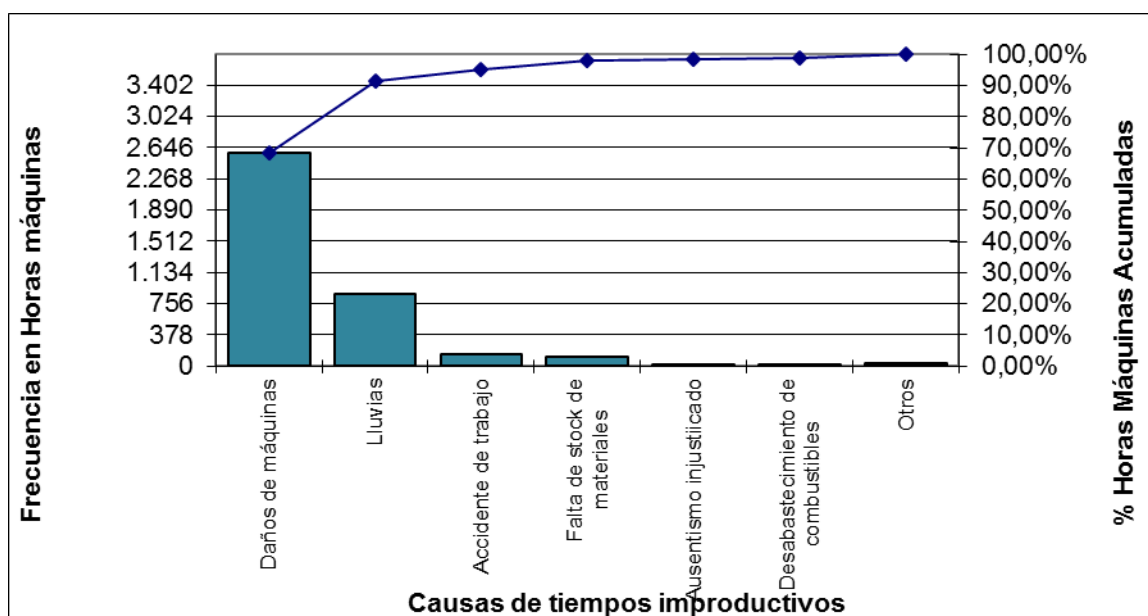
**Cuadro 10.** Análisis de horas máquinas improductivas por las paralizaciones del servicio de la construcción.

Problema	Horas máquinas Observadas	Horas máquinas Acumuladas	Frec. (HM) Relativa	Frec. (HM) acumuladas
Daños de máquinas	2.591	2.591	68,60%	68,60%
Lluvias	870	3.461	23,03%	91,63%
Accidente de trabajo	136	3.597	3,60%	95,23%
Falta de stock de materiales	105	3.702	2,78%	98,01%
Ausentismo injustificado	24	3.726	0,64%	98,65%
Desabastecimiento de combustibles	15	3.741	0,40%	99,05%
Otros	36	3.777	0,95%	100,00%
<b>Total</b>	<b>3.777</b>		<b>100,00%</b>	

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

**Gráfico 10.** Diagrama de Pareto de horas máquinas improductivas.



Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

El Diagrama de Pareto indica que la causa que mayor incide en el tiempo improductivo ocasionado por las paralizaciones del servicio de la construcción, es aquel relacionado con los daños de las máquinas, que participa con el 68,60% de las causas de la problemática en análisis, siendo la causa más importante de los paros no programados, siendo los tiempos improductivos de la máquina mini-excavadora y la retroexcavadora CAT416E, las que inciden en más de la tercera parte de todos los paros de máquinas.

#### 4.1.2. Cálculo de la productividad de los equipos pesados

Este procedimiento consiste en el análisis de los tiempos de cada maquinaria para realizar un trabajo.

Las características de la maquinaria de detalla en el siguiente cuadro:

**Cuadro 11.** Maquinaria analizada

N°	Descripción	Característica	Peso de trabajo	Capacidad cuchara	Profundidad de excavación	Fuerza de rotura	Ancho cuchara
1	Excavadora	CAT 320DL	21,5 t	1,0 m <sup>3</sup>	6,65 m	106,0 kN	1,00 m
2	Retroexcavadora	JCB3CX	17,89 t	1,2 m <sup>3</sup>	4,24 m	51,8 kN	1,20 m
3	Mini excavadora	JCB1CX	12,5 t	1,0 m <sup>3</sup>	4,24 m	51,1 kN	1,00 m
4	Mini Cargadora	262B CAT	10,20 t	0,96 m <sup>3</sup>	4,24 m	64,3 kN	0,96 m

Fuente: Constructora WILLERCONST Cía. Ltda.

Elaborado por: El Autor (2015)

##### 4.1.2.1. Rendimiento

Se incluye para este análisis los equipos con cuchara. Los factores para el cálculo de rendimiento son el tipo de material para labor, altura del corte y las dimensiones del equipo.

La fórmula utilizada fue:

$$R = \frac{(3600) * Q * E * K}{T * FV}; \left( \frac{m^3}{hora} \right)$$

Dónde:

R= Rendimiento en m<sup>3</sup> / hora (medidos en blanco)

Q= capacidad o volumen del cucharón en m<sup>3</sup>

K=factor del llenado del cucharon (depende de las dimensiones y capacidad del cucharon). (Conglomerado, tierra y escombros de concreto)

E= factor de rendimiento de la máquina

T= tiempo de un ciclo (segundos)

FV= factor de abultamiento (20%)

3600= factor de convergencia de unidades a horas.

Para obtener (k) se utiliza la siguiente fórmula

$$K = \frac{1}{1 + \% \text{ abundamiento}}$$

$$K = \frac{1}{1 + 0.20}$$

$$K = 0.83$$

Eficiencia: esto se calcula de acuerdo a las condiciones de obra, siendo el 100% eficiencia total y sus variaciones acorde a las condiciones, para este caso se calculó 55 minutos de eficiencia que equivale al 91%.

$$E = 55 \text{ min.} / 60 \text{ min}$$

$$E = 0.91$$

Tiempo de ciclo en minutos (T): Para esto se toma el ciclo de la retroexcavadora en el terreno hasta que llena el equipo caminero de carga.

Se estimó los tiempos de ciclo (mínimos) por 15 días obteniéndose los siguientes valores.

**Cuadro 12.** Tiempos de ciclo

N° datos	Tiempo de ciclo (min)
1	32,20
2	35,50
3	32,80
4	31,90
5	30,80
6	39,40
7	36,40
8	33,85
9	36,47
10	31,00
11	35,00
12	39,00
13	41,00
14	38,00
15	36,00
<b>Promedio=</b>	<b>35,29</b>

Fuente: Constructora WILLERCONST Cía. Ltda.  
Elaborado por: El autor (2015)

Con este promedio, se estimó el rendimiento de la retroexcavadora.

$$R = \frac{(3600) * Q * E * K}{T * FV}; \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

$$R = \frac{(3600) * 1.00 * 0.91 * 0.83}{35.29 * 1.20}$$

$$R = 64.20 \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

De acuerdo al manual Caterpillar, se muestra una tabla de cálculo de producción para este tipo de equipo. Se toma en consideración los tiempos de ciclo y la capacidad de carga del cucharón. Todo esto en condiciones favorables.

**Cuadro 13.** Cálculo de la producción para la maquinaria según manual Caterpillar.

Metros cúbicos por hora de 60 minutos\*

Tiempos de Ciclo Calculados		CARGA UTIL CALCULADA DEL CUCHARON** — METROS CUBICOS SUELTOS																		
Tiempo en																				
Seg.	Min.	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0
10,0	0,17																			
11,0	0,18																			
12,0	0,20	60	90	150	210	270														
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	544	630	720
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408
40,0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312
50,0	0,83																			

Fuente: Manual Caterpillar (2000)

El rendimiento máximo es  $R_{max} = 112 \text{ m}^3/\text{hr}$

La eficiencia (E) determinada en 0.91

$$Rendimiento = R_{max} * E$$

$$Rendimiento = 112 \text{ m}^3 / \text{hr} * 0.91$$

$$Rendimiento = 101.92 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

#### 4.1.2.2. Rendimiento de las compactadoras o rodillo

Para este tipo de equipo en compactación de relleno de piedra, se utiliza la siguiente fórmula

$$R = \frac{A * V * E * C}{N}; \left( \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \right)$$

Dónde:

R= Rendimiento en m<sup>3</sup>/hr

A=Ancho compactado por la máquina en metros.

V=Velocidad en km/hr.

E=Espesor de la capa a compactar en mm.

C= Coeficiente de reducción (0.6 a 0.8)

N=Número de pasadas hasta obtener la compactación requerida.

