

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



Maestría en Administración Industrial y de Empresas de Servicios

Guatemala, agosto de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



Para optar al grado de Maestro en Artes

Maestría en Administración Industrial y de Empresas de Servicios

Guatemala, agosto de 2018

## **JUNTA DIRECTIVA**

### **FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	DECANO
M A. Elsa Julieta Salazar de Ariza	SECRETARIA
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	VOCAL I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	VOCAL II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera BR.	VOCAL III
Br. Andreina Delia Irene López Hernández	VOCAL IV
Br. Carol Andrea Betancourt Herrera	VOCAL V

## **CONSEJO ACADÉMICO**

### **ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

Rubén Dariel Velásquez Miranda, Ph.D.

Maria Ernestina Ardón Quezada, MSc.

Jorge Mario Gómez Castillo, MA.

Clara Aurora García Gonzáles, MA.

Silvia Maria Morales Cabrera, MSc.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Ser supremo, a quien le debo todo lo vivido, las experiencias, pruebas y logros.

### **A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Por ser mi casa de estudios, por enseñarme y guiarme personal y profesionalmente.

### **A GENTRAC**

Con respeto y aprecio por su apoyo y ser mi fuente de experiencias laborales y logros profesionales.

## **DEDICATORIAS**

**A:**

### **Mi padre (D.E.P.)**

Herman Efraín Fuentes Hernández

Porque mis logros y metas alcanzadas serán reflejo de su gran ejemplo, de su dedicación y su incondicional amor por la familia.

### **Mi madre**

Olivia Lucila Godínez Ramírez de Fuentes

Por su comprensión, cariño, fortaleza y esfuerzo en todo momento.

### **Mi esposa**

Evelyn Shivonee

Por ser mi gran amor, apoyo e inspiración.

### **Mis hijas**

Laura Regina y Diana Rocío, a quienes amo incondicionalmente.

### **Mis hermanos**

Marvin, Jorge, Elio y Jami

Por el apoyo y cariño que me han dado.

Y a mis familiares, amigos y compañeros de trabajo y estudio.

## RESUMEN EJECUTIVO

Las máquinas de construcción marca Caterpillar son equipos de alta calidad y alto costo de inversión inicial. Debido a eso, es muy importante elegir e implementar un plan de mantenimiento preventivo que conserve la maquinaria en óptimas condiciones, al mismo tiempo que reduzca los costos totales que se requieren para gestionar la utilización de este tipo de maquinaria. Debe encontrarse un equilibrio para preservar la máquina sin afectar su depreciación esperada y satisfacer, como en toda administración, la demanda de reducción de costos.

El presente trabajo está orientado a realizar un análisis de los costos de las diferentes opciones de mano de obra disponibles en el mercado. En Guatemala se observan fenómenos sociales y económicos que expanden la disponibilidad de opciones de contratación de técnicos que ofrecen sus servicios para realizar mantenimiento preventivo. Debido a que la mano de obra es un factor determinante para la calidad del mantenimiento que se pretende aplicar, es así como la opción de servicio técnico que se contrata o se utiliza, definirá en gran parte la confiabilidad y calidad del mantenimiento preventivo que se realiza a la maquinaria Caterpillar.

En este trabajo se ha realizado un estudio de los costos del distribuidor de maquinaria Caterpillar para Guatemala, la empresa Gentrac. Esta compañía ofrece mano de obra de su personal técnico como la más conveniente, preparada y capacitada para conservar la maquinaria de la mejor manera posible, según los lineamientos sugeridos por el fabricante. El costo de esta opción es uno de los más elevados en el mercado, pero es necesario analizarlo en base a un estudio de análisis de costo-beneficio para definir si es viable contratarlo a pesar de tener otras opciones de bajo costo pero de calidad cuestionable.

Las decisiones de los administradores de maquinaria Caterpillar en Guatemala, están orientadas principalmente a reducir costos. Entonces, buscan otras opciones que implican los precios más bajos disponibles en el mercado, pero se cuestiona si estas opciones se preocupan por preservar la máquina de forma consciente o si basa su operación y oferta en reducir costos sacrificando el adecuado cuidado de la máquina.

En este trabajo de graduación se analizan los costos de las opciones que los clientes tienen a su disposición en el mercado y se comparan con la opción que ofrece Gentrac. La finalidad es analizar los porcentajes de ahorro que los administradores de maquinaria Caterpillar consideran que tienen al emplear el plan de mantenimiento que han utilizado.

En este estudio se encontraron diferentes formas que los dueños de la empresa contemplan para realizar el mantenimiento y, en algunos casos, se observa que han llegado a variar opciones como la utilización de mano de obra no calificada empleando repuestos y lubricantes de buena calidad para compensar la falta de conocimiento por parte del personal técnico.

Se obtuvo también información que los clientes de Gentrac consideran el precio de mano de obra muy alto, y adicionalmente deben pagar el kilometraje del vehículo que transporta al técnico, lo que agrega un valor más alto que el que encuentran en otras opciones, en las que proporcionan el servicio como un combo completo que incluye el valor de mano de obra, transporte, lubricantes y repuestos. Por lo anterior, se recomienda a Gentrac analizar el mercado y crear oportunidades en precios para que los clientes consideren el costo-beneficio de su propuesta de mantenimiento.

# ÍNDICE

<b>I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	
	<b>1. Tipos de mantenimiento para maquinaria de construcción</b>	<b>2</b>
	1.1 Mantenimiento preventivo.	2
	1.1.1 Mantenimiento preventivo de 250 horas para una máquina	3
	1.1.2 Mantenimiento preventivo de 500 horas para una máquina	5
	1.1.3 Mantenimiento preventivo de 1000 horas para una máquina	5
	1.1.4 Mantenimiento preventivo de 2000 horas para una máquina	6
	1.2 Mantenimiento correctivo	7
	1.3 Mantenimiento predictivo	8
	1.4 Plan de mantenimiento	9
	<b>2. Maquinaria Caterpillar</b>	<b>11</b>
	2.1 Caterpillar Inc.	11
	2.2 Distribuidor autorizado para marca Caterpillar.	12
	2.3 Descripción de maquinaria Caterpillar.	13
	2.3.1 Tractores de banda	13
	2.3.2 Cargador Frontal	15
	2.3.3 Excavadora	18
	2.3.4 Retroexcavadora	19
	2.3.5 Motoniveladora	21
	<b>3. Costos de mantenimiento</b>	<b>22</b>
	3.1 Costos fijos de mantenimiento	24

3.2	Costos variables de mantenimiento.	25
3.3	Costos de mano de obra para mantenimiento de maquinaria.	25
3.3.1	Técnico autorizado por el distribuidor.	26
3.3.2	Técnico no autorizado por el distribuidor.	27
3.4	Costos de contratación de servicios	28
<b>4.</b>	<b>Análisis costo-beneficio</b>	<b>31</b>
4.1	Enfoque costo-beneficio	32
4.2	Análisis económico	33
4.3	Análisis financiero	33
4.4	Análisis técnico	34
4.5	Métodos de evaluación	34
4.5.1	Valor presente neto (VPN)	34
4.5.2	Tasa interna de rendimiento (TIR)	36
4.5.3	Razones financieras	36
<b>III</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>37</b>
<b>IV</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>38</b>
1.	General	38
2.	Específicos	38
<b>V</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>39</b>
5.1	Tipo de estudio	39
5.2	Unidades de análisis	39
5.3	Método para obtención de información	39
5.4	Método de análisis de la información	40

<b>VI</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>41</b>
<b>VII</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>50</b>
<b>VIII</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>54</b>
<b>IX</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>55</b>
<b>X</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>56</b>
<b>XI</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>59</b>

### **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Figura No. 1. Vista parcial de un reporte del análisis de aceite de un motor Caterpillar.	9
Figura No. 2. Componentes principales de un tractor de oruga marca Caterpillar	15
Figura No. 3. Cargador frontal marca Caterpillar y sus principales componentes	17
Figura No. 4. Excavadora y sus principales componentes.	19
Figura No. 5. Retroexcavadora y sus principales componentes.	20
Figura No. 6. Motoniveladora y sus principales componentes.	21
Figura No. 7. Costos en que incurre el usuario de un servicio.	30
Figura No. 8. Factores que influyen en las expectativas de servicio.	31

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1. Tareas a realizar en un servicio de mantenimiento preventivo de 250 horas para un tractor de oruga.	5
Tabla No. 2. Comparación de principales tareas a realizar en las rutinas de Mantenimiento para una retroexcavadora Caterpillar.	7
Tabla No. 3. Costos de las horas de mano de obra en los talleres de Gentrac	41
Tabla No. 4. Costos de los servicios de mantenimiento en base a las horas según Tarifas establecidas.	42
Tabla No. 5. Ejemplos de costos de kilometraje según tarifas establecidas en Gentrac	43
Tabla No. 6. ¿Qué opción utiliza usted para realizar el mantenimiento preventivo de su maquinaria Caterpillar?	44
Tabla No. 7. ¿Por qué utiliza esta opción?	45
Tabla No. 8. Si usted no utiliza el servicio de mano de obra ofrecido en Gentrac por el precio, ¿Cuánto considera usted que es lo que se ahorra respecto a la opción que utiliza actualmente?	46
Tabla No. 9. Si usted no utiliza el servicio de Gentrac por el precio, ¿Qué considera que es lo que más eleva el costo en Gentrac?	47
Tabla No. 10. Si usted no utiliza el servicio de Gentrac ¿qué considera que se debe mejorar para que usted pueda decidirse por los servicios de Gentrac?	48
Tabla No. 11. Si usted contrata por su cuenta a un técnico para realizar los servicios de mantenimiento a su máquina ¿puede indicar cuánto le cobra por el servicio?	49

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica No. 1. Relación de costos del mantenimiento conforme el aumento de horas acumuladas de uso de trabajo de la maquinaria.	23
Gráfica No. 2. Relación de VPN vs. Tasa de interés.	35
Gráfica No.3. Costo de la mano de obra de los técnicos de Gentrac en campo y talleres centrales.	41
Gráfica No. 4. ¿Qué opción utiliza usted para realizar el mantenimiento preventivo de su maquinaria Caterpillar?	44
Gráfica No. 5. ¿Por qué utiliza esta opción?	45
Gráfica No. 6. Si usted no utiliza el servicio de mano de obra ofrecido en Gentrac por el precio, ¿Cuánto considera usted que es lo que se ahorra respecto a la opción que utiliza actualmente?	46
Gráfica No. 7. Si usted no utiliza el servicio de Gentrac por el precio ¿Qué considera que es lo que más eleva el costo en Gentrac?	47
Gráfica No. 8. Si usted no utiliza el servicio de Gentrac ¿Qué considera que se debe mejorar para que usted pueda decidirse por los servicios de Gentrac?	48

## I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo que se realiza en la maquinaria de construcción Caterpillar es un factor que incide directamente en su desempeño, depreciación y valor de recompra. Por esta razón se presenta la necesidad de analizar las opciones disponibles, y sus correspondientes costos, para realizar el mantenimiento preventivo apropiado a la máquina.

El presente trabajo de investigación se ha orientado en investigar los precios de las opciones de mano de obra que hay en el mercado para realizar el mantenimiento preventivo de este tipo de maquinaria. Se obtuvieron los costos de mano de obra que ofrece a sus clientes el distribuidor autorizado para Caterpillar, Gentrac, y se comparó con los precios de otras opciones que se utilizan para realizar el mantenimiento.

En la actualidad, se presentan varias opciones de mano de obra, lo que genera un mercado de mayor nivel y expectativas. Pero también la misma competencia ocasiona que se presenten opciones de mano de obra de muy bajo costo y, por lo tanto, de muy baja calidad. Entonces es necesario analizar el costo-beneficio de las opciones que existen para definir el plan de mantenimiento preventivo que cumpla con la finalidad de conservar las máquinas en óptimas condiciones a lo largo de su tiempo de vida útil, sin ocasionar costos innecesarios.

Este trabajo analizó la opción que, en teoría, proporciona mayor beneficio a la preservación de la máquina como lo es la del distribuidor autorizado y se comparó en precio con otras opciones de menor costo, pero se cuestiona si son de calidad aceptable.

Es conveniente considerar todos los aspectos para obtener la opción de mantenimiento que mejor se adapte a la situación económica y operacional. Sin afectar el desempeño de la máquina y, generar valor alrededor del campo y de la actividad económica en que los clientes y el proveedor se desenvuelven.

## **II. ANTECEDENTES**

### **1. Tipos de mantenimiento para maquinaria de construcción**

Hay varios tipos o rutinas de mantenimiento que al gestionarlas en conjunto logran el objetivo general del mantenimiento. Tomando referencia, el concepto de mantenimiento: “es el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, busca la más alta disponibilidad, y con el máximo rendimiento” (Garrido, 2010).

La función del mantenimiento se ha desarrollado con el tiempo. Originalmente no había un concepto de prevención de fallas o buscar el máximo desempeño de las máquinas. Durante los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones. Pero conforme el avance de la tecnología, fue necesario especializar las tareas pues los operadores no podrían soportar la demanda de los equipos y mantenerse a la vanguardia de la tecnología empleada para hacer funcionar la misma.

El distribuidor de maquinaria Caterpillar ofrece el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo en su departamento de servicios. Sin embargo, los clientes que adquieren los equipos nuevos, confían cada vez en técnicos inexpertos o no calificados para realizar el mantenimiento. Es por eso que es importante diferenciar los distintos tipos de mantenimiento.

#### **1.1 Mantenimiento preventivo**

“Es el que tiene por misión mantener el nivel de servicio determinado de los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno” (Garrido, 2010). Entre estas correcciones se pueden mencionar los cambios de lubricantes, filtros, ajustes de piezas de desgaste. Este mantenimiento, al ser programado, no ocasiona gastos que presentan los paros de maquinaria

imprevistos, como lo son operadores o proveedores externos convocados sin realizar trabajos debido a que la máquina está detenida o bien el paro del proceso de producción que ocasiona pérdida de tiempo de ayudantes, operarios y maquinas relacionadas que también deben detenerse.

Las rutinas de mantenimiento preventivo se realizan en horarios que afecten lo menos posible la operación del proyecto, horarios de operadores y proveedores. Es posible realizar las rutinas en conjunto con reparaciones o rutinas de otros equipos o cuando el proyecto está detenido por alguna otra razón y eso ayuda a reducir el tiempo de paro general del proyecto, cuando la actividad del mismo se reanude.

Las funciones principales del mantenimiento preventivo son: reducir la probabilidad de falla del equipo y mantenerlo en condiciones de operación. Las rutinas de mantenimiento preventivo también ayudan a la presentación, estética y limpieza de la maquinaria, pues al realizar las inspecciones visuales se detectan los inconvenientes de pintura, oxidación, fugas y degradación de componentes que sufren daño con el tiempo.

### **1.1.1 Mantenimiento preventivo de 250 horas para una máquina**

Esta es una rutina de mantenimiento preventiva que se realiza en la maquinaria para seguir las instrucciones recomendadas en los manuales de servicio de equipo Caterpillar y en la mayoría de marcas de maquinaria para construcción. Consta principalmente de tareas de inspección y rutinas para preservar los componentes como el motor y transmisión.

Los técnicos del distribuidor autorizado deben seguir las recomendaciones del manual de servicio. Normalmente un técnico no autorizado, que ofrece realizar estas tareas, se basa también en el manual pero no sigue todas las instrucciones, ya sea por falta de conocimiento o actualización, ya que la información para realizar los mantenimientos ha sido obtenida en algún momento y no se actualizan nuevos

datos o no consideran nuevas tecnologías para agregar a los servicios que ellos le ofrecen a sus clientes.

Se recomienda tomar una muestra de aceite de motor para analizar en el laboratorio las condiciones de desgaste. Esto implica que la muestra que fue tomada debe llevarse a un especialista que proporcione este servicio. Este servicio de mantenimiento lo realizan los mecánicos no autorizados en maquinaria sin tomar normalmente la muestra de aceite, a menos que el dueño lo solicite y sea éste quien lo envíe a un laboratorio especializado o al distribuidor Caterpillar para que realicen el análisis, pero normalmente los técnicos empíricos no lo ofrecen.

Entre las diferentes marcas de maquinaria hay algunas variaciones pero fundamentalmente se centran en cambiar aceite y filtro de motor, realizar inspecciones visuales y de funcionamiento. Lubricar los componentes que lo requieren y revisar niveles de fluidos de los diferentes componentes.

Para cada tipo de máquina hay diferentes componentes que conservan fluidos para lubricar sus piezas internas y estas son las variaciones que deben observarse en el manual específico para cada máquina.

Hay variación de capacidad de lubricantes y tipos de lubricantes para cada modelo y serie específico de máquina. Por esta razón es necesario contar con los datos para identificar el modelo y número de serie de la máquina y definir las cantidades y características de los lubricantes a utilizar, para realizar los servicios de mantenimiento.

Un ejemplo de un listado de tareas recomendadas se obtiene en los manuales de operación y mantenimiento para una máquina de construcción.

En la Tabla número 1 se observan las tareas que se deben realizar para un servicio preventivo de 250 horas para un tractor de banda marca Caterpillar, se puede observar que hay distintos componentes, pero el cambio de aceite se realiza únicamente en el motor, en los demás componentes se revisa el nivel de aceite.

Tabla No. 1  
Tareas a realizar en un servicio de mantenimiento preventivo de 250 horas para un tractor de oruga

Cada 250 horas de servicio o mensual	
Correa de sistema de aire acondicionado -	Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar
Alternador de ventilador y Correas -	Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar
Angulo de ataque manual de inclinación base	Lubricar
Refrigerante de muestra ( DEAC ) -	Obtener
Sistema de refrigeración Aditivo (DEAC)	Añadir
Motor de muestra de aceite -	Obtener
Aceite y filtro de motor -	cambiar
barra equalizadora nivel de aceite	comprobar
Ventilador polea motriz y la polea guía	lubricar
Transmisión final del nivel de aceite	comprobar
Depósito de combustible de agua y sedimentos	drenar
rodaje	comprobar
Cabrestante Rodillos	Lubricar

Fuente: <https://sis.cat.com/sisweb/servlet/cat.cis.sis.PController.CSSISTechDocServlet>

### 1.1.2 Mantenimiento preventivo de 500 horas para una máquina

Esta rutina de mantenimiento es la que se realiza a una máquina cuando se tiene un horómetro en el equipo de 500 horas, incluye realizar lo indicado en el servicio de 250 horas pero requiere realizar tareas adicionales, según el manual del fabricante. Los técnicos no autorizados que ofrecen estas tareas de mantenimiento no hacen alguna diferencia sustancial entre las rutinas de mantenimiento de 250 horas y la de 500 horas. Suelen realizar las mismas tareas y para algunos técnicos empíricos no hay diferencia.

### 1.1.3 Mantenimiento preventivo de 1,000 horas para una máquina

Se realiza a cada 1,000 horas de uso de la máquina, incluye lo que se realiza en las rutinas previas de 250 horas y 500 horas, deben realizarse tareas adicionales

que son importantes para la manutención del equipo. Normalmente incluye el cambio de aceite a varios componentes adicionales al del motor. Otra rutina a considerar es la calibración de válvulas de los cilindros del motor.

En esta rutina si hay distinción para los técnicos no autorizados y suelen agregar los cambios de aceite de otros componentes, aunque en su totalidad no realizan lo recomendado en el manual del fabricante.

Es importante nuevamente considerar que los técnicos no autorizados no toman muestras de aceite de todos los componentes que reemplazan el aceite. Esto implica que se pierde la oportunidad de monitorear el comportamiento de desgastes de los componentes ya que el aceite se desecha sin obtener la información que podría aprovecharse de éste. El aceite del componente es renovado cuando se realiza el servicio de mantenimiento y si había algún índice de desgaste que pudiera prevenir alguna anomalía, no podrá obtenerse la información. Se inicia de nuevo la acumulación de desgastes y podrá presentarse la oportunidad de obtener información hasta que el aceite reemplazado tenga al menos 125 horas de utilización en el componente.

#### **1.1.4 Mantenimiento preventivo de 2,000 horas para una máquina**

Se realiza esta rutina de mantenimiento a cada 2000 horas del equipo y es rutina que comprende normalmente drenar y reemplazar el aceite de todos los componentes así como sus respectivos filtros. Incluye realizar las tareas de todas las rutinas descritas anteriormente y es la que representa mayor costo de inversión. Hay algunas variaciones según los fabricantes para cada tipo de máquina.

En la Tabla número 2 puede observarse la comparación de tareas que deben realizarse en las rutinas de mantenimiento preventivo descritas anteriormente, estas corresponden a una máquina retroexcavadora marca Caterpillar de cierto modelo que representa a una población muy comercial en nuestro medio y que puede servir

de ejemplo para tener una idea de las rutinas que se realizan, no sólo en este equipo sino en máquinas similares de diferente fabricante.

Tabla No. 2

Comparación de principales tareas a realizar en las rutinas de mantenimiento para una retroexcavadora Caterpillar

<b>Comparación de las tareas a realizar en diferentes rutinas de mantenimiento para una retroexcavadora marca Caterpillar</b>				
<b>Servicio de mantenimiento a cada</b>	<b>250 horas</b>	<b>500 horas</b>	<b>1000 horas</b>	<b>2000 horas</b>
Cambio de aceite de motor y filtro	X	X	X	X
Toma de muestra de aceite motor	X	X	X	X
Revisar niveles de fluidos todos los componentes	X	X	X	X
Realizar engrase general	X	X	X	X
Reemplazar filtros de combustible	X	X	X	X
Calibrar válvulas de motor			X	X
Obtener muestra de aceite transmisión		X	X	X
Reemplazar filtro de aceite de transmisión		X	X	X
Reemplazar aceite de transmisión			X	X
Obtener muestra de aceite de diferenciales		X	X	X
Cambiar aceite de diferenciales			X	X
Obtener muestra de aceite de sistema hidráulico		X	X	X
Cambiar aceite de sistema hidráulico				X

Fuente: <https://sis.cat.com/sisweb/servlet/cat.cis.sis.PController.CSSISTechDocServlet>

## **1.2 Mantenimiento correctivo**

“Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.” (Garrido, 2010). Este tipo de tareas normalmente no es programado pues se realiza cuando el equipo está

parado inesperadamente o no utilizable debido a la falla o defecto que es necesario corregir. El personal que realiza el mantenimiento correctivo debe ser realizado por personal con mayor experiencia en áreas técnicas como el diagnóstico y de reconstrucción de componentes. La mano de obra en este mantenimiento es más especializada que la que realiza el mantenimiento preventivo.

Pueden tomarse como tareas de mantenimiento correctivo el reparar fugas de aceite en sistemas hidráulicos o motores que ocasionan que el nivel de aceite llegue a un punto donde se ponga en riesgo el funcionamiento normal del componente que presenta la fuga.

También son tareas de mantenimiento correctivo el reparar componentes como motores hidráulicos, transmisiones, ejes por mal funcionamiento. Al momento de remover e inspeccionar los componentes se evalúa si el origen de la falla se debió a no aplicar correctamente un servicio de mantenimiento preventivo o si se originó la falla debido a un abuso de operación o aplicación.

Las tareas de habilitación del equipo debido a una falla repentina requieren, en ocasiones, realizar previamente una tarea de diagnóstico. Podría ser que la falla se origine no por desperfecto en algún componente, podría ser un cable eléctrico o un componente electro mecánico que debe ser diagnosticado previamente para ser corregido.

### **1.3 Mantenimiento predictivo**

“Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de los equipos, mediante el conocimiento de determinadas variables que representan tal estado y la operatividad.” (Garrido, 2010). Este tipo de mantenimiento requiere de herramientas sofisticadas y tecnología para la constante inspección de las variables que se recomiendan en cada caso de máquina. Las variables pueden ser: vibraciones, temperaturas, presiones hidráulicas. El mantenimiento predictivo requiere igual análisis técnico que el mantenimiento

correctivo, pues es necesario interpretar los resultados del monitoreo y tener un conocimiento avanzado en los componentes para prevenir las fallas.

En la maquinaria Caterpillar y en nuestro medio, el tipo de mantenimiento predictivo más representativo suele manifestarse en analizar los distintos niveles de desgaste que presentan los aceites lubricantes de los componentes. En la figura número 1 se observa una vista parcial de un reporte de análisis de aceite de un motor.

Figura No. 1.  
Vista parcial de un reporte del análisis de aceite de un motor Caterpillar

# CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HORÓMETRO	HORAS FLUIDOS	CAMBIO FLUIDOS
P380-48078-0103	13-Mar-2018	15-Mar-2018	18382.6 HR		No
Seguimiento	ISO es elevado. Dialco. Las concentraciones de desgastes son normales. Envíe nueva muestra en próximas 250 horas para evaluar.				
P380-48065-0021	27-Feb-2018	06-Mar-2018	18182.4 HR		No
Critico	Existe contaminación visible en la muestra. Es muy necesario que revise que no existan fugas por empaques y cilindros hidráulicos. Dialco. Envíe nueva muestra ahora.				
P380-48022-0057	04-Jan-2018	22-Jan-2018	17519.2 HR	250 HR	No
Seguimiento	ISO es elevado. Dialco. Las concentraciones de desgaste son normales. Envíe nueva muestra en próximas 250 hrs.				
P380-47331-0047	23-Nov-2017	27-Nov-2017	16870.9 HR	1000 HR	No
Normal	NINGUN PROBLEMA ACTUALMENTE ASOCIADO CON ESTA MUESTRA. CONTINUE TOMANDO MUESTRAS A INTERVALOS NORMALES.				

Fuente: Reporte de laboratorio de S.O.S. Gentrac.

#### 1.4 Plan de mantenimiento

Una máquina debe recibir, durante el tiempo de vida útil, varias tareas de mantenimiento que no son propias de una sola rutina de mantenimiento. Mientras al inicio de vida útil se realizaron tareas de mantenimiento preventivo constantes,

conforme avanza en su desempeño requiere mayor monitoreo en la fase predictiva y también deben realizarse trabajos de mantenimiento correctivo, aumentando los costos de mantenimiento.