Las características del rodillo Komatsu, son:

**Cuadro 14.** Maquinaria (Rodillo) analizada

N°	Descripción	Característica	Ancho del compactador	Velocidad	Espesor de la capa	Número de pasadas
1	Rodillo	KOMATSU	2.13 m	6 km/hrs	0.20 m	4
2	Rodillo	GALION	2.00 m	8 km/hrs	0.25 m	3
3	Rodillo	CAT TAMPO	2.00 m	6 km/hrs	0.20 m	4

Fuente: Constructora WILLERCONST Cía. Ltda.

Elaborado por: El autor (2015)

$$R = \frac{2.13 * 6km/hr * 200mm * 0.80}{4}; \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

$$R = 85.2\left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

De acuerdo al manual Caterpillar, se muestra una tabla de cálculo de producción para este tipo de equipo.

**Cuadro 15.** Cálculo de la producción para excavadoras según manual Caterpillar.

**DUCCION**

VELOCIDAD MEDIA		ESPESOR DE LA CAPA COMPACTADA						
		100 mm m³/h	4 pulg yd³/hr	150 mm m³/h	6 pulg yd³/hr	200 mm m³/h	8 pulg yd³/hr	250 mm m³/h
6,5	4	419	548	628	822	837	1095	
9,5	6	628	822	942	1232	1256	1643	
13,0	8	837	1095	1256	1643	1675	2191	
6,5	4	314	411	471	616	628	822	
9,5	6	471	616	706	924	942	1232	
13,0	8	628	822	942	1232	1256	1643	
6,5	4	251	329	377	493	502	657	
9,5	6	377	493	565	739	754	986	
13,0	8	502	657	754	986	1005	1314	
6,5	4	286	274	314	411	419	548	
9,5	6	314	411	471	616	628	822	
13,0	8	419	548	628	822	837	1095	
6,5	4	488	642	731	962	975	1283	1219
9,5	6	713	962	1069	1444	1425	1925	1781
13,0	8	975	1283	1463	1925	1950	2566	2438
6,5	4	366	481	534	722	731	962	914
9,5	6	534	722	802	1083	1069	1444	1336
13,0	8	731	962	1097	1444	1463	1925	1828
6,5	4	293	385	439	577	585	770	731
9,5	6	428	577	641	866	855	1155	1069
13,0	8	585	770	878	1155	1170	1540	1463
6,5	4	244	321	366	481	488	642	609
9,5	6	356	481	534	722	713	962	891
13,0	8	488	642	731	962	975	1283	1219

Fuente: Manual Caterpillar (2000)

El valor de rendimiento máximo es:  $R_{max}=837 \text{ m}^3/\text{hr}$

$$R (\text{m}^3 \text{ c}) = R_{max} * E$$

$$R (\text{m}^3 \text{ c}) = (837 \text{ m}^3/\text{hr}) * 0.91$$

$$R (\text{m}^3 \text{ c}) = 761.67 \text{ m}^3/\text{hr}$$

#### 4.1.2.4. Rendimiento de los tractores

Para este tipo de equipo, se utiliza la siguiente fórmula

$$R = \frac{60 * E * Q * K}{T * fv}; \left( \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \right)$$

Dónde:

R= Rendimiento en  $\text{m}^3/\text{hora}$ .

E= Eficiencia general (0.91)

Q=capacidad de carga de la cuchilla en  $\text{m}^3$ .

K= coeficiente de carga (0.83)

FV= factor de abundamiento

T= Tiempo de un ciclo

**Cuadro 16.** Maquinaria (Tractor) analizada

N°	Descripción	Característica	Capacidad de la hoja (m <sup>3</sup> )
1	Tractores	CAT D8L	8.5
2	Tractores	D37P	4.7

Fuente: Manual Caterpillar (2000).

El valor de K fue considerado en condiciones de trabajo con conglomerado. El factor de abundamiento fue tomado del siguiente cuadro.

**Cuadro 17.** Porcentaje de abundamiento

Clase de tierra	Porcentaje de abundamiento
Arena o grava limpia	de 5 a 15%
Suelo artificial	de 10 a 25%
Material suelto	de 10 a 35%
Tierra común	de 20 a 45%
Arcilla	de 30 a 60%
Roca sólida	de 50 a 80%

Fuente: Mecánica de suelos (2000)

Entonces para obtener FV, se utiliza la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1}{1 + \% \text{ Abundamiento}}$$

$$\% \text{ Abundamiento} = \frac{1}{K} - 1$$

$$\% \text{ Abundamiento} = \frac{1}{0.83} - 1$$

$$\% \text{ Abundamiento} = 0.20 = 20\%$$

Se toma un factor de abundamiento del 20%, entonces:

$$FV = K * \% \text{ de abundamiento}$$

$$FV = 0.83 * 0.20$$

$$FV = 0.16$$

Ahora se estimó el tiempo de ciclo durante quince días

**Cuadro 18.** Tiempos de ciclo de los tractores

N° datos	Tiempo de ciclo (min)
1	2,50
2	3,10
3	4,00
4	5,00
5	3,80
6	2,80
7	2,10
8	2,40
9	3,50
10	3,80
11	4,00
12	4,90
13	2,90
14	3,70
15	3,80
<b>Promedio=</b>	<b>3,49</b>

Fuente: Constructora WILLERCONST Cía. Ltda.  
Elaborado por: El autor (2015)

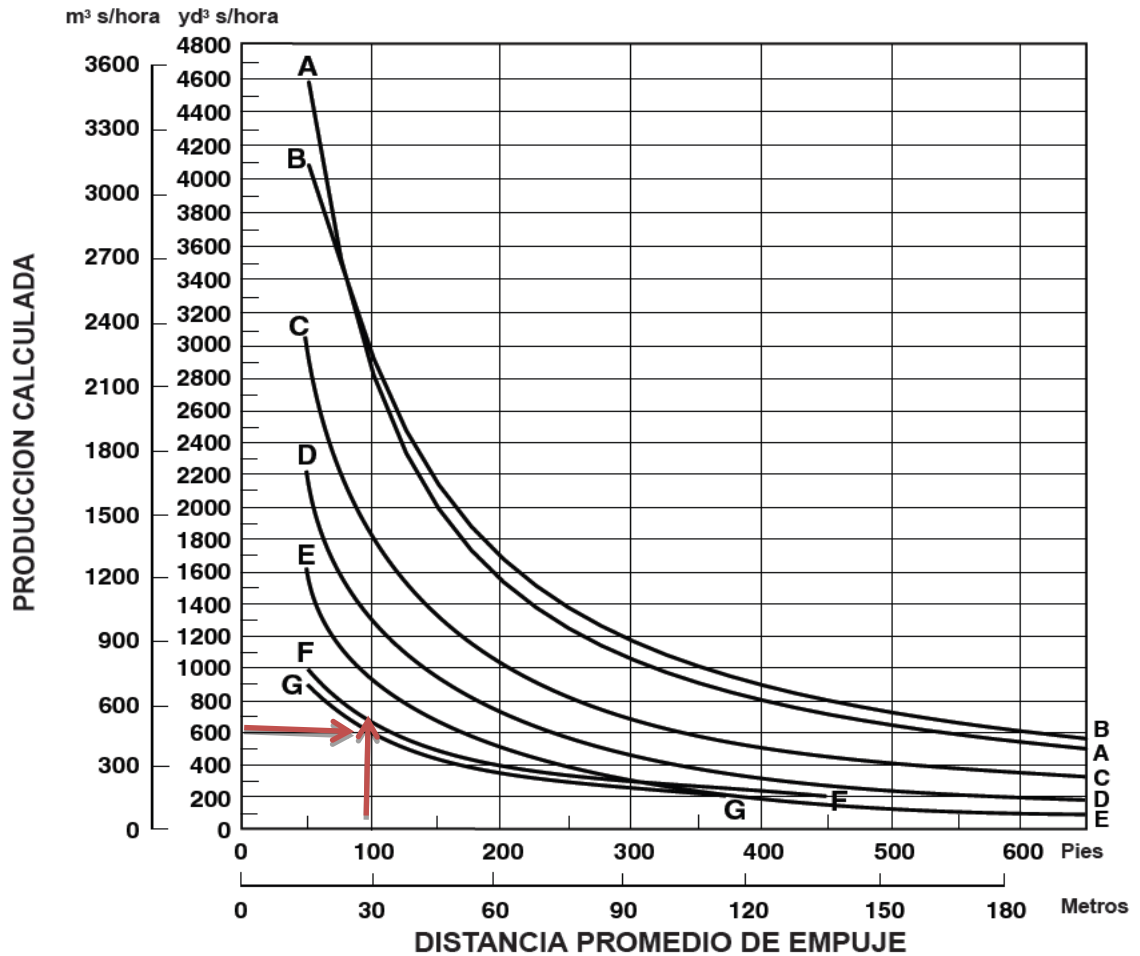
Entonces se procede a determinar el rendimiento de la siguiente manera:

$$R = \frac{60 * E * Q * K}{T * fv}; \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

$$R = \frac{60 * 0.91 * 8.5 * 0.83}{3.49 * 0.16}; \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

$$R = 689.82 : \left(\frac{m^3}{hora}\right)$$

**Gráfico 11.** Producción calculada para rendimiento



Fuente: Manual Caterpillar (2000)

#### 4.1.2.5. Rendimiento de la maquinaria pesada

Se estimó el rendimiento de toda la maquinaria pesada, ahora se realiza un resumen de los rendimientos obtenidos

**Cuadro 19.** Resumen rendimiento de la maquinaria pesada

Equipo	Tiempo de ciclo	E	Rendimiento o calculado	Rendimiento Manual Cat	% de rendimiento	Costo (\$)
Retroexcavadoras	35.29	0.91	64.20 m³/hora	101.92 m³/hora	62.99	3.89
Compactadoras	28.78	0.91	85.2 m³/hora	761.67 m³/hora	11.18	4.42
Tractores	3.49	0.91	689.82 m³/hora	1112.54 m³/hora	62.00	17.61

Elaborado por: El Autor (2015)

De acuerdo a lo expuesto el equipo que posee el mayor rendimiento son las retroexcavadoras con 62.99% y el de menor rendimiento son los compactadores con apenas el 11.18%. Con referencia a los costos, el mayor rubro determinado son los tractores con 17.61 dólares y el menor las volquetas con 2.88 dólares.