El plan de mantenimiento debe ser evaluado y estudiado para llevarlo a cabo de la mejor manera posible. Hay variables que deben considerarse como la cantidad de horas de uso al día, turnos y ambiente de trabajo, rutinas de inspección diaria, capacitación de personal técnico y de operadores, disponibilidad y criticidad del equipo.

Un plan básico de mantenimiento consiste en lubricar e inspeccionar la maquinaria al inicio de una jornada de trabajo. Puede incluso realizarlo el operador bajo ciertas instrucciones y el beneficio que conlleva es considerable comparado con el costo y tiempo que pueda invertirse. Otro plan de mantenimiento que se considera normalmente es implementar las recomendaciones básicas de los manuales de los equipos. Llevar control y registros para dejar constancia de las intervenciones de técnicos en los equipos, tanto de rutinas de mantenimiento preventivo, como las reparaciones.

Pero hay planes de mantenimiento más complejos que se utilizan al administrar flotas, equipos críticos para el funcionamiento de plantas de producción o cuando se contempla un presupuesto global de mantenimiento general de una serie de equipos administrados por un departamento específico de mantenimiento.

Los contratos de mantenimiento son también otra opción para crear un plan de mantenimiento relacionado con un contratista que tiene el compromiso de tener un mínimo de horas de máquina no disponible. El contratista debe establecer la disponibilidad que ofrece para la maquinaria, esto expresado en porcentaje de horas totales de utilización de los equipos o en determinada cantidad de horas de trabajo máximo que el equipo estará no disponible, tiempo el cual es utilizado para realizar rutinas de mantenimiento correctivas y preventivas.

El contratista se compromete a cumplir con la disponibilidad acordada y si no cumple se incurre a realizar sanciones que afectan el convenio económico también

convenido. Normalmente un contrato de mantenimiento requiere de una estructura que un solo mecánico no podría mantener. Los contratos de mantenimiento son suministrados por compañías que se dedican a proveer servicios de mantenimiento.

## **2. Maquinaria Caterpillar**

Existe una gran variedad de maquinaria que es ofrecida en el mercado para cubrir las necesidades requeridas en sectores de construcción, minería, renta, agroindustria y movimiento de tierra. Cada segmento de mercado es cubierto por ciertos fabricantes que ofrecen maquinaria a nivel mundial y esto amplía las opciones para la toma de decisión de adquirir un equipo que cubra las necesidades que se requieran en el proyecto a realizar. Hay otras marcas disponibles de fabricantes de maquinaria que compiten con los equipos Caterpillar. Entre estas marcas pueden mencionarse Komatsu, John Deere, Bobcat, Case, New Holland, Kobelco, JCB, Bomag.

### **2.1 Caterpillar Inc.**

Es una corporación con sede central en Peoria, Illinois, Estados Unidos. Fue fundada en California el 15 de abril de 1925. A finales del siglo XIX, Benjamin Holt construye cosechadoras a vapor para trabajar en los campos de California, hasta llegar a perfeccionar el prototipo de tractor con motor que conocemos en la actualidad. Fabricando tractores de orugas y perfeccionando los sistemas motrices se crea en 1925 Caterpillar Tractor Co. tras una fusión entre la compañía de Holt Manufacturing Company y la Best Tractor Co.

Caterpillar Inc. es el fabricante más grande de maquinaria para la construcción y minería a nivel mundial. Representa a varias marcas con las cuales

realiza los negocios en la actualidad como Cat Financial, Cat Reman, The Rental Store, FG Wilson, Olympian, Prentice entre otras.

## **2.2 Distribuidor autorizado para marca Caterpillar**

Un fabricante de maquinaria de construcción distribuye sus productos a nivel mundial nombrando distribuidores autorizados para un país o área determinada. Si el país es muy grande y la demanda de maquinaria, repuestos y servicios es considerable, puede que se asigne a más de un distribuidor autorizado para ese país específico, para poder atender la demanda y dar soporte a los requerimientos y necesidades de los clientes.

Los distribuidores autorizados están posicionados estratégicamente en regiones de tal forma que puedan atender la demanda y necesidades de los clientes que requieran tanto la maquinaria, como repuestos y servicios técnicos.

Los distribuidores autorizados para la maquinaria marca Caterpillar deben trabajar bajo ciertos lineamientos indicados por Caterpillar Inc. Hay indicaciones que deben cumplir para atender y dar soluciones a los clientes que poseen maquinaria marca Caterpillar o los nuevos clientes que estén interesados en adquirir equipos nuevos. Los equipos de ventas, financiamiento, entrenamiento y talleres deben seguir recomendaciones del fabricante para que el proceso de satisfacción de demanda o necesidad sea atendido.

Cada distribuidor cubre, normalmente, un área geográfica pero también hay casos en que cubre áreas específicas que han sido asignadas para cubrir necesidades especiales de algunos clientes.

Los lineamientos que los distribuidores autorizados deben seguir, están relacionados con la forma de atención al cliente cuando solicita servicio, asesoría o información de maquinaria; satisfacción de servicio al cliente después de recibir la atención; control de contaminación; capacitación y financiamiento.

En Guatemala se tiene el distribuidor autorizado para maquinaria Caterpillar en la compañía denominada Corporación General de Tractores, S. A. la cual es también conocida como Gentrac, está ubicada en la Calzada Aguilar Batres 54-41 zona 12 de la ciudad de Guatemala.

### **2.3 Descripción de maquinaria Caterpillar**

Hay una gran variedad de modelos y tamaños de maquinaria que se ofrecen en el mercado para satisfacer las necesidades de los clientes. Debido a esta variedad, se requiere estudiar los equipos que representan la mayor cantidad de la población de maquinaria.

Entre esta maquinaria que representa la mayoría de población, hay cinco tipos de equipos que son utilizados en varias aplicaciones y son los que los distribuidores de maquinaria tienen mayor demanda. Estas máquinas son: tractores de banda, cargador frontal, excavadoras, retroexcavadoras y motoniveladoras. Cada equipo tiene diferentes características y capacidades diseñadas para ser la mejor opción que cubra las necesidades y requerimientos del proyecto en que el dueño requiere del equipo seleccionado. Hay otros tipos de maquinaria y esta principalmente orientado a sectores más especializados como el compactado y asfaltado de carreteras y sector minero. Su representación es baja y comprende equipos como rodos compactadoras, asfaltadoras, equipo subterráneo, camiones de volteo fuera de carretera, perforadoras.

#### **2.3.1 Tractores de banda**

Los tractores son equipos utilizados para trabajos de ataque de tierra y material, en lugares donde normalmente equipos de ruedas no pueden trabajar, ya que están provistos de lo que se conoce como banda, rodaje o cadenas. Existe

otra opción de tractor de ruedas que no es utilizado en nuestro medio. Los tractores, por medio de su hoja topadora frontal, atacan el suelo y realizan el trabajo inicial de corte. Hay otros usos que se dan a los tractores como empuje de material, extendido de tierras, relleno y formación de pilas de material.

La hoja topadora, que comúnmente se conoce como cuchilla, tiene opciones de angulación y diseño para atender las distintas condiciones y necesidades que puedan presentarse como el tipo de material, distancias o ciclos que el tractor deba recorrer, inclinación del terreno o tipo de corte.

La hoja topadora es comandada para elevarse cuando el tractor no ataca material o bajar para cortar por medio de cilindros hidráulicos que son comandados por el operador. Hay opciones para angular la hoja topadora según la necesidad del proyecto o de la operación según las condiciones del terreno o material.

El rodaje, bandas o cadenas son componentes que le dan ventaja al tractor para trabajar en terrenos muy exigentes de difícil accesibilidad. Las bandas reciben la fuerza motriz que entrega el tren de potencia a través de una rueda dentada. Esta rueda dentada engrana con los eslabones de las cadenas y al girar la rueda realiza el trabajo de desplazar el tractor.

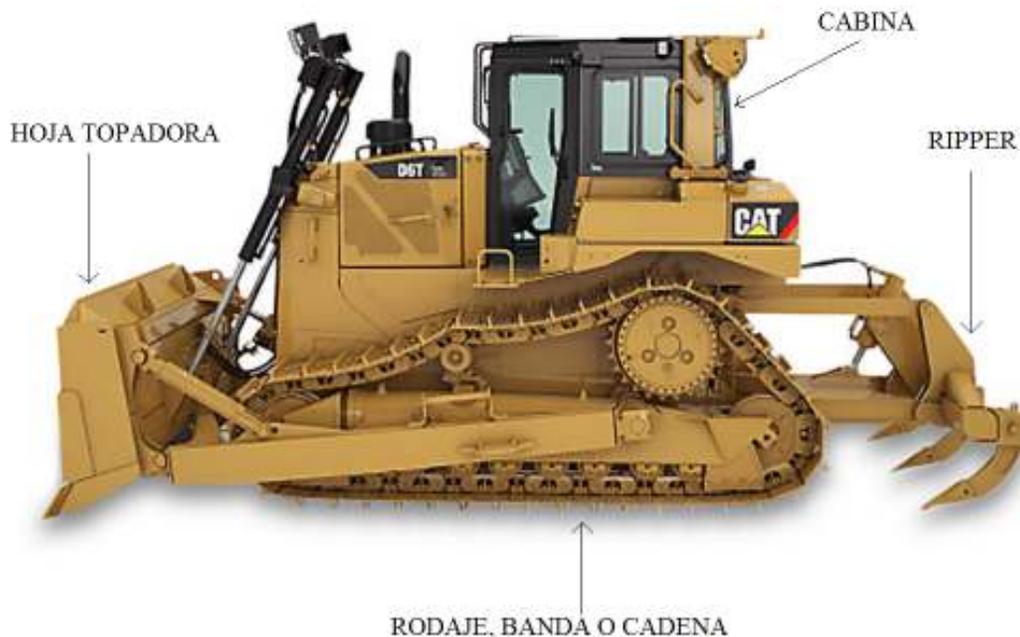
El rodaje es un conjunto de piezas que incluyen un cilindro tensor que es el que mantiene tensado el sistema de cadena a través de una rueda lisa. Esta rueda lisa suele llamarse rueda tensora que se mantiene forzando la cadena a través de un resorte.

El tractor tiene opción de trabajar con dientes de penetración traseros que sirve para cortar material, esta opción se conoce en el medio como ripper. Estos dientes pueden atacar el suelo al mismo tiempo que el tractor se desplaza hacia adelante realizando un suavizado de material y también son comandados por el operador que mueven el conjunto del ripper por medio de cilindros hidráulicos.

El ripper es opcional y puede ser ofrecido para utilizar tres dientes en donde el peso se concentra en tres puntos de ataque al material o un solo diente con el cual todo el peso se concentrará en un solo punto para tener mayor fuerza de

penetración para materiales más duros. Los proveedores de maquinaria normalmente ofrecen el tractor con esta herramienta instalada, aunque esto incrementa el valor del equipo. Los componentes del tractor pueden observarse en la Figura número 2.

Figura No. 2.  
Componentes principales de un tractor de oruga marca Caterpillar



Fuente: [http://www.cat.com/es\\_ES/products/rental/equipment/dozers/medium-dozers/18234826.html](http://www.cat.com/es_ES/products/rental/equipment/dozers/medium-dozers/18234826.html)

### 2.3.2 Cargador frontal

Los cargadores frontales son máquinas que cumplen los trabajos de acarreo de material que ya ha sido desprendido o está suelto. A diferencia del tractor, no debe realizar trabajo de corte de material.

Hay cargadores frontales que utilizan bandas o rodajes pero se emplean en aplicaciones forestales o especiales. En sectores de construcción o movimiento de tierra se utiliza el cargador frontal de ruedas, esto ayuda a que pueda transportar material en su cucharón ciertas distancias. Están provistos por tanto de transmisiones que también facilitan la tarea de recorrer estas distancias sin dificultad en el área de trabajo.

Entre sus principales aplicaciones se utiliza para cargar material desde donde se encuentra acumulado e introducirlo en camiones que trasladarán dicho material hacia otro proyecto o lugar. Se utiliza también para cargar y trasladar material, en distancias relativamente cortas dentro de una planta de producción como por ejemplo al utilizarse como parte de un proceso de producción de una planta o cantera de agregados o trituración.

Hay procesos en que los cargadores frontales son parte fundamental para movimiento de tierra en conjunto con otras máquinas. Algunas desprenden material y el cargador lo mueve hacia donde circulan los camiones que transportan el material. Los cargadores frontales miden su rendimiento en base a la capacidad de acarreo en peso que puedan transportar en su cucharón frontal. Hay equipos considerados livianos para uso en movimiento de tierra, agroindustria y construcción. Y equipos de grandes capacidades que son considerados para sector minero.

En la Figura 3 puede observarse un cargador frontal marca Caterpillar y sus principales componentes, se puede observar el cucharón frontal, en la parte trasera posee contrapesos para balancear el equipo cuando el cucharón está lleno y en operación. El cucharón posee una hoja protectora desmontable en su extremo inferior que se conoce como herramienta de corte, la cual evita que el cucharón se desgaste y se tengan que realizar reparaciones de llenado y soldadora en la base del cucharón.

El cargador frontal tiene cilindros de levante son los encargados de proveer los movimientos de levantado y volteo del cucharón. La dirección también es

comandada por el operador desde la cabina por medio de un volante que comanda cilindros hidráulicos de dirección.

El cargador frontal tiene tracción en las cuatro ruedas y un motor de combustión interna que genera la potencia en una bomba hidráulica para habilitar el sistema hidráulico y el motor también crea la potencia para el desplazamiento a través de una transmisión y ejes que cuentan con diferenciales.

Hay diseños de máquinas que no utilizan transmisión y ejes con diferenciales, para eliminar estos componentes se diseña que el sistema hidráulico desplace la máquina a través de motores hidráulicos conectados directamente a las ruedas, a este sistema se le denomina “hidrostático”, Esto reduce componentes que transmiten la potencia mecánica del motor y se comprenden únicamente componentes hidráulicos.

Figura No. 3.  
Cargador frontal marca Caterpillar y sus principales componentes



Fuente: [http://www.cat.com/es\\_ES/products/new/equipment/wheel-loaders/small-wheel-loaders/1000001281.html](http://www.cat.com/es_ES/products/new/equipment/wheel-loaders/small-wheel-loaders/1000001281.html)

### 2.3.3 Excavadora

Las excavadoras son equipos que están provistos de un brazo excavador y el cual puede girar 360 grados. También se desplaza por medio de un sistema de rodaje o cadenas parecido al tractor. La parte superior puede girar sin que la base o rodaje se mueva. El diseño de las excavadoras permite realizar tareas de corte de material suave, carga de material en camiones o combinación de ambas tareas. Se utiliza en aplicaciones de construcción, agregados, movimiento de tierra, minería, forestal y agroindustrial.

Hay opción de excavadoras que utilizan ruedas en vez del rodaje pero es para aplicaciones forestales o de sectores muy especializados que no son muy comunes en nuestro medio, aunque hay más aplicaciones de excavadoras con ruedas que los tractores con ruedas.

El rendimiento de las excavadoras se mide por su capacidad de movimiento de material que realiza por medio de su balde o cucharón. Los cucharones tienen diferentes capacidades de volumen y diseños para cubrir las necesidades de carga, excavación y aplicación que se espera. La cantidad de volumen de material que desplaza el cucharón, también debe ser acarreado bajo tiempos o denominados ciclos que la excavadora tiene en su brazo para mover dicho volumen. De esta forma la excavadora medirá su rendimiento al poder desplazar cierto volumen de material bajo cierta cantidad de tiempo.

Una de las características de la excavadora es poder girar ilimitadamente en la parte superior en cualquier sentido mientras la parte inferior donde se encuentra el rodaje o las cadenas se puede estar estacionaria. Esto contribuye a dar estabilidad y versatilidad a sus movimientos de carga, posicionarse en lugares de difícil accesibilidad o nivelación.

Puede observarse en la Figura 4 una excavadora marca Caterpillar, en la cual puede observarse el brazo excavador como principal herramienta o implemento. El brazo es movido y comandado por medio de cilindros hidráulicos.

El motor de combustión genera la potencia necesaria para que una bomba hidráulica eleve presión en el sistema y la distribuya en sistemas de movimiento del brazo, giro del bastidor y en el traslado de la máquina al accionar los motores hidráulicos que se encuentran acoplados al sistema de rodaje.

Puede observarse el contrapeso que se encuentra ubicado en el lado opuesto al brazo excavador para balancear el equipo cuando se encuentra cargando material.

Figura No. 4.  
Excavadora y sus principales componentes



Fuente: [http://www.cat.com/es\\_ES/products/new/equipment/excavators/small-excavators/1000023161.html](http://www.cat.com/es_ES/products/new/equipment/excavators/small-excavators/1000023161.html)

### 2.3.4 Retroexcavadora

Las retroexcavadoras son los tipos de máquinas más versátiles debido a su cucharón o balde frontal que sirve para acarreo de material, similar al cargador frontal, aunque de menor capacidad y su brazo excavador, igualmente de menor

capacidad al de una excavadora. Por lo que son ideales en tareas específicas en campo sectores de construcción y movimiento de tierra, realizar excavaciones para drenajes, cunetas y cimientos.

El operador de una retroexcavadora debe tener claro la tarea que está realizando y las características de la máquina que debe aprovechar en cada tarea. Durante la excavación utiliza estabilizadores para fijar la máquina. Estos estabilizadores están en los extremos del brazo, al bajarlos y fijar la máquina se obtienen puntos de apoyo fijos y no recae el peso sobre las llantas del equipo mientras se trabaja con el brazo para excavar lo requerido. Durante el acarreo, los estabilizadores deben estar inhabilitados y entonces la máquina se desplaza libremente en sus llantas, dejando al operador centrar su atención en el movimiento del cucharón frontal para acarrear material mientras conduce la máquina.

Figura No. 5.  
Retroexcavadora y sus principales componentes



Fuente: [http://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/backhoe-loaders/center-pivot/18294820.html](http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/backhoe-loaders/center-pivot/18294820.html)

### 2.3.5 Motoniveladora

La motoniveladora tiene funciones más específicas que los equipos anteriores, su principal función es nivelar terrenos o refinar taludes, esto ya sea para construcción de carreteras o terrenos grandes donde se edificarán proyectos habitacionales y comerciales.

Está provista de tres ejes para distribuir el peso y dar estabilidad al momento de nivelar los terrenos y crear el ataque de material. Posee una hoja de ataque que es la encargada de nivelar los terrenos mientras la máquina se desplaza hacia adelante.

La máquina también posee un ripper menos robusto que el que utiliza un tractor de bandas, debido a que está diseñado para atacar a menor profundidad y en terrenos que ya han sido preparados previamente y el corte no requiere un esfuerzo elevado.

Figura No. 6.  
Motoniveladora y sus principales componentes



Fuente: [http://www.cat.com/es\\_ES/products/new/equipment/motor-graders/m-series-motor-graders/18116826.html](http://www.cat.com/es_ES/products/new/equipment/motor-graders/m-series-motor-graders/18116826.html)

### 3. Costos de mantenimiento

Es importante considerar concepto de costo “el costo representa los recursos que han sido, deben o deberían sacrificarse para alcanzar cierto objetivo,” (Billene, 1999). Se espera que un costo sea una representación en precio cuantificable de los recursos que se utilizan para realizar una tarea, cumplir un objetivo o realizar un proyecto. Es el valor en los libros o estados de cuentas y es importante que puedan inventariarse en los libros.

Hay varias formas de clasificar los costos y estos pueden ser por medio de dividirlos en costos directos o indirectos. Los costos directos son atribuibles específicamente a la obtención de los productos o proyectos para llevarse a cabo. Son fácilmente asignables a una línea de producto, un centro de costo o en este caso por ejemplo a un departamento de mantenimiento. Los costos indirectos suelen ser utilizados para varios objetivos y no exclusivamente para el producto o proyecto en cuestión. Así un costo indirecto puede ser una compra de papelería, por ejemplo, que servirá para oficina en varios departamentos o centros de costo.

Al respecto del costo de mantenimiento deben considerarse varios factores para su cálculo y consideración.

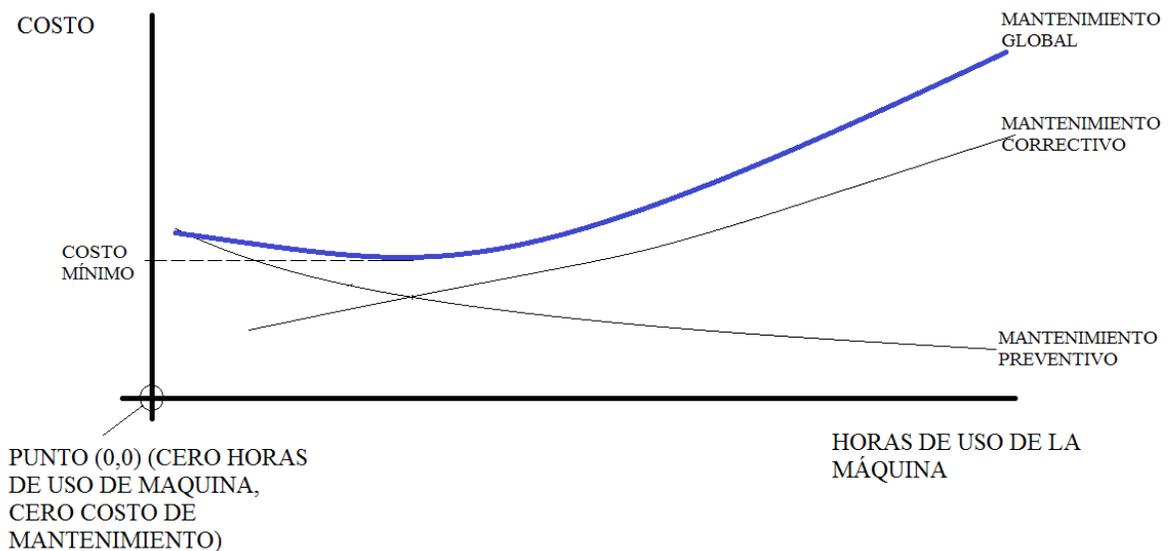
El cálculo de este rubro es similar al de control de calidad. Los promotores del proyecto deberán decidir si esta actividad se realiza dentro de la empresa o si se contrata un servicio externo. Si se decide realizarla internamente existe la misma consideración de necesidades de inversión en equipo, área disponible, personal capacitado, etc., además de que este costo dependerá del tipo de mantenimiento que se pretende dar. Sin importar cual cuál sea la decisión, los costos de producción siempre deberán contener un concepto llamado costos de mantenimiento. (Baca. 2010).

Los costos de mantenimiento en un equipo nuevo deben ser bajos debido a la inversión inicial que se hizo por renovar equipo o adquirir uno nuevo. El costo de mantenimiento preventivo es previsible hasta cierta vida útil de la máquina.

En las máquinas de construcción pueden proyectarse un tiempo de vida útil basado en horas de funcionamiento y uso diario requerido. Las máquinas están provistas de un dispositivo que lleva registro de horas de trabajo acumuladas.

En la Gráfica número 1 se muestra la relación de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo conforme el aumento de horas de operación de los equipos, dando por supuesto que el costo de mantenimiento preventivo sigue rutinas programadas. El costo de mantenimiento correctivo aumenta conforme avanzan las horas de uso acumuladas, como una condición natural de que el equipo se va envejeciendo y su fiabilidad va en disminución. El incremento de esta curva depende de factores como la calidad de la máquina, cuidado del equipo durante la operación y el plan de mantenimiento preventivo que ha sido aplicado.

Gráfica No. 1.  
Relación de costos del mantenimiento conforme el aumento de horas acumuladas de trabajo de la maquinaria



Los costos de mantenimiento implican costos en adquisición de lubricantes, aceites y repuestos. Estos costos no son parte de los costos directos de la producción o bien del giro del negocio de la que una máquina suele ser parte. Como en cualquier proceso de producción o servicio, si “durante el proceso de transformación se incurre tanto en una mano de obra directa como en unos costos indirectos de fabricación indispensables para lograr la conversión de materias primas. A estos costos se les denomina costos de conversión”. (Uribe, 2011).

Es importante determinar los tipos de costo para saber cómo administrarlos en libros de contabilidad y como soporte para toma de decisiones de si es factible adquirir los servicios de mantenimiento de forma total o parcial con otras empresas. “Efectuar una clasificación correcta de la mano de obra como costo fijo o como costo variable es muy importante, ya que una mala clasificación puede conducir a la administración a tomar decisiones equivocadas a partir de información imprecisa sobre cálculos de punto de equilibrio y márgenes de seguridad.” (Uribe, 2011). Esto implica que es recomendable llevar un control desde la adquisición de materiales y repuestos y clasificar estos costos para que posteriormente, este orden ayude en la toma de decisiones.

### **3.1 Costos fijos de mantenimiento**

Los costos fijos de una actividad productiva o comercial “son aquellos que permanecen constantes durante un tramo relevante, el cual está dado por el volumen de actividad, determinado por la capacidad normal de la compañía.” (Uribe, 2011). Hay quienes consideran que los costos del mantenimiento preventivo son fijos, pero esto depende si la actividad de la compañía en que se desempeña la máquina provoca, ya sea una utilización constante o ya sea variable.

La mayoría de costos en el mantenimiento preventivo son repetitivos y se aplican conforme el uso de la máquina. Pero la utilización constante de una

máquina se presenta en pocas aplicaciones y normalmente implica variación según el avance del proyecto en que se usa la máquina.

### **3.2 Costos variables de mantenimiento**

Los costos variables de un proceso o proyecto son directamente proporcionales al aumento de producción. Si un proyecto exige aumento de utilización de horas de la maquinaria, entonces las rutinas de manteniendo se realizan en un intervalo de tiempo más corto, esto únicamente provoca aumento de costo de mantenimiento por hora de utilización de la máquina. Pero bajo condiciones de trabajo en que se conocen condiciones de trabajo que conllevarán a costos en la maquinaria podrían clasificarse como costos variables.

Los costos variables y fijos en ciertos procesos o actividades es difícil saber con exactitud como diferenciarlos, aunque en otros procesos son muy obvios, hay otros que después del análisis “los materiales pueden formar parte tanto de los costos directos como de los costos indirectos de producción o prestación del servicio, y en la mayoría de los casos su magnitud depende de los volúmenes de actividad, convirtiéndolos en costos variables”. (Uribe, 2011).