#### 4.1.2.6. Productividad de la maquinaria pesada

Antes de determinar la productividad del equipo caminero, se presenta el cuadro tabulado de las horas máquinas trabajadas por cada equipo, este registro fue elaborado mensualmente. Cuadro 20.

**Cuadro 20.** Análisis horas máquinas producidas en el 2013

Equipo	Meses												Total
	Ene.	Feb.	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Agt	Sept	Oct	Nov	Dic	
Excavadora CAT 320DL	415	415	445	452	428		440	440	440		425	424	4324
Excavadora CAT 312DL	240		202			420		199		251	213		1525
Retro excavadora JCB3CX		198	245		198		225		204			198	1268
Retro excavadora CAT 416E		198		251	198	220	245		178	245	212		1747
Retro excavadora CAT 420F	199		245	289	245		288	189		248		245	1948
Mini excavadora JCB1CX	250		124			225				188		215	1002
Mini Cargadora 262B CAT	245	224	425	245	245	240	245	240	452	452	458	485	3956
Mini Cargadora 252B CAT	245	455	458	458	458	458	458	458	457	457	440	440	5242
Rodillo KOMATSU	254				457		245			202		205	1363
Rodillo marca GALION		205		214			240		475		200	214	1548
Rodillo CAT Tampo	214		154		245	225		199			241		1278
Tractores CAT D8L		220			203		278		245		245	198	1389
Tractores KOMATSU D37p	198		245	452		245			278	214		213	1845
Maximixer para esparcir asfalto rc2-50			225			245	225	245		198	245		1383
Finisher terminadora de asfalto	458	457		457	457	475					478	475	3257
<b>Total</b>	271	271		306	313	275	313	242	272	294	315	352	3506
	8	7	2768	3	4	3	4	2	9	0	7	6	1

Fuente: Constructora WILLERCONST. Cía. Ltda.

Elaborado por: Autor (2015).

En el mes de enero fue el periodo de mayor producción de horas máquinas, es decir el equipo caminero estuvo en operación mayor tiempo

El porcentaje de productividad obtenido es el siguiente:

$$\text{Promedio de trabajo anual} = \frac{8 \text{ Horas}}{\text{Día}} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{Mes}} \times \frac{12 \text{ Meses}}{\text{Año}}$$

Promedio de trabajo anual= 2.880 horas anuales

Para obtener el promedio de trabajo de los equipos camineros en ese año, se realiza la siguiente operación

Producción de 19 máquinas= 2.880 x 19

Producción de 19 máquinas= 54.720 horas máquinas

En el cuadro anterior, se obtuvo un total de 35.061 horas máquinas trabajadas en el período analizado considerando las 19 máquinas. Entonces se calcula la productividad:

$$\text{Productividad} = \frac{35.061 \text{ Horas máquina}}{54.720 \text{ Horas máquina}}$$

**Productividad= 64.07%**

Ahora se realiza la productividad por cada equipo, tal como se demuestra en el cuadro 23.

**Cuadro 21.** Productividad por equipo

<b>Cantidad</b>	<b>Equipo</b>	<b>Horas trabajadas</b>	<b>Horas normales</b>	<b>Productividad</b>
2	Excavadora CAT 320DL	4324	5760	75%
1	Excavadora CAT 312DL	1525	2880	53%
1	Retro excavadora JCB3CX	1268	2880	44%
1	Retro excavadora CAT 416E	1747	2880	61%
1	Retro excavadora CAT 420F	1948	2880	68%
2	Mini excavadora JCB1CX	1002	2880	35%
1	Mini Cargadora 262B CAT	3956	5760	69%
1	Mini Cargadora 252B CAT	5242	5760	91%
1	Rodillo KOMATSU	1363	2880	47%
1	Rodillo marca GALION	1548	2880	54%
1	Rodillo CAT Tampo	1278	2880	44%
2	Tractores CAT D8L	1389	2880	48%
2	Tractores KOMATSU D37p	1845	2880	64%
1	Maximixer para esparcir asfalto rc2-50	1383	2880	48%
1	Finisher terminadora de asfalto	3257	5760	57%
<b>19</b>	<b>Total</b>	<b>35061</b>	<b>66240</b>	<b>53%</b>

Elaborado por: Autor (2015).

Se destaca que individualmente por equipo caminero la mayor productividad fue en los tractores con 91% y la menor con 35% la Mini excavadora JCB1CX, considerando la coincidencia por ser la maquinaria con mayores paros producidos por daños.

#### **4.1.3. Actividades y recursos para el mantenimiento preventivo**

##### **4.1.3.1. Actividades para el mantenimiento preventivo**

Se debe tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante, de otras instalaciones similares, experiencias propias y un minucioso análisis de ingeniería.

- **Inspección**

En esta fase se debe realizar una inspección minuciosa de todo lo propenso a falla mecánica, así como la corrosión de la maquinaria. Además de tomar en consideración los factores ambientales como humedad, tipo de terreno y condiciones de trabajo. A continuación se presenta el check list.

**Cuadro 22.** Check List.

<b>CHEQUEAR</b>
Nivel aceite motor:
Nivel de refrigerante:
Nivel aceite hidráulico:
Filtro de aire motor:
Filtro de aire cabina:
Tapa de radiador:
Banda ventilador:
Respiradero de carter:
Carga de batería:
Cables y conex. elect:
Mangueras de refrigerante:
Manguera de aire:
Presión aceite motor:
Temperatura motor:

Temp. aceite hidráulico:
Chequeo luces:
Chequeo radiador:
Chequeo frenos:
Inspección tablero:
Mando final rh/lh delantero:
Mando final rh/lh posterior:
Filtro racor purga:
Chequeo ventilador:
Pernos rueda posterior:
Pernos rueda delantera:
Tapa tanque/combustible:
Nivel electrolito batería:
Grupo válvula hidráulica:
Gato de levante de pala rh:
Gato de levante de pala lh:
Gato de alargue del brazo:
Gato de levante del brazo:
Gato giro del brazo:
Gato brazo abierto:
Motor de giro:
Cilindro dirección(fuga)
Chequeo reten diferencial:
Chequeo pres. neumáticos:
Manguera sistema hidráulica:

Elaborado por: Autor (2015).

- **Planeación del trabajo de mantenimiento**

La planeación permite estimar las actividades que estarán sujetas a la cantidad y calidad de mano de obra necesaria, los materiales y refacciones que se deberán emplear, así como el equipo y el tiempo probables en el trabajo que se pretende desarrollar.

**Cuadro 23.** Ciclo de mantenimiento propuesto (50 a 500 horas)

50 H		100 H		150 H		200				250		300		350	
Lavado	Cambio	Lavado	Cambio	Lavado	Cambio	Lavado	Cambio	Cambio	Cambio	Lavado	Cambio	Lavado	Cambio	Lavado	Cambio
Engrasado general y aliviar presión de cubos	Aceite y filtros de aceite y combustible	Engrasado general y aliviar presión de cubos	Aceite y filtros de aceite y combustible	Engrasado general y aliviar presión de cubos	Aceite y filtros de aceite y combustible	Engrasado general y aliviar presión de cubos	Aceite y filtros de aceite y combustible	Cambio aceite cubos delanteros	Cambio aceite catalina retroexcavadora y cambio de respiradero del tanque en retro komatsu	Engrasado general y aliviar presión de cubos	Aceite y filtros de aceite y combustible	Engrasado general y aliviar presión de cubos	Aceite y filtros de aceite y combustible	Engrasado general y aliviar presión de cubos	Aceite y filtros de aceite y combustible

400				450			500 HORAS					
Lavado	Cambio	Cambio	Cambio	Lavado	Cambio	Cambio	Cambio m.f.	Mantenimiento	Lavado	Cambio	Lavado	
Engrasado general y aliviar presión de cubos	Aceite y filtros de aceite y combustible	Cambio aceite cubos delanteros	Cambio aceite catalina retroexcavadora y cambio de respiradero del tanque en retro komatsu	Engrasado general y aliviar presión de cubos	Aceite y filtros de aceite y combustible	Cambio aceite cubos delanteros	Cambio aceite catalina retroexcavadora y cambio de respiradero del tanque en retro komatsu	Drenaje tanque combustible	Engrasado general y aliviar presión de cubos	Aceite y filtros de aceite y combustible	Engrasado general y aliviar presión de cubos	

Elaborado por: Autor (2015).

**Cuadro 24. Ciclo de mantenimiento propuesto (550 a 1000 horas)**

550 H		600 H				650 H		700 H		750 H					800 H			
lavado	cambio	lavado	cambio	cambio	cambio	lavado	cambio	lavado	cambio	cambio	mantenimiento	cambio	lavado	cambio	lavado	cambio	cambio	cambio
engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	cambio aceite cubos delanteros	cambio aceite catalina retroexcavadora y cambio de respiradero del tanque en retro komatsu	engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	cambio aceite de flotantes delanteros posteriores y coronas	sistema eléctrico	aceite sistema hidráulico y filtros	engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	cambio aceite cubos delanteros	cambio aceite catalina retroexcavadora y cambio de respiradero del tanque en retro komatsu

850 H		900 H		950 H		1000 H									
lavado	cambio	lavado	cambio	lavado	cambio	lavado	cambio	cambio	cambio	cambio	cambio m.f.	mantenimiento	cambio	cambio	cambio
engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	cambio aceite cubos delanteros	cambio aceite catalina retroexcavadora y cambio de respiradero del tanque en retro komatsu	cambio aceite cubos delanteros	cambio aceite catalina retroexcavadora y cambio de respiradero del tanque en retro komatsu	drenaje tanque combustible	aceite sistema hidráulico y filtros	cambio de aceite - caja de cambio	filtros de aire del motor y cabina

Elaborado por: Autor (2015).

- **Clasificación de componentes**

Se debe tener en cuenta si el componente analizado es reparable o no reparable.

#### **4.1.3.2. Recursos productivos**

Los principales recursos productivos que utiliza la empresa, se refieren a la materia prima, mano de obra, maquinarias y procesos.

#### **4.1.3.3. Materia prima**

Los materiales de la construcción son la principal materia prima que utiliza la empresa Constructora WILLERCONST Cía. Ltda., entre ellos se citan, la tierra, piedra, arena, cemento, asfalto, entre otros. Además, se requiere de combustibles y lubricantes para el accionamiento de los equipos camineros pesados.

#### **4.1.3.3. Maquinarias y equipos**

Los equipos y maquinarias de la empresa Constructora WILLERCONST Cía. Ltda., se detallan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 25.** Maquinarias y equipos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
2	Excavadora CAT 320DL
1	Excavadora CAT 312DL
1	Retro excavadora JCB3CX
1	Retro excavadora CAT 416E
1	Retro excavadora CAT 420F
2	Mini excavadora JCB1CX
1	Mini Cargadora 262B CAT
1	Mini Cargadora 252B CAT
1	Rodillo KOMATSU
1	Rodillo marca GALION
1	Rodillo CAT Tampo
2	Tractores CAT D8L
2	Tractores KOMATSU D37p
1	Maximixer para esparcir asfalto rc2-50
1	Finisher terminadora de asfalto
<b>19</b>	<b>Total equipos camineros pesados</b>

Fuente: Constructora WILLERCONST. Cia. Ltda.  
Elaborado por: Autor (2015).

En los siguientes párrafos de este sub-numeral se describen los principales equipos camineros de la empresa.

**4.1.3.3.1. Excavadora**

Máquina capaz de girar 360°, montada sobre ruedas u orugas, realiza operaciones de excavación en las que eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín o brazo, sin que la estructura portante se desplace. Esta máquina es empleada para excavación profunda, construir zanjas, cunetas, dragados de canales en los ríos, etc.

#### **4.1.3.3.2. Retroexcavadora**

Máquina autopropulsada sobre ruedas con un bastidor que monta a la vez un equipo de carga frontal y otro de excavación en la parte posterior, de forma que puedan ser utilizados alternativamente.

#### **4.1.3.3.3. Rodillos**

Los rodillos son máquinas autopropulsadas de pequeña o mediana potencia de compactación de suelos, no son aptos para terrenos arcillosos. Disponen de depósitos para lastre que pueden estar llenos de agua o arena, lo que permite aumentar la presión que transmiten al terreno.

#### **4.1.3.3.4. Tractor**

Esta es una máquina de excavación y empuje está compuesto de un tractor sobre orugas. Técnicamente al Bulldozer se le describe como una máquina automóvil de gran potencia provista de una pieza delantera móvil, de acero, que le permite abrirse camino removiendo obstáculos. Los equipos camineros pesados principales de la empresa, suman 15 en total, sin embargo sumado a los otros equipos totalizan 19 maquinarias pertenecientes a la compañía.

#### **4.1.3.4. Recursos humanos**

La empresa Constructora WILLERCONST Cía. Ltda., tiene 11 trabajadores formando parte de su organización, quienes son dirigidos por el Jefe de Operaciones también llamado Jefe de Obras, como se presenta en el organigrama que se presenta en el **anexo No. 3**.

El horario de trabajo es de 08h00 a 17h00 de lunes a viernes, sin embargo, cuando el caso amerita se trabaja horas extras inclusive hasta los domingos.

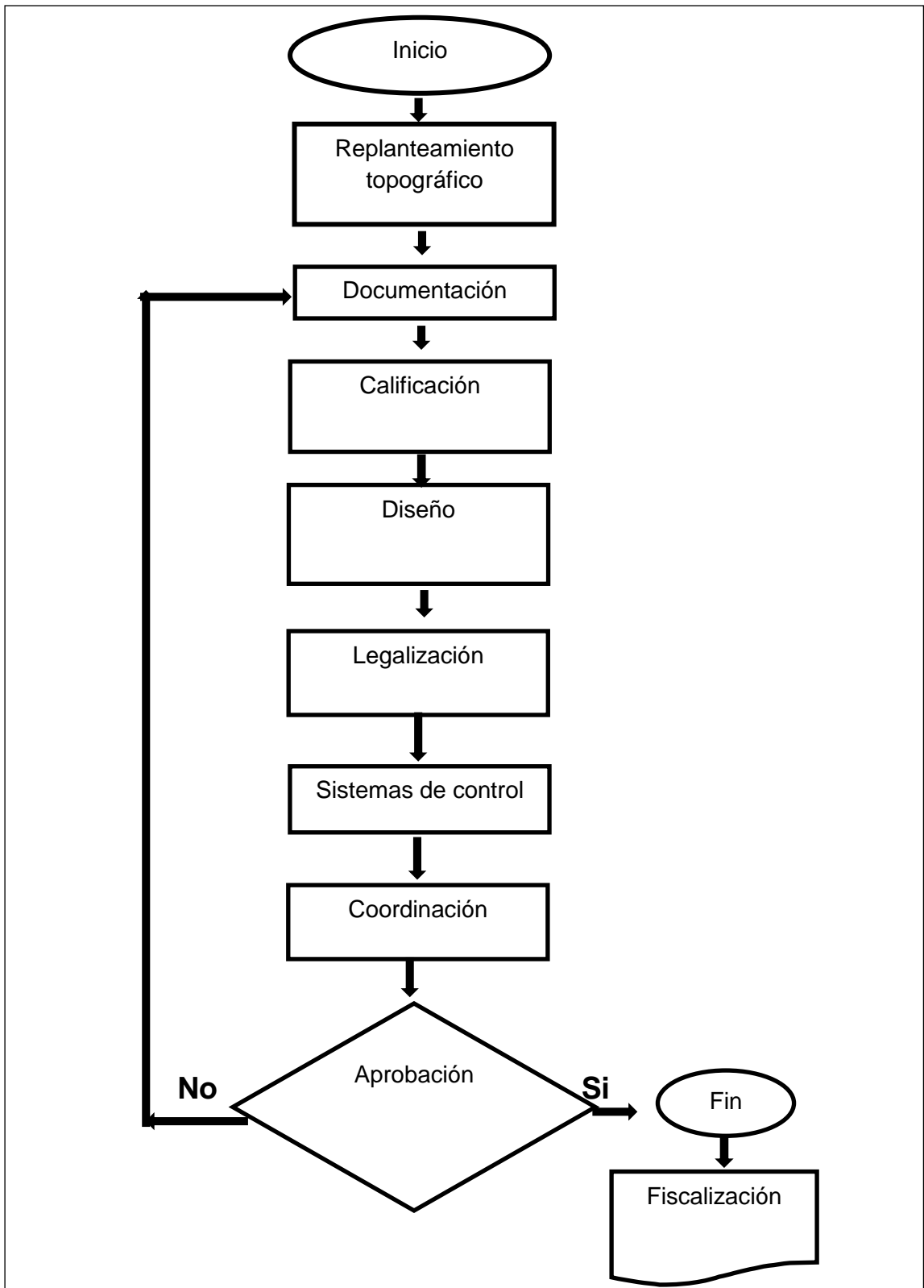
#### **4.1.3.5. Descripción del proceso de producción**

El proceso del servicio de la construcción de obras civiles, se presentan a continuación.