En algunos estudios se hace el cálculo de costos variables y fijos a través de medios estadísticos. Esto para ayudar a realizar el ajuste en libros contables después de haber realizado los registros durante varios años y ayude a tomar decisiones para mejorar la reducción de costos de mantenimiento.

### **3.3 Costos de mano de obra para mantenimiento de maquinaria**

Los costos de mano de obra conforman uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta “pueden impactar de una manera positiva o negativa los estados

financieros de las organizaciones, reflejándose en variables como las utilidades, la rentabilidad y el flujo de caja libre, entre otras.” (Uribe, 2011).

Hay muchas formas de clasificar la mano de obra que es especializada para el mantenimiento. Sin embargo en el medio existen dos tipos importantes de mano de obra que son objeto de investigación en este trabajo: mano de obra autorizada por el distribuidor y la mano de obra no autorizada. Ambas suelen ofrecer el mantenimiento de maquinaria pero hay diferencias importantes.

### **3.3.1 Técnico autorizado por el distribuidor**

La mano de obra que provee el técnico autorizado por el distribuidor del fabricante de la máquina está dirigida por los procedimientos y estándares del fabricante para realizar el mantenimiento, reparaciones e inspecciones de la máquina específica que el distribuidor local ofrece a sus clientes. El técnico autorizado trabaja en representación del distribuidor que lo ha contratado y capacitado para ofrecer sus servicios de la mano de obra técnica con especialización en los equipos y modelos que venden y distribuyen.

Estos técnicos son profesionales que basan sus criterios de diagnóstico, ejecución de trabajos y asesoría en prevalecer el buen estado de la máquina. Tienen a su disposición el acceso a la información de mantenimiento y diagnóstico del fabricante. Incluso si es necesario tienen también la oportunidad de asesorarse directamente con departamentos de soporte y comunicación técnica de la maquinaria para asesorar a los clientes sobre temas de capacidad y aplicación de maquinaria, soporte técnico y operacional, planes de mantenimientos y actualización de información sobre la maquinaria.

Es importante considerar que el técnico autorizado realiza las reparaciones, los diagnósticos y los servicios de mantenimientos según los manuales del fabricante. Está constantemente actualizado con la información reciente de los

equipos y tiene el soporte técnico y administrativo del distribuidor para apoyar a sus clientes a realizar el mantenimiento adecuado de la maquinaria que ha adquirido.

Los costos de la mano de obra de los técnicos autorizados por el distribuidor son fijados por medio de tarifas. Los precios pueden considerarse de distinta índole debido a que hay rutinas de mantenimiento que pueden estar estandarizadas y las tarifas pueden estar definidas, proporcionando los costos a los clientes de una forma tarifaria sin mayor variación que la inflacionaria que produce un aumento también definido en cierto tiempo.

Pero hay tareas que incurren en costos variables como lo son los diagnósticos y reparaciones de tamaño considerable. Los distribuidores de maquinaria suelen ofrecer a los clientes tarifas que les ayuden a estimar sus costos, como el cobro por hora efectiva de trabajo del técnico interviniendo en la máquina o tarifas fijas estimadas de diagnóstico.

### **3.3.2 Técnico no autorizado por el distribuidor**

El técnico no autorizado provee mano de obra técnica basada en su experiencia y capacidad personal. Suele ser mano de obra de costo más bajo que el técnico autorizado. Hay técnicos que trabajan representando a una compañía que ofrece servicios técnicos y otros que trabajan por su propia cuenta, haciéndose directamente responsables de los servicios que ofrece a sus clientes. Esto provoca que en el mercado se pueda encontrar una gran variación de calidad y de precios.

Pero lo que resulta ser más difícil es determinar la calidad de la mano de obra, pues hay técnicos con mucha experiencia que incluso han tenido experiencias de trabajar en algún momento como técnico autorizado por algún distribuidor. También hay técnicos muy empíricos que no han trabajado específicamente maquinaria de construcción y aplican sus conocimientos para ofrecer servicios técnicos de muy baja calidad y por tanto a un costo que también debería de ser bajo.

Se da el caso también que las compañías cuentan con personal técnico que se encarga de realizar el mantenimiento a todo el equipo y maquinaria, ya sea industrial, automotriz o de construcción. Suelen dar atención a todos los equipos sin discriminación y con respecto a la maquinaria de construcción se asesoran con la información que proporciona el gerente o supervisor del departamento de mantenimiento de la compañía.

La mano de obra que proporciona este otro tipo de técnico no autorizado por el distribuidor también no se encuentra actualizada y suele no realizar todas las tareas de mantenimiento recomendadas en los manuales del fabricante. Con mucha frecuencia no proporcionan efectividad en tareas de diagnóstico y reparación de la maquinaria.

### **3.4 Costos de contratación de servicios**

El sector servicios ha ido en crecimiento constante y la diversidad de ofertas por satisfacer las necesidades se ha ampliado. La calidad del servicio es variable y es necesario analizar también los costos que se generan cuando se ha tomado la decisión de contratar una empresa de servicio para realizar tareas que conlleva mano de obra, capacidad, puntualidad, compromiso, efectividad, eficiencia, precio justo y materiales entre otros.

Las personas que contratan servicios buscan que el desembolso realizado por el servicio cubra un valor que muchas veces solamente quien tiene la necesidad pueda entender este valor. Por esto es que “no obstante, la mayoría son realistas y comprenden que las empresas no siempre pueden proporcionar el nivel de servicio que ellos prefieren”. (Lovelock, 2011). Esto conlleva a niveles de servicio deseado y adecuado y se tiene un nivel limitado de expectativas. Por supuesto que esto debe estar convenido desde un principio y de acuerdo a las circunstancias de contratación del proveedor de servicio.

Hay varias clasificaciones de costos por la contratación de servicios, pero entre los más importantes son los costos de búsqueda, los costos de compra y los costos de supervisión y seguimiento de satisfacción por el servicio brindado.

Entre varias opciones de empresas que ofrecen los servicios de mantenimiento habrá diferentes niveles de compromiso, capacidad técnica, calidad de mano de obra, tiempo de respuesta, capacidad instalada, procesos administrativos y por supuesto precios por los servicios ofrecidos.

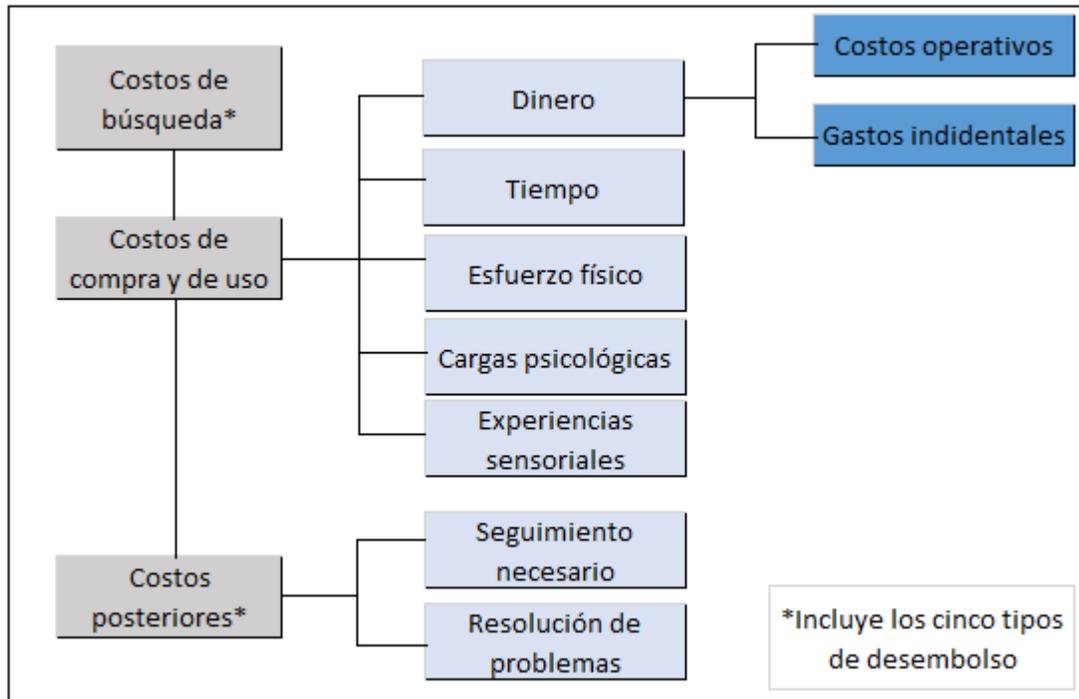
Se puede observar que la diferencia de calidad de mano de obra entre un técnico autorizado por el distribuidor no será ofertada o comercializada de igual forma que la mano de obra de un técnico no autorizado, pero es necesario de igual forma dedicar tiempo a solicitar presupuestos por diferentes servicios. También se generan costos si se quiere comparar la calidad de los trabajos realizados, esto implica realizar las tareas de búsqueda, contratación y supervisión para cada prueba que se ha realizado.

Al aplicar los costos de contratación para los técnicos calificados o comprobar la calidad de la mano de obra, ya sea de distribuidor autorizado o no, de igual forma hay que supervisar ambos servicios después de haberse ejecutado los trabajos y también dar seguimiento, sin distinción, si el servicio brindado cumplió con las expectativas.

Algunas veces los encargados de mantenimiento buscan solamente mano de obra no calificada para realizar trabajos mecánicos y que serán supervisados directa y constantemente por un empleado de la compañía, pero esto también requiere costo de supervisión más que del costo de la mano de obra calificada o de comprobación de la calidad del servicio prestado.

En la Figura número 7 se esquematiza un resumen de los costos incurridos por la contratación de un servicio. Se observa las diferentes actividades administrativas que deberá llevar la persona que contrata el servicio ya sea directamente o por medio de un departamento de compras que realiza la gestión de selección y contratación de los servicios.

Figura No. 7.  
Costos en que incurre el usuario de un servicio



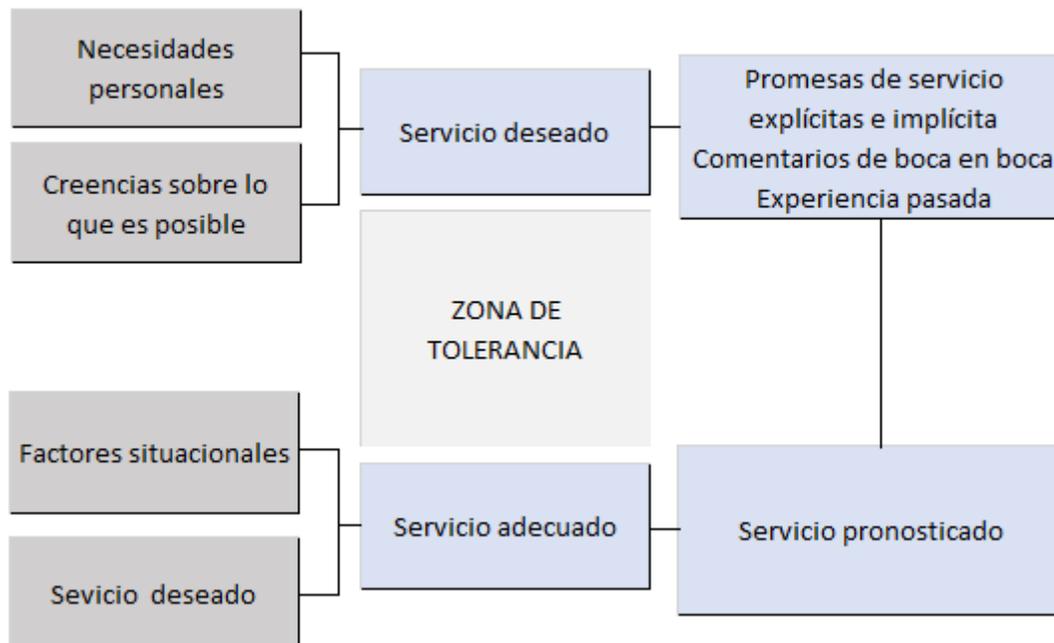
Fuente: Lovelock. (2011).

Las expectativas del servicio contratado están directamente relacionadas con los costos del servicio. Si el costo es alto, la expectativa de la calidad del servicio es alta. Si el costo comparado con la competencia es bajo, la expectativa debe considerarse y entonces se amplía una zona de tolerancia con respecto al trabajo final.

En la Figura número 8 se visualiza la relación del servicio deseado con la del servicio adecuado, dejando de por medio la zona de tolerancia, la cual es considerada como “el nivel de servicio en el que los clientes no ponen una atención especial al desempeño del servicio, en contraste, cuando el servicio se sale de este nivel, los clientes reaccionarán de manera positiva o negativa”. (Lovelock, 2011), Entre más elevado es el precio de un servicio, la zona de tolerancia se hace más pequeña.

Si el desempeño está por debajo del nivel del servicio adecuado causará insatisfacción causando que exista reclamo por el servicio realizado o, el peor de los casos para el contratista, ya no se considere nuevamente su contratación y que se busquen otras opciones con la competencia.

Figura No. 8.  
Factores que influyen en las expectativas de servicio



Fuente: Lovelock. (2011).

#### 4. Análisis costo-beneficio

El análisis de los costos de un proyecto o proceso busca hacer una consideración general de los costos incurridos para de obtener los resultados esperados. En base a lo anterior, un análisis de costos se concentra en revisar cantidades que están registradas en los libros contables y que han sido los montos

necesarios para llevar a cabo el objetivo, proyecto o proceso durante un período de tiempo determinado.

El beneficio es el ingreso obtenido en un proyecto menos los costos totales incurridos. Según varios autores determinan que el beneficio desde el punto de vista contable, el beneficio es la diferencia entre los ingresos totales obtenidos y los gastos para obtenerlos durante un período económico.

Un análisis costo- beneficio entonces conlleva realizar un análisis de costos y seleccionar las mejores opciones para que, económicamente, se seleccione la mejor forma de obtener los más altos beneficios posibles. Por supuesto esto conlleva una serie de estudios y labor de registros para luego comparar y analizar las opciones más rentables.

Hay varias herramientas para realizar análisis económicos y es necesario analizar cuales podrían aplicarse en cada caso. “El estudio de la evaluación económica es la parte final de toda secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto”. (Baca. 2010). Esto implica que los procesos deben llevar un registro contable, un registro de calidad y control de costos, reunir toda la información y luego analizarla para tomar la decisión o estrategia que regirá el proceso.

#### **4.1 Enfoque costo-beneficio**

Los administradores deben continuamente tomar decisiones con la asignación de recursos y la forma en que se llevan a cabo los costos. “Los recursos tienen que gastarse si con ellos se van a alcanzar las metas de la compañía en relación a los costos esperados de esos recursos. Los beneficios que se esperan del gasto deberían exceder a los costos esperados”. (Horgren. 2007).

Hemos visto que es relativamente más sencillo cuantificar la totalidad de los costos que clasificarlos. Una vez es requerido un recurso para llevar a cabo el mantenimiento de una máquina, este recurso es un costo que debe absorberse,

pues definitivamente forma parte de mantener disponibilidad del equipo y el equipo es necesario para realizar alguna tarea del proyecto. Entonces de los costos totales de mantenimiento puede llevarse registro e incluirse como parte de los costos que deben absorberse para considerarlos en la ecuación del beneficio:

Beneficio = Ingresos - costos

Beneficio económico = Ingresos totales - costo de oportunidad de sus recursos.

Beneficio contable = Ingresos totales – costos explícitos – amortizaciones.

#### **4.2 Análisis económico**

“Se ocupa del estudio de la situación económica de la empresa en cuanto a la rentabilidad de los recursos invertidos y a la eficiencia o productividad de la actividad”. (Mora, 2008). Para aplicar el análisis “La información básica a utilizar procede de la contabilidad financiera y analítica”. (Mora, 2008). El análisis económico establece la rentabilidad ya sea por las líneas de productos, centros de costo, actividades auxiliares o segmentos de la actividad global que realiza la empresa.

#### **4.3 Análisis financiero**

El análisis financiero “se ocupa de establecer la situación de la empresa para hacer frente en cantidad y plazo, mediante la capacidad de generación de liquidez por parte de sus activos” (Mora, 2008). Los elementos principales del análisis financiero son: “los flujos de efectivo, indicadores de liquidez, endeudamiento y apalancamiento financiero, solvencia a corto y largo plazo”. (Mora, 2008).

#### **4.4 Análisis técnico**

Este es un análisis que se realiza en conjunto con un análisis estratégico o financiero, “se ocupa de determinar las características técnicas (industriales, maquinaria, materias primas, equipamiento general, etc.) que permitan determinar las restricciones o características físicas y de funcionamiento”. (Mora, 2008).

El principal aporte del análisis técnico es proporcionar una visión real de un proceso o proyecto para tener consideraciones no sólo numéricas o de cálculo. Hay consideraciones que no pueden incluirse en un reporte económico y entonces se explican en un reporte técnico. La labor de los administradores y gerentes financieros es también recopilar y considerar la información técnica operativa para la toma de decisiones.

#### **4.5 Métodos de evaluación**

Cuando se cuenta con información suficiente para realizar un análisis y empieza el proceso de toma de decisión surge la duda del método de análisis que podría utilizarse para comprobar la rentabilidad económica del proyecto. Hay métodos que se consideran como una opción y que toman en consideración el valor del dinero a través del tiempo. Estos métodos consideran esta variable debido a que el dinero disminuye su valor con el paso del tiempo y la tasa que se asocia a esta idea es próxima al nivel de inflación donde se esté analizando el proyecto.

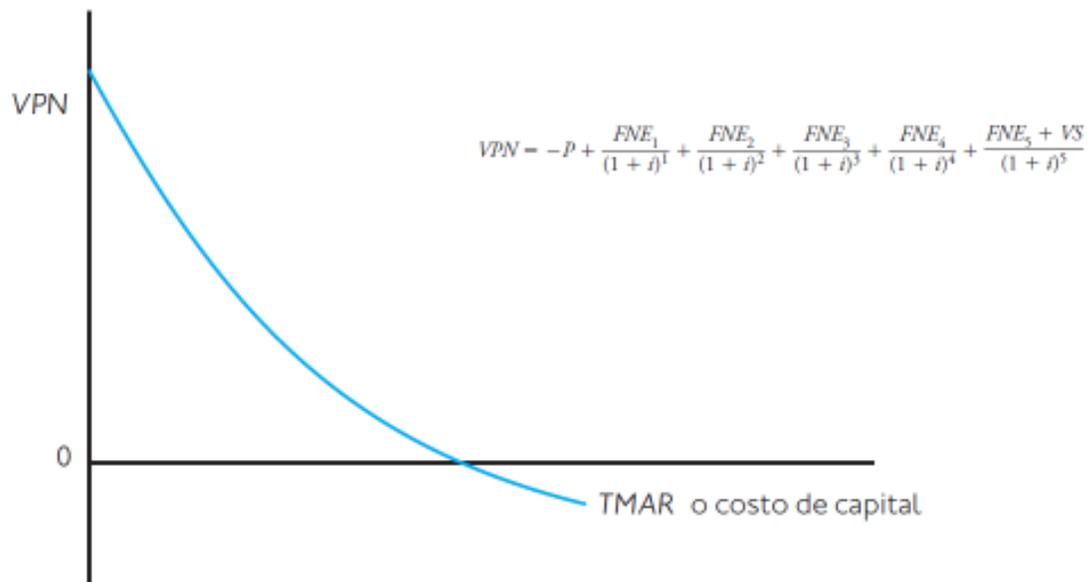
##### **4.5.1 Valor presente neto VPN**

El valor presente neto normalmente se representa con sus iniciales VPN. “Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.” (Baca. 2010). Cuando se tiene la información de los flujos netos

de efectivo, se puede aplicar esta herramienta para saber si un proyecto es conveniente o no en cierto período de tiempo. El procedimiento implica “sumar los flujos descontados en el presente y restar la inversión inicial equivale a comparar todas las ganancias esperadas contra todos los desembolsos necesarios para producir esas ganancias”. (Baca. 2010).

En la gráfica número 2 se observa el comportamiento del costo de capital que se representa en este caso como la tasa mínima aceptable de rendimiento TMAR. El valor presente neto es inversamente proporcional a la tasa de interés.

Gráfica No. 2.  
Relación de VPN vs. Tasa de interés



Fuente: (Baca. 2010).

Se observa que si la tasa de interés es cero el VPN es máximo y conforme aumenta el interés el VPN disminuirá hasta llegar a cero en cierto punto de interés e incluso si el interés sigue aumentando el VPN será negativo. Al realizar el análisis e

interpretar el resultado se observa que un proyecto es recomendable si el valor presente neto es mayor que cero y no es recomendable si es menor que cero. Se da el caso especial cuando el valor presente neto es igual a cero, se presenta la situación que se está ganando la tasa de interés, generando lo mínimo posible con este interés y por lo tanto, el proyecto también debería recomendarse.

#### **4.5.2 Tasa interna de rendimiento TIR**

La tasa interna de rendimiento “es la tasa de descuento por la cual el valor presente neto VPN es igual a cero. Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial”. (Baca. 2010). Tal como se observó en el VPN, este porcentaje es el mínimo que puede esperarse para recomendar un proyecto y “se le llama tasa interna de rendimiento porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad”. (Baca. 2010).

Para el criterio de si un proyecto es recomendable o no “ Si el TIR es mayor que la TMAR, acepte la inversión; es decir, si el rendimiento de la empresa es mayor que el mínimo fijado como aceptable, la inversión es económicamente rentable. (Baca. 2010).

#### **4.5.3 Razones financieras**

Este método de evaluación no considera el valor del dinero a lo largo del proyecto y no se basa en el análisis de rentabilidad económico, la evaluación se realiza con el aspecto financiero de la empresa. Se considera que el administrador tiene fuertes conocimientos financieros para llevar el control y realizar la evaluación de la situación de la empresa, requiere de fortaleza en áreas contables e inventarios.

Entre los tipos básicos de razones financieras encontramos razones de liquidez, tasas de apalancamiento, tasas de actividad y tasas de rentabilidad.

### III. JUSTIFICACIÓN

Los clientes que adquieren maquinaria Caterpillar recurren cada vez más a contratar personal no calificado para realizar el mantenimiento de su equipo. Se consideró necesario realizar un estudio para conocer y comparar los costos del distribuidor autorizado de la maquinaria Caterpillar, Gentrac, con los costos al contratar personal ajeno a la empresa, no calificado; además de analizar si el porcentaje de ahorro de los clientes justifica arriesgar el desempeño, depreciación y garantía de la maquinaria.

La diversificación, competencia desleal, globalización y otros factores han ocasionado que no se cuente con información actualizada para tener una referencia del ahorro que los clientes, propietarios de la maquinaria, tienen al contratar mano de obra de Gentrac o de técnicos externos no especializados.

Este trabajo pretende apoyar a los clientes de Gentrac que contratan personal técnico para ejecutar tareas de mantenimiento preventivo. Al realizar el análisis de costos y compararlos con beneficios que se obtienen al contratar a técnicos del distribuidor autorizado, se obtendrá información para tomar la mejor opción referente a mano de obra que cumpla con las expectativas de calidad, costo y beneficio.

## IV. OBJETIVOS

### **General.**

Realizar un análisis comparativo Costo-Beneficio, de la contratación de personal técnico del distribuidor versus personal técnico externo no calificado, para el mantenimiento de maquinaria Caterpillar en Guatemala.

### **Específicos.**

- Analizar los costos de mantenimiento ofrecidos por el distribuidor para maquinaria Caterpillar en Guatemala, Gentrac.
- Conocer las opciones que ofrece el mercado, obtener información sobre costos de mano de obra para el mantenimiento a maquinaria Caterpillar.
- Obtener el costo comparativo entre las opciones del distribuidor autorizado y su competencia.

## **V. METODOLOGÍA**

### **5.1 Tipo de estudio**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo mediante el proceso de evaluación de costos en dos ámbitos distintos. Fue un estudio no experimental, debido a que se realizaron investigaciones de situaciones que ya están establecidas en una parte del sector comercial de maquinaria para construcción y su mantenimiento.

### **5.2 Unidades de análisis**

Propietarios y administradores de maquinaria marca Caterpillar que toman la decisión de contratar personal para realizar el mantenimiento a su maquinaria.

Técnicos que brindaron datos sobre costos de mantenimiento que ofrecen a sus clientes y que compran los insumos en Gentrac.

### **5.3 Método para obtención de la información**

- El primer paso de la investigación consistió en conocer los costos de la mano de obra para mantenimiento de la maquinaria Caterpillar, según el distribuidor autorizado, Gentrac.
- Datos importantes que inciden en la toma de decisión de los clientes, los cuales consisten en conocer los costos de viaje y kilometraje que conlleva contratar la mano de obra de Gentrac.
- Investigación de campo sobre costos que los clientes pagan por la mano de obra contratada en talleres pequeños o de mecánicos no calificados para trabajar los mismos equipos mencionados en la etapa anterior.

- Entrevistas y encuestas a técnicos que prestan servicios de mantenimiento para con el propósito de conocer sus impresiones sobre el mercado; así como a clientes que no utilizan la mano de obra que ofrece Gentrac, para conocer el nivel de preferencia y utilización del servicio.

#### **5.4 Método de análisis de la información**

Análisis comparativo a través del uso de porcentajes relativos de los costos de mantenimiento de ambas opciones. Debido a que los costos de mantenimiento no son considerados normalmente como inversión sino como gastos de operación no fue posible realizar comparaciones sobre la tasa interna de retorno (TIR) ni el valor actualizado neto (VAN) como medidas independientes, sino que fueron analizados los costos y los porcentajes relativos para obtener el ahorro que sugiere el obtener la mano de obra no calificada comparada con la que ofrece el distribuidor autorizado.