- Replanteamiento topográfico del proyecto basado en las referencias originales.
- Documentación de las referencias definidas, planimetrías y altimétricas.
- Calicatas de exploración para determinar la profundidad de corte y espesor de relleno.
- Calificación del material existente y de los materiales a utilizarse.
- Entrega de diseño de las mezclas de hormigón hidráulico y mezcla asfáltica.
- Legalización de diseño de los representantes de la empresa para el proyecto.
- Determinación de los sistemas de control para la aceptación de los materiales a utilizarse.
- Ubicación de los diferentes sistemas de servicio público: A.A.P.P. – A.A.S.S. – A.A.L.L. – E.E.E. – Teléfono.
- Coordinación con las empresas regentes de los servicios públicos.
- Recepción del material de la construcción.
- Proceso del servicio de la construcción.
- Fiscalización.

El proceso del servicio de construcción incluye la recepción del material correspondiente y el accionamiento de las máquinas para la construcción de la obra civil.

**Gráfico 12.** Flujo del proceso de producción para obras civiles



Fuente: Constructora WILLERCONST. Cía. Ltda.  
Elaborado por: Autor (2015).

#### **4.1.4. Frecuencia adecuada de mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada de la empresa**

En los hechos, los acontecimientos, las realidades de este estudio de investigación en la propuesta del Plan de Mantenimiento Preventivo, se tomaría como relación fundamental el plan de forma progresiva o sea variable e interactivo de semana a semana porque la producción es dinámica y versátil en lo que se refiere a los equipos, componentes, elementos y repuestos y como está sujeta de forma directamente proporcional estos eventos sería necesario de contar también con un programación para su control, su ejecución y su conocimiento reflexivo, anticipándose a los hechos que pudieran ocurrir.

De forma absoluta la aplicación de los diferentes sinónimos en lo que va de los nombres de mantenimiento preventivo, correctivo, operacional, diseño de mantenimiento aplicación de cada parte integral del sistema operacional de los equipos de forma estricta.

También conjugar el sustantivo de las tareas, la técnica, la frecuencia y la especialidad cada quien con su argumento de desarrollo y cada quien con su postura y sus eventualidades en mejoras del sistema y poder llegar al análisis de los modos de fallas y sus causas para establecer sus prioridades del sistema de planta.

Por último se debe aplicar para cada uno de los tópicos que conjugan el envoltorio del mantenimiento los principios del uso de la tecnología de punta (quiero manifestar que se aprovecharía el conocimiento científico, el diseño de un prototipo de nuevos dispositivos de máquinas y de nuevas ciencias del conocimiento en lo administrativo, operacional, y aprovechamiento del proceso de producción), quiero manifestar que apliquemos el espíritu del novato para que día a día su innovación se encuentre presente en todo el sistema operativo de la empresa ya sea de forma vertical o horizontal.

## Cuadro 26. Propuesta de frecuencia de mantenimiento en la empresa

HORA: 12:09							
FECHA ACTUALIZACION: 29-sep-15						SEMANAL	HORAS
N	MAQUINA	MARCA	MODELO	SERIE	HORA	06	PROMEDIO
01	Excavadora CAT 320DL	CAT 320 dl	1110 8W	10D H1013	19.649	19.649	40
02	Excavadora CAT 312DL	jcb3cx	SE-210 LC 2	21208510	197	197	40
03	Retro excavadora JCB3CX	CAT 416E	PC200LC - 8	352023	2.468	2.468	40
04	Retro excavadora CAT 416E	CAT 420f	D51PX - 22	B12846	1.278	1.278	40
05	Retro excavadora CAT 420F	CAT 312dl	RD 6885	IM2P267Y9S M025056	20.974	20.974	40
06	Mini excavadora JCB1CX	CAT d8l	D 210 E	210P54175	22.874	22.874	40
07	Mini Cargadora 262B CAT	KOMATSU d37p	240C	45749898	4.977	4.977	40
08	Mini Cargadora 252B CAT	KOMATSU	240B	45143118	2.341	2.341	40
09	Rodillo KOMATSU	GALION	95 XT	JAF 0310988	4.410	4.410	40
10	Rodillo marca GALION	CAT TAMPO	262B	0262BTPDT0 2643	10.555	10.555	40
11	Rodillo CAT Tampo	rc2-50	P5000	AT3504063	9.651	9.651	40
12	Tractores CAT D8L		7520 4WD	PO7520H001 499	7.567	7.567	40
13	Tractores KOMATSU D37p	rc2-50	CPD C50	01045U1401	4.962	4.962	40
14	Maximixer para esparcir asfalto rc2-50		MS16- 46281L	B852X05025 F	160	160	40
15	Finisher terminadora de asfalto						40

Fuente: Constructora WILLERCONST. Cía. Ltda.

Elaborado por: Autor (2015).

### 4.1.5. Plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada de la empresa

Este plan está diseñado para proveer datos necesarios en un programa de mantenimiento preventivo para la empresa Willerconst. S.A., evidentemente cuando se realice su implantación se debe realizar los ajustes respectivos, acorde a las necesidades de la empresa. Un programa de mantenimiento preventivo debe contar con una serie de requisitos, como fijación de estándares de mantenimiento, preparación y ejecución de planes de mantenimiento, diseño de registro de mantenimiento y realización de actividades para el restablecimiento de las condiciones de los equipos.

#### 4.1.5.1. Diseño del plan de mantenimiento

En el plan de mantenimiento es preciso contar con herramientas que ayuden a diligenciar toda la información que se maneje en el programa de mantenimiento. A su efecto se ha desarrollado varios formatos, para que durante su ejecución e implementación del programa se pueda documentar y llevar un control de las operaciones del mantenimiento, y así por medio de esta se cuente con un soporte que le garantice la disponibilidad y funcionalidad de los equipos.

#### 1. Nivel de mantenimiento

Se busca jerarquizar los trabajos en niveles de acuerdo con su importancia, grado de dificultad, conocimientos requeridos para su ejecución y el tipo de herramientas que se deben utilizar.

**Cuadro 27.** Nivel de mantenimiento

<b>Básico</b>	<b>Promedio</b>	<b>Avanzado</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección diaria.</li><li>• Revisión de aceites y líquidos.</li><li>• Limpieza y engrase.</li><li>• Detección de ruidos anormales.</li><li>• Pequeñas reparaciones.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cambio de bandas y mangueras.</li><li>• Afinación del motor.</li><li>• Cambio de aceites y filtros.</li><li>• Cambio de algunas partes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hacer afinaciones mayores.</li><li>• Instalar conexiones.</li><li>• Medir la compresión.</li><li>• Calibraciones con instrumentos especiales.</li></ul>

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: Autor (2015)

#### 2. Herramientas, máquinas herramientas e instrumentos

Para realizar un buen trabajo, se necesitan buenas herramientas, bien adaptadas a los diferentes trabajos de la profesión y conservadas cuidadosamente en perfecto estado. El empleo de buenas herramientas tiene

una gran influencia no solo sobre la calidad del trabajo, sino también sobre la rapidez de su ejecución, factor que adquiere considerable importancia en los tiempos modernos.

**Cuadro 28.** Herramientas, máquinas herramientas e instrumentos

<b>Básico</b>	<b>Promedio</b>	<b>Avanzado</b>
Pinza universal	Gatos	Taladro
Desarmadores	Rampa	Pulidora
Martillos	Tornillo de banco	Extractores
Juegos de Llaves (españolas y estrías)	Juegos de Llaves de palanca y dados (manerales)	Punzones
Seguetas	Pinza de corte y presión	Esmeril de banco
Limas	Recolector de aceite	Probador de corriente
Limpiadores de terminales	Compresor de aire	Llave de torsión (torquímetro)
Calibrador presión de neumáticos	Embudos	Diferenciales
Hidrómetro	Magneto	Malacates
Lámpara de mano	Regla	Pie de rey
Aceitera	Espátula/Raspador	Micrómetro
Mesa de trabajo	Marcador	Juego de galgas de espesores
Cables para arranque de emergencia	Machos de roscar	Cargador de acumulador
Llave de rueda	Terrajas	Pinzas especiales
Llaves Allen	Extractor de tornillos	Dinamómetro
Pistola engrasadora	Cortador de tubos	
Cepillo de alambre		

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: Autor (2015)

**3. Planeación del stock requerido**

Entre los factores que determinan la cantidad de repuestos, están los siguientes:

- La cantidad utilizada.
- La frecuencia de remplazo.
- Los efectos en la operación o depreciación, lo cual es importante para no invertir dinero en partes o piezas que, por lo general, se remplazan con baja frecuencia.

#### 4.1.5.4. Lista de chequeos

A continuación se presenta una guía para la inspección diaria y el formato de la lista de chequeo de las retroexcavadoras. La guía son pasos para asegurar un procedimiento de inspección adecuado.

**Cuadro 29.** Formato lista de chequeo diaria para equipos pesados

CHECK LIST												
DATOS DEL EQUIPO												
FECHA:												
EQUIPO:												
MARCA:												
MODELO:												
OPERADOR:												
EL OPERADOR VERIFICA Y REALIZA AJUSTES: TAMBIEN AÑADE Y COMPLETA FLUIDOS DE OPERACIÓN												
CHEQUEAR	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO	
	OK	HORAS	OK	HORAS	OK	HORAS	OK	HORAS	OK	HORAS	OK	HORAS
NIVEL ACEITE MOTOR:												
NIVEL DE REFRIGERANTE:												
NIVEL ACEITE HIDRAULICO:												
FILTRO DE AIRE MOTOR:												
FILTRO DE AIRE CABINA:												
TAPA DE RADIADOR:												
BANDA VENTILADOR:												
RESPIRADERO DE CARTER:												
CARGA DE BATERIA:												
CABLES Y CONEX. ELECT:												
MANGUERAS DE REFRIGERANTE:												
MANGUERA DE AIRE:												
PRESION ACEITE MOTOR:												
TEMPERATURA MOTOR:												
TEMP. ACEITE HIDRAULICO:												
CHEQUEO LUCES:												
CHEQUEO RADIADOR:												
CHEQUEO FRENOS:												
INSPECCIÓN TABLERO:												
MANDO FINAL RH/LH DELANTERO:												
MANDO FINAL RH/LH POSTERIOR:												
FILTRO RACOR PURGA:												
CHEQUEO VENTILADOR:												
PERNOS RUEDA POSTERIOR:												
PERNOS RUEDA DELANTERA:												
TAPA TANQUE/COMBUSTIBLE:												
NIVEL ELECTROLITO BATERIA:												
GRUPO VALVULA HIDRAULICA:												
GATO DE LEVANTE DE PALA RH:												
GATO DE LEVANTE DE PALA LH:												
GATO DE ALARGUE DEL BRAZO:												
GATO DE LEVANTE DEL BRAZO:												
GATO GIRO DEL BRAZO:												
GATO BRAZO ABIERTO:												
MOTOR DE GIRO:												
CILINDRO DIRECCIÓN(FUGA)												
CHEQUEO RETEN DIFERENCIAL:												
CHEQUEO PRES. NEUMATICOS:												
MANGUERA SISTEMA HIDRAUL:												

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: Autor (2015)

**Cuadro 30.** Ciclo de mantenimiento propuesto

Horas de uso	50		200		500		750		1000	
Acción	Lavado	Cambio	Cambio	Cambio	Mantenimiento	Cambio	Mantenimiento	Cambio	Cambio	Cambio
<b>Equipo</b>	Engrasado general y aliviar presión de cubos	aceite y filtros de aceite y combustible	cambio aceite cubos delanteros	cambio aceite catalina retroexcavadora y cambio de respiradero	drenaje tanque combustible	cambio aceite de flotantes delanteros posteriores y coronas	sistema eléctrico	aceite sistema hidráulico y filtros	cambio de aceite - caja de cambio	filtros de aire del motor y cabina
Excavadora CAT 320DL										
Excavadora CAT 312DL										
Retro excavadora JCB3CX										
Retro excavadora CAT 416E										
Retro excavadora CAT 420F										
Mini excavadora JCB1CX										
Mini Cargadora 262B CAT										
Mini Cargadora 252B CAT										
Rodillo KOMATSU										
Rodillo marca GALION										
Rodillo CAT Tampo										
Tractores CAT D8L										
Tractores KOMATSU D37p										
Maximixer para esparcir asfalto rc2-50										
Finisher terminadora de asfalto										

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: Autor (2015)

**Cuadro 31. Ciclo de mantenimiento propuesto**

Horas de uso	1500 HORAS								3000 HORAS					
	Cambiar	Cambiar	Inspección	Inspección	Inspección	Calibrar	Mantenimiento	Cambiar	Mantenimiento	Mantenimiento	Inspección	Mantenimiento	Mantenimiento	Inspección
<b>Equipo</b>	Termostato	Bandas	Planetario	Cables embrague, gamas y cable acelerador	Ejes y bocines de la doble	Válvulas	Alternador dc	Rotulas, pivot y terminales	Bomba de agua	Motor de arranque	Crucetas	Sistema de aire acondicionado	Tensor banda ventilador	Conjunto embrague
Excavadora CAT 320DL														
Excavadora CAT 312DL														
Retro excavadora JCB3CX														
Retro excavadora CAT 416E														
Retro excavadora CAT 420F														
Mini excavadora JCB1CX														
Mini Cargadora 262B CAT														
Mini Cargadora 252B CAT														
Rodillo KOMATSU														
Rodillo marca GALION														
Rodillo CAT Tampo														
Tractores CAT D8L														
Tractores KOMATSU D37p														
Maximixer para esparcir asfalto rc2-50														
Finisher terminadora de asfalto														

Fuente: Constructora WILLERCONT Cía. Ltda.

Elaborado por: Autor (2015)

## 4.2. Discusión

Se debe tomar en consideración las operaciones de las fallas de la maquinaria de forma absoluta en el plan de mantenimiento preventivo, solo en la aplicación de un punto el mantenimiento sistemático uso de fondo, como: las hojas de vida, característica técnicas de la máquina, repuestos en stock, lubricación, bitácora del día operativo de las maquinas, en las mejoras de estos puntos se estuviera bajando el porcentaje de incidencia en la eficiencia administrativa o corporativa. **(Knezevic, 2010)**. Debido a que las maquinarias y equipos camioneros pesados, realizan un trabajo pesado durante la construcción de obras civiles, sus mecanismos sufren desgastes, razón por la cual el mantenimiento de estas maquinarias debe sujetarse a las recomendaciones sugeridas por el proveedor, tanto en la duración y el lapso de tiempo por cada ciclo de mantenimiento

El diagnóstico de la situación actual de la constructora, analizó las maquinarias, recurso humano y procesos productivos del área en referencia, se identificó el principal problema que afectó a la maquinaria, que fueron las “reparaciones externas” y las paralizaciones por daños de los mecanismos de las rectificadoras, ocasionado con mayor incidencia por la obsolescencia de estas maquinarias. **(Vargas Z., 2007)**. La gestión del mantenimiento consiste en la proporcionar factibilidad en la utilización de los activos para que se conste de manera oportuna la utilización de los mismos, para prevenir cualquier deterioro que se pueda añadir en alguna máquina y equipos de la empresa

La alternativa de solución que se escogió para reducir el impacto de la problemática detectada, radicó en la adquisición de rectificadoras de cigüeñales y de cilindros, así como bancos de prueba para bombas de inyección, complementado con la implementación de actividades de mantenimiento preventivo de dichos equipos y de un programa de capacitación para que el recurso humano pueda operar los activos que se plantean poner en marcha. **(Ruiz Pinzón, 2007)**. Este punto es quien determina la frecuencia de mantenimiento, ya que cada vez que el equipo alcance este punto, es

necesario realizar las actividades de mantenimiento pertinentes para establecer las condiciones normales de trabajo del equipo

La propuesta desarrollada sobre el plan de mantenimiento preventivo es una oportunidad para poder mejorar la prestación de servicio a sus clientes y aumentar la calidad de este. Este programa representará un mecanismo por medio del cual la empresa optimizará su servicio, es decir que no tendrá paradas de producción imprevistas que dificulten el desarrollo y el cumplimiento de trabajos de parte de la misma o riesgos en los operarios y que es fundamental para conservar los equipos de la empresa en una condición segura y funcional. **(Vargas Z., 2007)**. La gestión del mantenimiento consiste en la proporcionar factibilidad en la utilización de los activos para que se conste de manera oportuna la utilización de los mismos, para prevenir cualquier deterioro que se pueda añadir en alguna máquina y equipos de la empresa

En base a lo expuesto se acepta la hipótesis planteada “El plan de mantenimiento preventivo contribuye a mejorar la productividad de las operaciones de la constructora WILLERCONST Cía. Ltda., del cantón Santo Domingo, debido a las mejoras sustanciales al ser implementado el plan en la empresa.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

El diagnóstico de la situación actual de la constructora, analizó las maquinarias, recurso humano y procesos productivos del área en referencia, se identificó el principal problema que afectó a los Talleres de Diesel Pesado, que fueron las “reparaciones externas” y las paralizaciones por daños de los mecanismos de las rectificadoras, ocasionado con mayor incidencia por la obsolescencia de estas maquinarias.