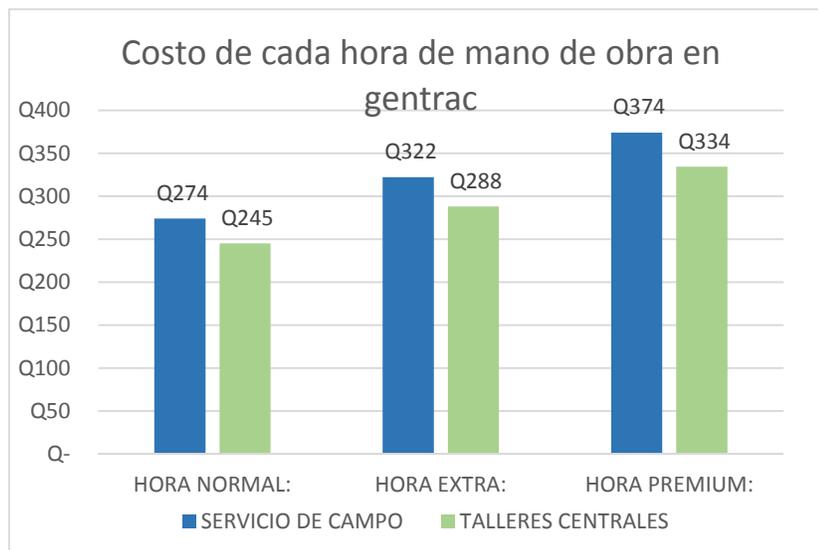
## VI. RESULTADOS

Los precios de mano de obra que Gentrac ofrece a sus clientes para el mantenimiento preventivo de maquinaria Caterpillar, están basados en tarifas por hora de mano de obra de su personal técnico. Cada hora tiene un precio establecido que la gerencia determina como el valor a cobrar a los clientes, tanto por mantenimiento, diagnóstico y reparaciones. En la Tabla número 3 se muestra el precio de cada hora fijado como tarifa de cobro al cliente, tanto en mano de obra en servicio de campo como las tarifas para las horas de los trabajos que se realizan en las instalaciones de los talleres de Gentrac.

Tabla No. 3.  
Costos de las horas de mano de obra en los talleres de Gentrac

COSTO DE CADA HORA DE MANO DE OBRA DE LOS TECNICOS DE GENTRAC					
SERVICIO DE CAMPO			TALLERES CENTRALES		
HORA NORMAL:	Q274	\$ 35	HORA NORMAL:	Q 245	\$ 32
HORA EXTRA:	Q322	\$ 42	HORA EXTRA:	Q 288	\$ 37
HORA PREMIUM:	Q374	\$ 48	HORA PREMIUM:	Q 334	\$ 43

Gráfica No.3.  
Costo de mano de obra de los técnicos de Gentrac en campo y talleres centrales



El costo de la hora de trabajo, eventualmente sufre modificación según la inflación, estudio de mercado o alguna condición especial en las negociaciones con los clientes corporativos o por contrato. Estos precios fueron establecidos en el 2014, los cuales no han sufrido ninguna modificación desde entonces.

Cada servicio tiene establecida la cantidad de horas para realizar el servicio a los clientes. En general, se presenta la cotización al cliente en horario hora normal, pues se establece que el servicio de mantenimiento no se realizará en horas extras, a menos que el cliente solicite el servicio en horario especial. En la Tabla número 4 se muestra las horas establecidas en cada servicio y el costo total que resulta por cada servicio.

Tabla No. 4.  
Costos de los servicios de mantenimiento en base a las horas según tarifas establecidas

<b>COSTO MANO DE OBRA POR SERVICIO</b>		
SERVICIO	HORAS	COSTO
250 HORAS	4	Q 1,096
500 HORAS	4	Q 1,096
1000 HORAS	8	Q 2,192
2000 HORAS	12	Q 3,288

El costo de los servicios de mantenimiento incluye también el rubro de los gastos del kilometraje. Cada kilómetro recorrido tiene una tarifa establecida que es de Q5.73. Esto implica que para cotizar el envío de un técnico a un lugar del país, es necesario realizar el cálculo de la distancia, ida y vuelta, que se recorre para trabajar.

Al contratar la mano de obra de Gentrac, para realizar servicios de mantenimiento preventivo en algún lugar del país, es necesario incluir las tarifas del gasto de viaje y kilometraje. No es posible únicamente contratar la mano de obra,

por esta razón es necesario considerar los gastos que implica el kilometraje como parte de la contratación de la mano de obra del técnico de Gentrac.

En la Tabla número 5 se presentan ejemplos de costos para enviar un técnico a varios puntos del país. Debido a que hay sucursales y talleres de Gentrac en Quetzaltenango y Zacapa, hay puntos que geográficamente son atendidos por estos dos talleres y entonces el cálculo de kilómetros de distancia recorrida a cotizar o cobrar se hace desde la sucursal más próxima.

Tabla No. 5.  
Ejemplos de costos de kilometraje según tarifas establecidas en Gentrac

<b>COSTO DE KILOMETRAJE POR ENVÍO DE TÉCNICO</b>				
LUGAR	UNITARIO (Q)	DISTANCIA (KMS)	DESDE	TOTAL (Q)
ESCUINTLA	5.73	96	GUATEMALA	550.08
CHIMALTENANGO	5.73	104	GUATEMALA	595.92
JUTIAPA	5.73	236	GUATEMALA	1352.28
SAN MARCOS	5.73	96	QUETZALTENANGO	550.08
HUEHUETENANGO	5.73	180	QUETZALTENANGO	1031.4
PUERTO BARRIOS	5.73	348	TECULUTAN	1994.04

Los resultados de la pregunta número 1 se muestran en la Tabla 6. Se visualizan estos mismos resultados en la Gráfica número 4.

Tabla No. 6.  
¿Qué opción utiliza usted para realizar el mantenimiento preventivo de su maquinaria Caterpillar?

¿QUÉ OPCION UTILIZA USTED PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SU MAQUINARIA CATERPILLAR?		
OPCIÓN	F	%
Gentrac	2	8
Técnico propio	10	40
Técnico subcontratado	13	52
Otro	0	0
Total encuestados	25	100

Gráfica No. 4.  
¿Qué opción utiliza usted para realizar el mantenimiento preventivo de su maquinaria Caterpillar?



Los resultados de la pregunta número 2 se muestran en la Tabla 7. Se visualizan estos mismos resultados en la Gráfica número 5.

Tabla No. 7.  
¿Por qué utiliza usted esta opción?

¿POR QUÉ UTILIZA ESTA OPCIÓN?		
OPCIÓN	F	%
Por precio	20	80
Porque es lo mejor para la máquina	1	4
Porque es lo mejor para la operación de su empresa	2	8
Otro	2	8
Total encuestados	25	100

Gráfica No. 5.  
¿Por qué utiliza usted esta opción?



Los resultados de la pregunta número 3 se muestran en la Tabla 8. Se visualizan estos resultados en la Gráfica número 6.

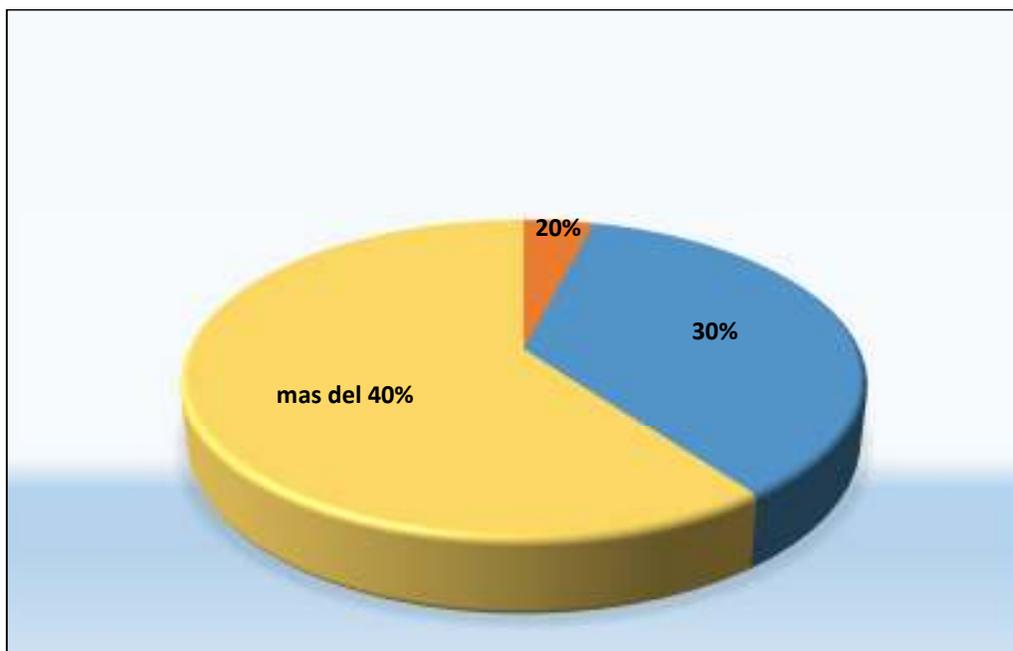
Tabla No. 8.

Si usted no utiliza el servicio de mano de obra ofrecido en Gentrac por el precio, ¿Cuánto considera usted que es lo que se ahorra respecto a la opción que utiliza actualmente?

SI USTED NO UTILIZA EL SERVICIO DE MANO DE OBRA OFRECIDO EN GENTRAC POR EL PRECIO, ¿CUANTO CONSIDERA USTED QUE ES LO QUE SE AHORRA RESPECTO A LA OPCIÓN QUE UTILIZA ACTUALMENTE?		
OPCIÓN	F	%
10%	0	0
20%	1	4
30%	9	36
Más del 40%	15	60
Total encuestados	25	100

Gráfica No. 6.

Si usted no utiliza el servicio de mano de obra ofrecido en Gentrac por el precio, ¿Cuánto considera usted que es lo que se ahorra respecto a la opción que utiliza actualmente?



Los resultados de la pregunta número 4 se muestran en la Tabla 9. Se visualizan estos resultados en la Gráfica número 7.

Tabla No. 9.

Si usted no utiliza el servicio de Gentrac por el precio ¿Qué considera que es lo que más eleva el costo en Gentrac?

SI USTED NO UTILIZA EL SERVICIO DE GENTRAC POR EL PRECIO, ¿QUÉ CONSIDERA QUE ES LO QUE MAS ELEVA EL COSTO EN GENTRAC?		
OPCIÓN	F	%
Mano de obra	15	60
kilometraje	6	24
repuestos	4	16
otro	0	0
Total encuestados	25	100

Gráfica No. 7.

Si usted no utiliza el servicio de Gentrac por el precio ¿Qué considera que es lo que más eleva el costo en Gentrac?



Los resultados de la pregunta número 5 se muestran en la Tabla 10. Se visualizan estos resultados en la Gráfica número 8.

Tabla No.10

Pregunta número 5: Si usted no utiliza el servicio de Gentrac ¿qué considera que se debe mejorar para que usted pueda decidirse por los servicios de Gentrac?

SI USTED NO UTILIZA EL SERVICIO DE GENTRAC ¿QUÉ CONSIDERA QUE SE DEBE MEJORAR PARA QUE USTED PUEDA DECIDIRSE POR LOS SERVICIOS DE GENTRAC?		
OPCIÓN	F	%
Precio	23	53
Tiempo de atención	15	34
Comunicación	5	11
Otro	0	0
Total encuestados	25	100

Gráfica No.8

Pregunta número 5: Si usted no utiliza el servicio de Gentrac ¿qué considera que se debe mejorar para que usted pueda decidirse por los servicios de Gentrac?



Pregunta número 6: se preguntó a dos personas de los entrevistados, cuánto cobra un técnico ajeno a Gentrac, por realizar los servicios de mantenimiento, los resultados se presentan en la Tabla 11.

Tabla No.11.

Si usted contrata por su cuenta a un técnico para realizar los servicios de mantenimiento a su máquina ¿puede indicar cuánto le cobra por el servicio?

PRECIOS DE LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO POR UN TÉCNICO SUBCONTRATADO		
DE 250 HORAS	Q 1,500.00	Q 1,800.00
DE 1000 HORAS	Q 8,000.00	Q 7,000.00
DE 2000 HORAS	Q 12,000.00	Q 13,000.00

## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Debido a que son varios rubros los que se contemplan en los costos del servicio de mantenimiento que provee el distribuidor de maquinaria Caterpillar Gentrac, el interesado en adquirir los servicios de la empresa debe tomar en cuenta varios aspectos incluidos en el precio de oferta del mantenimiento.

La mano de obra contempla la cantidad de horas, según el tipo de servicio solicitado, si es de 250 o 500 horas (que es el mismo precio), de 1,000 o 2,000 horas.

El kilometraje se refiere a la cantidad de kilómetros que son necesarios recorrer para realizar el servicio. En lugares alejados de la ciudad capital, pero cerca de una de las dos sucursales, el cálculo de la distancia a recorrer se realiza desde la sucursal más cercana, por lo que resulta una reducción en los costos por kilometraje.

De acuerdo al modelo y serie de la máquina se determina la cantidad de lubricantes y filtros para realizar el servicio de mantenimiento.

El precio de un servicio de mantenimiento puede variar según:

- Tipo de servicio, ya sea de 250 horas, 500 horas, 1,000 horas o 2,000 horas.
- Distancia en kilómetros de ida y vuelta para llegar a trabajar la máquina.
- Cantidad de filtros y lubricantes específicos para cada modelo y serie de máquina.