Se debe tomar en consideración las operaciones de las fallas de la maquinaria de forma absoluta en el plan de mantenimiento preventivo, solo en la aplicación de un punto el mantenimiento sistemático uso de fondo, como: las hojas de vida, característica técnicas de la máquina, repuestos en stock, lubricación, bitácora del día operativo de las máquinas, en las mejoras de estos puntos se estuviera bajando el porcentaje de incidencia en la eficiencia administrativa o corporativa.

La alternativa de solución que se escogió para reducir el impacto de la problemática detectada, radicó en el mantenimiento preventivo de dichos equipos y de un programa de capacitación para que el recurso humano pueda operar los activos que se plantean poner en marcha, con lo que se logrará el incremento de la eficiencia de la producción.

La propuesta desarrollada sobre el plan de mantenimiento preventivo es una oportunidad para poder mejorar la prestación de servicio a sus clientes y aumentar la calidad de este. Este programa representará un mecanismo por medio del cual la empresa optimizará su servicio, es decir que no tendrá paradas de producción imprevistas que dificulten el desarrollo y el cumplimiento de trabajos de parte de la misma o riesgos en los operarios y que es fundamental para conservar los equipos de la empresa en una condición segura y funcional.

## **5.2. Recomendaciones**

Obtener los indicadores de la productividad de la maquinaria pesada para justificar la propuesta del mantenimiento preventivo.

Organizar las actividades y recursos del plan de mantenimiento preventivo, se podrá esquematizar la organización departamental para esta área de la constructora, definiendo las funciones de cada uno de los miembros de esta sección de la entidad.

Proponer la frecuencia adecuada del mantenimiento preventivo de la maquinaria pesada de la constructora, a través de flujo gramas y cronogramas o diagramas de Gantt, que favorezcan una secuencia lógica y ordenada del proceso de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la constructora.

Sistematizar monitoreo y seguimiento para la mejora continua de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo, a través de acciones emergentes que puedan asegurar un óptimo funcionamiento de la maquinaria pesada en las operaciones diarias, para contribuir a incrementar la eficiencia organizacional y maximizar la satisfacción de los clientes y de la ciudadanía en general.

Implementar el programa depende tanto de la dirección como de la capacidad y el entusiasmo de los trabajadores a realizar las tareas programadas.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1. Literatura Citada

- 1.- **(Baca. 2010)**. Composición del Análisis en estudio técnico. España. Tercera edición. Pág. 61
- 2.- **(Baca, G. 2009)**, Estudio financiero de las instituciones con actividades relevantes a su funcionamiento y cálculos. Tercera edición. México. Pág. 124
- 3.- **(Cabrerizo. 2008)**. Estudio económico y financiero de las entidades. Procesos y manual de procedimientos. México. Segunda edición. Pág. 96
- 4.- **Cepeda, N. (2006)**. Sistematización del mantenimiento del equipo caminero del Honorable Consejo Provincial de Napo. Riobamba, Ecuador: ESPOCH.
- 5.- **(Chiavenato, 2007)**. Proceso de la productividad. Original de la actuación principal. Tercera edición. España. Pág. 203
- 6.- **(Cuartas Pérez Luis Alberto, 2010)**. Mantenimiento. EE.UU. Editorial: Fundamentos. Primera Edición. Pág. 75
- 7.- **(Davenport, T. H. 2012)**. Innovación de procesos. Cambridge, Ma: Harvard Business School Press. Guayaquil – Ecuador. Editorial series Vz. Primera Edición. Pág. 36
- 8.- **(Dhillon, B.S. 2010)**. Ingeniería de mantenimiento. Un enfoque moderno. Madrid. Editorial: Boca Ratón: Crc Press. Primera edición. (Pág. 37)
- 9.- **Díaz Del Río (2009)**. Mantenimiento de la maquinaria de la construcción. Madrid: publicación de la EU. IETCC. Quinta edición.

- 10.- (Eslava, 2010).** Financiación y rentabilidad de los diferentes procesos de la productividad. Primera edición. España. Pág. 84
- 11.- (Espinosa Fuentes Fernando 2011).** Gestión del mantenimiento industrial. Ee.Uu. Editorial: diseño y fotomecánica. Primera edición. Pág. 45.
- 12.- (González, Francisco Javier. 2012).** Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid. Editorial: Fundación Confemetal. Segunda edición. (Pág. 63)
- 13.- (Houngren, 2007).** La producción en la actualidad. Financieramente y técnicamente rentable. Primera edición. Segunda edición. Pág. 24.
- 14.- (Kelly, A. & Harris M. J. 2010).** Management Of Industrial Maintenance Conference, Mce, Bruselas. Bélgica. Editorial: Tecnología de máquinas. Primera Edición. Pág. 26.
- 15.- (Kelly, A. 2010).** Gestión del mantenimiento industrial. Madrid. Editorial: Fundación Repso. Primera edición. (Pág. 84)
- 16.- (Knezevic, J., 2010).** Fundamentos de mantenimiento. Inglaterra. Editorial: fundamentos de lecturas escuelas universidades Etc. Primera edición. Pág. 26
- 17.- (Koontz y Weihrich, 2007).** Eficiencia para los cálculos de los procesos de producción en las entidades. Primera edición. España. Pág. 142
- 18.- (Manual Caterpillar, 2000)** Manual del rendimiento, edición 31. CAT® editada por Caterpillar Inc., Peoria, Illinois, EE.UU.
- 19.- (Mokate, 2011).** Producción en las empresas de procesos de productos finales. Primera edición. España. Pág. 36.

- 20.- (Muñoz Leganés Belén Abella. 2010).** Mantenimiento industrial. EE.UU. Editorial: tecnología de máquinas. Primera edición. Pág. 19.
- 21.- (Monchy, François, 2010).** Teoría y práctica. El mantenimiento industrial. de Barcelona. Editorial Masson. Primera edición. (Pág. 54).
- 22.- (Patton, J. D., 2012).** Prevención de mantenimiento. EE.UU. Editorial: instrumento de sociedades en América. Primera edición. Pág. 11
- 23.- (Render y Barry, 2007).** Cálculos de la producción en las constructoras. España. Tercera edición. Pág. 158
- 24.- (Rey, Francisco. 2011).**Hacia La excelencia en mantenimiento. Madrid. Editorial: TgpHoshin. Primera edición. (Pág. 12)
- 25.- (Sapag. 2008).** Capacidades en los procesos óptimos de la productividad. Primera edición. España. Pág. 36
- 26.- (Sapag & Sapag. 2008).** Aceptabilidad en el proceso de producción de maquinarias. Segunda edición. México. Pág. 101
- 27.- (Seldon Artur, 2009).** Diccionario de economía. F.G. Pennance Ediciones. Villassar del Mar. Tercera edición.
- 27.- (Smith, David John 2010).** Fiabilidad, Facilidad de mantenimiento y el riesgo: métodos prácticos para ingenieros. Editorial: Oxford. Pág. 31
- 29.- (Técnicas de mantenimiento industrial, 2004).** Análisis de la Industria. España. Segunda edición.
- 30.- (Vargas Zúñiga Ángel 2010).** Organización del mantenimiento industrial. Guayaquil – Ecuador. Editorial series Vz. Segunda edición. Pág. 27

- 31.- (Velásquez, 2007).** Proceso de producción de maquinarias pesadas en las empresas mayoristas. Tercera edición. España.
- 32.- (Freire, Rodríguez, 2013).** Análisis de contratación de servicios del mantenimiento constructivo.
- 33.- (Díaz, Gonzales, 2014).** Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada.
- 34.- (Espinosa Fuentes, 2010).** Gestión de mantenimiento industrial.
- 35.- (Ruiz Pinzón, 2009).** Implementación de un programa de mantenimiento para maquinaria pesada.

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

## Anexo 1. Encuesta

### UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

#### ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA WILLERCONST. CÍA. LTDA.

**Objetivo:** Determinar las causas del problema correspondiente a las paralizaciones del servicio.

1) ¿La institución cuenta con un cronograma anual de mantenimiento preventivo para la conservación de los equipos camineros pesados?

a) Si  b) No

2) ¿Cuál es el nivel de cumplimiento del mantenimiento de los equipos camineros pesados?

Alto \_\_\_\_\_

Medio \_\_\_\_\_

Bajo \_\_\_\_\_

3) ¿Con qué frecuencia se ve afectado por los tiempos improductivos el servicio de la construcción?

Con mucha frecuencia \_\_\_\_\_

A veces \_\_\_\_\_

Nunca \_\_\_\_\_

**4) ¿Por qué causas ocurren los tiempos improductivos en el proceso de la construcción?**

Falta de stock de repuestos	_____	<input type="checkbox"/>
Daños de máquinas	_____	<input type="checkbox"/>
Problemas ambientales	_____	<input type="checkbox"/>
Otras	_____	<input type="checkbox"/>

**5) ¿Por qué causa no se cuenta con stock disponible en el trabajo cotidiano de la construcción?**

Planificación inadecuada	_____	<input type="checkbox"/>
Inaplicación de técnicas de planificación	_____	<input type="checkbox"/>
Falta de software para planificación	_____	<input type="checkbox"/>

**6) ¿Por qué razón manifiesta que los daños de los equipos camineros pesados son la principal causa del problema de los paros no programados?**

Falta de mantenimiento preventivo	_____	<input type="checkbox"/>
Equipo obsoleto	_____	<input type="checkbox"/>
Otros	_____	<input type="checkbox"/>

**7) ¿Con qué frecuencia fue capacitado para proporcionar el mantenimiento rutinario de los equipos camineros pesados?**

Una vez al año	_____	<input type="checkbox"/>
Varias veces al año	_____	<input type="checkbox"/>
Nunca	_____	<input type="checkbox"/>

**8) ¿Guía su accionar en un plan de mantenimiento preventivo para los equipos camineros pesados?**

a) Si                      b) No

**9) ¿Es necesario un plan de mantenimiento preventivo de los equipos camineros pesados?**

a) Si                      b) No

**10) ¿En qué aspecto requiere mayor desarrollo el servicio de la construcción?**

Mantenimiento

\_\_\_\_\_

Stock de materiales

\_\_\_\_\_

Personal

\_\_\_\_\_

Otros

\_\_\_\_\_


**Anexo 2. Entrevista**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ENTREVISTA AL JEFE DE OPERACIONES DE LA EMPRESA  
CONSTRUCTORA WILLERCONST. CÍA. LTDA.**

**Objetivo:** Cuantificar la pérdida económica anual y determinar la factibilidad del plan de mantenimiento preventivo para la empresa.

- 1) ¿Cuál es la capacidad instalada de los equipos camineros pesados?

-----  
-----  
-----

- 2) ¿Cuál fue la producción del servicio de la construcción en el último periodo anual?

-----  
-----  
-----

- 3) ¿Hay una alta ineficiencia en el proceso del servicio de la construcción?

-----  
-----  
-----

4) ¿Por qué hay mucho tiempo improductivo en el servicio de la construcción?

-----  
-----  
-----

5) ¿Cuánto le costó reparar los equipos camineros pesados, en los distintos meses del año 2013?

-----  
-----  
-----

6) ¿Cuál es el sueldo de cada trabajador operativo?

-----  
-----  
-----

7) ¿Cuánto cuesta la hora máquina de cada equipo caminero pesado?

-----  
-----  
-----

8) ¿Qué hace la institución cuando se daña un accesorio de los equipos camineros pesados? ¿Contrata personal externo o utiliza al personal interno?

-----  
-----  
-----

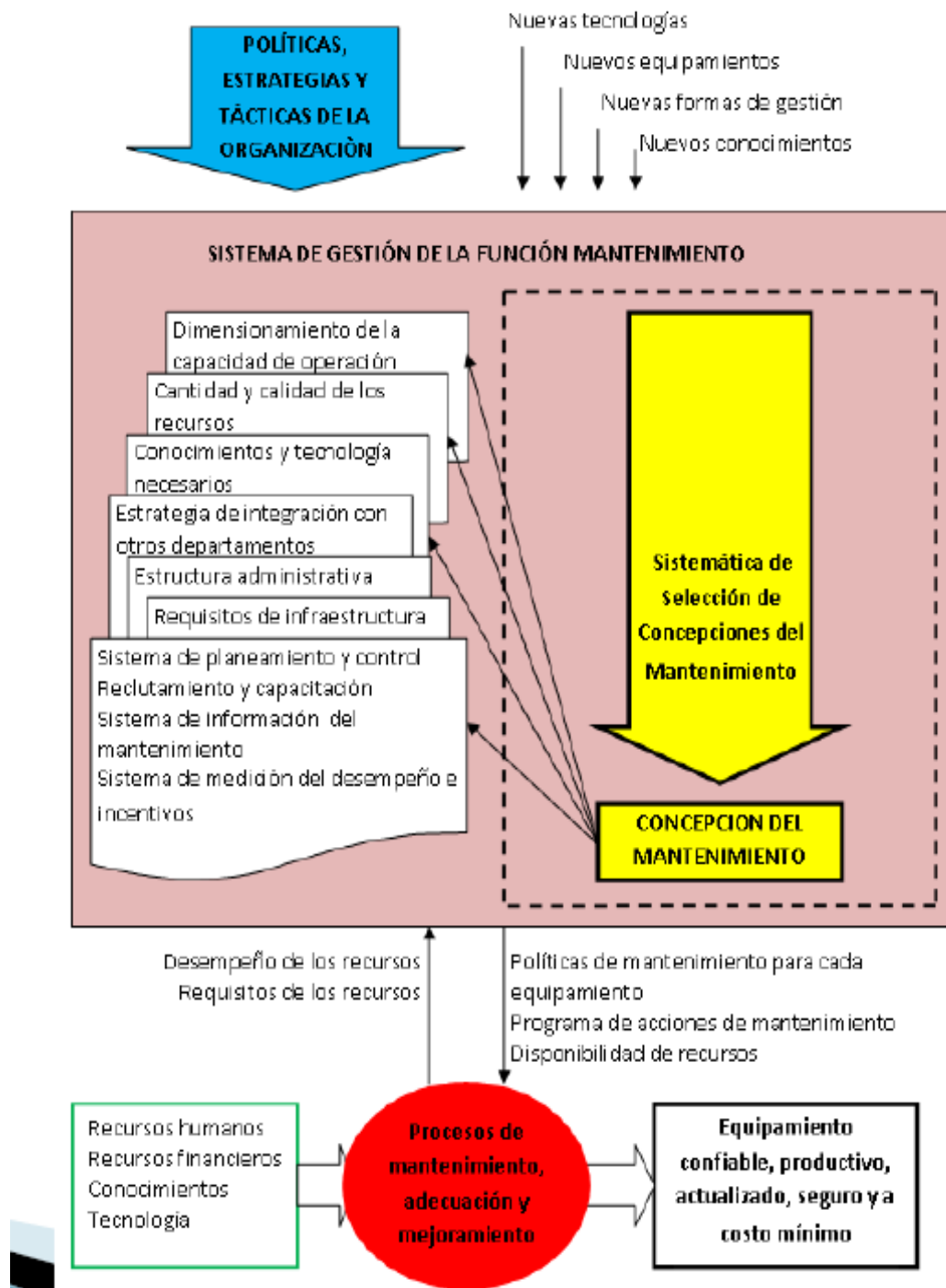
9) ¿Considera usted que se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos camineros pesados? ¿Mejorará la eficiencia de la empresa?

-----  
-----  
-----

10) ¿Dispone de recursos suficientes la empresa, para invertir en un Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos camineros pesados?

-----  
-----  
-----

### Anexo 3. Organización del conocimiento para la definición del mejor sistema de gestión del Mantenimiento.



**Figura 3.** Organización del conocimiento para la definición del mejor sistema de gestión del Mantenimiento

## Anexo 4. Plan de Mantenimiento

**Cuadro 32.** Esquema del plan de mantenimiento

Descripción de la actividad	Tiempo	Año 2013																		
		Máquina 11					Máquina 20					Máquina 22					Máquina 9			
		8-En	9-En	15-En	16-En	22-En	23-En	29-En	30-En	5-Fe	6-Fe	12-Fe	13-Fe	19-Fe	20-Fe	26-Fe	27-Fe	5-Ma	6-Ma	12-Ma
	3	■					■									■				
	3	■					■									■				
	3	■					■									■				
	4		■					■					■					■		
	4		■					■					■					■		
	2			■					■					■					■	
	1			■					■					■					■	
	2			■					■					■					■	
	3			■					■					■					■	
	2				■					■					■					■
	6				■					■					■					■
	8					■					■					■				■
	1					■						■					■			■
	2					■							■							■
<b>Total</b>	<b>44</b>																			

Fuente: Vargas, 2007.  
 Elaborado por: Aguirre Naranjo Edwin Neptalí.

## Anexo 5. Plan de mantenimiento

**Cuadro 33.** Esquema de las actividades del plan de mantenimiento

Actividades	Duración	Fecha inicio	Fecha Fin	Recursos

Fuente: Vargas, 2007.

Elaborado por: Aguirre Naranjo Edwin Nepalí

## Anexo 6. Fotografías de la maquinaria pesada de la constructora



**Figura 4.** Excavadora 320DL



**Figura 5. Retroexcavadora**



**Figura 6. Rodillos**



Figura 7. Tractor



Figura 8. Finisher terminadora de asfalto