En los resultados de la encuesta realizada a propietarios o administradores de maquinaria Caterpillar se encontró que una pequeña minoría contrata a Gentrac para que realice el mantenimiento preventivo de los equipos, esto debido a los costos más elevados de la empresa. Por tal motivo, la mayoría opta por otra opción, independientemente de la calidad del servicio, ya que el mantenimiento se realiza con personal no calificado.

Las personas encuestadas indican que los operadores de la maquinaria son buenos técnicos para realizar el mantenimiento, debido a que conocen el equipo y obtienen un considerable ahorro en costos, al pagar solamente a una persona y no transportar personal adicional para realizar el mantenimiento.

La pregunta número dos en la que se consulta sobre las razones por las que seleccionan esta forma de realizar el mantenimiento, la respuesta es abrumadora, pues la decisión la toman con base en el precio más económico. Muy pocos de los entrevistados consideran que los factores de buscar la mejor opción para la máquina o para la operación de la empresa en que trabajan son determinantes para definir la forma de realizar el mantenimiento.

En comentarios sobre si hay alguna otra razón por la que seleccionan esta forma de mantenimiento, indican que hay puntos medios en que se preocupan por el estado de la máquina, por lo que compran repuestos originales y lubricantes de alta calidad. Pero con la mano de obra seleccionan la opción de más bajo precio. Según lo observado, los clientes consideran que los factores que más inciden en preservar la máquina en buen estado son, en su orden:

- Instalar filtros originales.
- Utilizar lubricantes de alta calidad.
- Utilizar mano de obra calificada.

Debido a esta apreciación, seguramente los clientes toman la decisión de contratar la mano de obra de más bajo precio, ya que consideran que es uno de los factores que menos inciden en preservar de mejor manera la máquina. De esta forma dan prioridad en el presupuesto disponible para el mantenimiento, en adquirir repuestos que sean originales o los lubricantes de la mejor calidad posible.

La pregunta tres va dirigida a clientes de Gentrac que no contratan la mano de obra que ofrece la empresa. El objetivo principal de esta pregunta es conocer la opinión de los clientes sobre lo que se ahorran al no utilizar los servicios de Gentrac.

Los resultados obtenidos muestran un importante dato, muchos clientes consideran que ahorran entre 30 a 40 por ciento. Algunos clientes indicaron que el ahorro es de más del 50 por ciento.

La pregunta cuatro está relacionada a la pregunta tres, debido a que si la opción seleccionada es nuevamente por el precio, cuáles consideran que sean los factores que incrementan el valor del servicio de Gentrac. En su orden, consideran que el monto de la mano de obra es el que más eleva el servicio, seguido de los gastos de viaje y kilometraje y, por último, los repuestos.

Si se relacionan los datos obtenidos en las preguntas tres y cuatro con los datos obtenidos en los precios de las tarifas de mano de obra de Gentra, según la Tabla 4, es posible que los clientes consideren que el costo de la mano de obra es alta, pero el cálculo muestra que los precios de solo la mano de obra no son tan inaccesibles como consideran, pero cuando agregan los gastos del kilometraje, terminan por realizar los mantenimientos por su propia cuenta.

Lo anterior también lo expresan muchos entrevistados al indicar que el costo de viaje y kilometraje de Gentrac es muy elevado. Si la máquina se encuentra en un lugar alejado a la empresa, el precio resulta inaccesible para ellos.

Hay técnicos empíricos cuyo costo de mano de obra es muy bajo y cobran una sola cuenta, por lo que en apariencia el cliente no paga por el viaje y kilometraje.

La pregunta cinco en relación a las recomendaciones de los clientes a Gentrac para considerar contratar sus servicios, los entrevistados indicaron que, después del precio, consideran el tiempo de atención. Algunos clientes manifestaron que el tiempo de respuesta para coordinar el servicio es considerablemente largo, lo cual afecta sus intereses.

Con la última pregunta se intentaba conocer los precios que el cliente paga por las distintas rutinas de mantenimiento, con la finalidad de comparar dichos costos con los de Gentrac. Las respuestas fueron muy escuetas, lo que indica que los clientes consideran este tema como confidencial. Por lo que no se logró obtener información suficiente para conocer el mercado. Algunos clientes indicaron que no

tienen claro el costo directo o no pueden proporcionar la información, ya sea por mantener la confidencialidad o no tienen los datos disponibles.

## VIII. CONCLUSIONES

- Se desarrolló el análisis de los costos y los beneficios de la mano de obra del distribuidor autorizado, comparándolos con otras opciones disponibles. Se concluye que los clientes consideran secundario mantener el equipo en las mejores condiciones posibles para la reventa, con tal de reducir costos de mantenimiento.
- Los precios que ofrece Gentrac están basados en tarifas ya establecidas. Son precios que comprenden los rubros de mano de obra, gastos de viaje y kilometraje, así como repuestos. Cada cotización que se genera a cada cliente se elabora de forma automática, basada en los datos que el cliente provee de modelo, serie, tipo de servicio y ubicación de la máquina.
- La forma en que los clientes realizan el mantenimiento a su maquinaria es muy variada. Adicional a las opciones que brinda Gentrac, subcontratan a un técnico no calificado, realizan el servicio ellos mismos o por el operador de la máquina. Estas opciones dan la impresión al cliente que ahorran dinero.
- Los clientes consideran que al comparar los precios de Gentrac con la opción que utilizan para realizar el mantenimiento, obtienen 40 por ciento de ahorro. Algunos mencionan hasta más de 50 por ciento, a costa de la calidad del servicio.

## **IX. RECOMENDACIONES**

- Gentrac debe realizar estudios de mercado y ofrecer ofertas, premios o descuentos a los clientes para obtener su fidelidad y dar a conocer las ventajas de los servicios que ofrece su departamento de servicios técnicos.
  
- Los administradores del mantenimiento preventivo de maquinaria Caterpillar deben evaluar eventualmente los factores de calidad respecto a mano de obra, repuestos y lubricantes para el adecuado funcionamiento de su maquinaria; no considerar solamente los precios bajos como prioridad para la toma de decisiones en planes de mantenimiento preventivo.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Avalone, E. & Theodore B. (1995). *Manual del Ingeniero Mecánico*. México: Mcgraw Hill.
2. Baca, G. (2007). *Fundamentos de ingeniería económica*. (5ª ed.). México: McGraw Hill.
3. Baca, G. (2010). *Evaluación de proyectos*. (7ª ed.). México: McGraw Hill.
4. Barroso, F. (2008). *Gestión del mantenimiento*. España: Espoch.
5. Berry, L. (2002). *Un buen servicio ya no basta: cuatro principios del servicio excepcional al cliente*. Colombia: Editorial Norma.
6. Caterpillar Inc. (2013). *Caterpillar Performance Handbook*. U.S.A.: Caterpillar Inc
7. Cuatrecasas, L. (2010). *Gestión integral de la calidad. Implantación, control y certificación*. Barcelona. España: Profit.
8. De La Fuente, D. & Fernandez, I. (2006). *Administración de empresas en ingeniería*. España: Universidad de Oviedo.
9. Duffuaa, S. (2006). *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. México: Limusa.
10. Fontalvo, T. & Vergara, J. (2010). *La gestión de la calidad en los servicios ISO 9001:2008*. España: Eumed.
11. García, S. (2003). *Organización y gestión integral de Mantenimiento*. España: Díaz de santos.
12. García, S. (2011). *La contratación del mantenimiento industrial*. España: Díaz de santos.
13. Gatica, R. (2000). *Mantenimiento industrial*. México: Trillas.
14. Gonzalez, F. (2004). *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión*. España: Fc editorial.

15. Gonzalez, F. (2005). *Mantenimiento industrial avanzado*. España: Fc editorial.
16. Gutierrez, M. (2004). *Administrar para la calidad*. Conceptos administrativos del control de calidad total. México: Editorial Limusa.
17. Hernandez, Á. (2013). *Mecánica y seguridad Industrial*. Madrid. España: Cultural, S.A.
18. Hill, C. (2005). *Administración estratégica*. México: McGraw Hill.
19. Horngren, C., Datar, S. & Foster, G. (2007). *Contabilidad de costos*. (12<sup>a</sup> ed.) México: Pearson educación.
20. Horngren, C., Sunden, G., & Stratton, W. (2006). *Contabilidad Administrativa*. México: Prentice Hall.
21. Huaman, T. (2011), *Contabilidad básica*. Perú: San Marcos.
22. Illera, C. (2006). *Administración de empresas*. España: Editorial universitaria Ramón Areces.
23. Longenecker, J., Petty, W., Palich, L. & Hoy, Frank. (2012). *Administración de pequeñas empresas*. México: Cengage Learning.
24. Lovelock, C. (2011), *Administración de servicios*. (2<sup>a</sup> ed.), México: Prentice Hall.
25. Lownds, H. (1993). *Manual de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada*. México: McGraw Hill.
26. Luthans, F. (2008). *Comportamiento organizacional*. México: McGraw Hill.
27. Mora, A. (2008). *Diccionario de contabilidad, auditoría control de gestión*. España: Editorial del economista.
28. Münch, L. (2010), *Administración. Gestión organizacional, enfoques y proceso administrativo*. México: Pearson educación.

29. Parra, C. & Crespo, A. (2012). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos*. España: Ingeman.
30. Robbins, S. & Coulter, M. (2005), *Administración*. México: Pearson educación.
31. Sarabia, J. & Pascual, M. (2005). *Curso básico de estadística para economía y administración de empresas*. España: Universidad de Cantabria.
32. Souris, J. (1992). *Mantenimiento: fuente de beneficios*. España: Díaz de santos.
33. Uribe, R. (2011). *Costos para la toma de decisiones*. Colombia: McGraw Hill.
34. Van Horne, J. & Wachowicz, J. (2002). *Fundamentos de administración financiera*. México: Pearson Educación.
35. Wheelen, T. & Hunger, D. (2007). *Administración estratégica y política de negocios*. México: Pearson educación.

## XI. ANEXOS

### ENCUESTA REALIZADA

**1. ¿QUE OPCIÓN UTILIZA USTED PARA REALIZAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SU MAQUINARIA CATERPILLAR?**

GENTRAC \_\_\_\_\_ TÉCNICO PROPIO \_\_\_\_\_ TÉCNICO SUB  
CONTRATADO \_\_\_\_\_ OTRO \_\_\_\_\_

**2. ¿PORQUE UTILIZA ESTA OPCIÓN?**

POR PRECIO \_\_\_\_\_ PORQUE ES LO MEJOR PARA LA MÁQUINA \_\_\_\_\_ PORQUE ES  
LO MEJOR PARA LA OPERACIÓN DE SU  
EMPRESA \_\_\_\_\_ OTRO \_\_\_\_\_

**3. SI USTED NO UTILIZA EL SERVICIO DE MANO DE OBRA OFRECIDO EN GENTRAC POR EL PRECIO, ¿CUANTO CONSIDERA USTED QUE ES LO QUE SE AHORRA RESPECTO A LA OPCIÓN QUE UTILIZA ACTUALMENTE?**

10% \_\_\_\_\_ 20% \_\_\_\_\_ 30 % \_\_\_\_\_ MAS DEL 40 % \_\_\_\_\_

**4. SI USTED NO UTILIZA EL SERVICIO DE GENTRAC POR EL PRECIO, ¿QUE CONSIDERA QUE ES LO QUE MAS ELEVA EL COSTO DEL MANTENIMIENTO EN GENTRAC?**

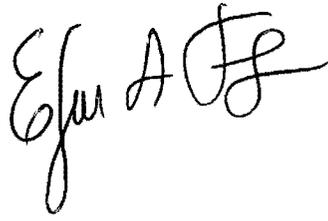
MANO DE OBRA \_\_\_\_\_ KILOMETRAJE \_\_\_\_\_ REPUESTOS \_\_\_\_\_  
OTRO \_\_\_\_\_

**5. SI USTED NO UTILIZA EL SERVICIO DE GENTRAC ¿QUÉ CONSIDERA QUE SE DEBE MEJORAR PARA QUE USTED PUEDA DECIDIRSE POR LOS SERVICIOS DE GENTRAC?**

PRECIO \_\_\_\_\_ TIEMPO DE ATENCIÓN \_\_\_\_\_  
COMUNICACIÓN \_\_\_\_\_ OTRO \_\_\_\_\_

**6. SI USTED CONTRATA POR SU CUENTA A UN TÉCNICO PARA REALIZAR LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO A SU MÁQUINA ¿PUEDE INDICAR CUANTO LE COBRA POR EL SERVICIO?**

DE 250 HRS. \_\_\_\_\_ DE 1000 HRS. \_\_\_\_\_ DE 2000 HRS.  
\_\_\_\_\_



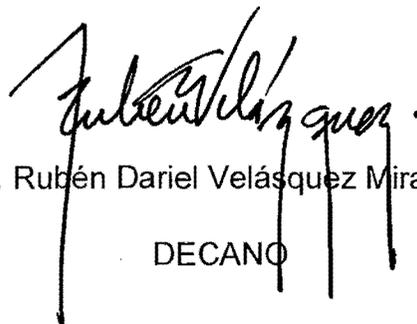
Edgar Adolfo Fuentes Godínez

AUTOR



Msc. Maria Ernestina Ardón Quezada

DIRECTORA



Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda

DECANO