



UNIVERSIDAD  
**SAN IGNACIO  
DE LOYOLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial

**PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN  
INTEGRAL EN MANTENIMIENTO PARA UNA  
EMPRESA DE MANQUINARIA DE LÍNEA  
AMARILLA**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN LA ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL Y COMERCIAL**

MARTINEZ CALIZAYA, JIMMY VICTOR

Asesor:  
Ing. Oblitas Salinas Hugo Enrique

Lima - Perú

2016

## JURADO DE LA SUSTENTACION ORAL

.....

Presidente

.....

Jurado 1

.....

Jurado 2

---

Entregado el 06 de enero 2017

**Aprobado por:**

.....

**Graduando:**

**Bachiller Jimmy Martínez Calizaya**

.....

**Asesor de Tesis:**

**Ing. Hugo Enrique Oblitas Salinas**

**UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jimmy Victor Martinez Calizaya, identificado con DNI N° 44508379. Bachiller del programa académico de la Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial de la facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, presento mi tesis titulada: Propuesta de sistema de gestión integral en mantenimiento para una empresa de línea amarilla.

Declaro en honor a la verdad, que el trabajo de tesis es de mi autoría, que los datos, los resultados y su análisis e interpretación, constituyen mi aporte. Todas las referencias han sido debidamente consultadas y reconocidas en la investigación.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u ocultamiento de la información aportada. Por todas las afirmaciones, ratifico lo expresado, a través de mi firma correspondiente.

Lima, enero de 2017

.....  
Jimmy Victor Martinez Calizaya  
DNI N° 44508379

**EPIGRAFE**

“El único lugar donde el éxito viene antes que el trabajo es en el diccionario”

Donald Kendall.

## INDICE

INDICE	04
INDICE DE IMÁGENES	07
INDICE DE ANEXOS	09
DEDICATORIA	10
AGRADECIMIENTO	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
EL PROBLEMA	14
Descripción del problema	14
Formulación del problema	16
Justificación del problema	16
Justificación económica	17
Justificación Social	18
Justificación Ambiental	18
Delimitación del Problema	18
Delimitación Geográfica	18
Delimitación Sectorial	18
Delimitación por Procesos	19
Marco Teórico	20
Marco histórico	20
Marco Metodológico	21
Método de Investigación	21
Tipo de Investigación	21
Nivel de Investigación	21
Objetivos de la Investigación	21
Hipótesis de la investigación	22
Variables y relaciones entre variables	22
Matriz de Consistencia	23
Exclusiones	24
Componentes del Marco Teórico	24
Teorías que sustentan la Investigación	25
Tipos de mantenimiento	25
Análisis basado en los ratios e indicadores	26
Análisis de equipos para modelo de mantenimiento	26

	5
Análisis de criticidad por tipo de equipo	27
Gestión de abastecimiento	28
Plan de mantenimientos RCM (Reliability Centered Maintenance)	31
Estado del Arte	33
Revisión de la Literatura sobre el problema de investigación	33
Árbol de Investigaciones relacionadas con el tema	35
Aporte o Propuesta de Solución	36
Fundamentos del Aporte	36
Aspectos generales de la empresa	36
Servicios que brinda la empresa	37
Funcionamiento de la división prestadora de alquiler de maquinaria pesada	39
Organización de la división de alquiler de maquinarias	40
Descripción del servicio interno de mantenimiento	41
Realización del mantenimiento preventivo	41
Mantenimiento Correctivo	42
Deficiencia del servicio de alquiler de maquinarias	43
Auditoría al Mantenimiento del método radial	45
Propuesta de Solución (Modelo, Método, Procedimiento, Algoritmo, etc.)	46
Alineamientos de los objetivos específicos de la gestión de mantenimiento	46
Herramientas propuestas para la gestión integral de mantenimiento	47
Reorganización del organigrama	47
Check List	48
Historial de máquinas	53
Sistema de información para mantenimiento	55
Gestión de mantenimiento correctivo	57
Asignación de prioridades	57
Procesos del mantenimiento correctivo	59
Gestión de mantenimiento preventivo	63
Plan de mantenimiento preventivo	63
Plan de mantenimiento predictivo	65
Proceso de mantenimiento preventivo	68
Herramientas para realización de mantenimiento preventivo	69
Gestión de abastecimiento de recursos	70
Selección de insumos/artículos	70
Clasificación de los repuestos e insumos	73

	6
Abastecimiento para mantenimiento preventivo	74
Abastecimiento para mantenimiento correctivo	75
Indicador de operatividad	76
Resultados	77
Criterios de Diseño de pruebas de sustento y demostración	77
Resultados de la demostración	78
Análisis y discusión de Resultados	78
Conclusiones	79
Recomendaciones para futuras investigaciones	80
REFERENCIAS	82
ANEXOS	83

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen Nro. 1: Diagrama de Árbol Causa-Efecto del problema de inoperatividad	14
Imagen Nro. 2: Impulso de la Gestión de Mant, Gestión de Mant y de Gestión de abastecimiento, en la Gestión integral de mantenimiento	17
Imagen Nro. 3: Matriz de consistencia	23
Imagen Nro. 4: Estado de Arte	35
Imagen Nro. 5: distribución de la empresa en el año 2013	37
Imagen Nro. 6: Flujo grama mantenimiento preventivo	42
Imagen Nro. 7: Flujo grama mantenimiento correctivo	43
Imagen Nro. 8: Periodo de inoperatividad durante El año 2013	44
Imagen Nro. 9: Porcentaje de pérdidas durante Marzo – Diciembre del 2013	44
Imagen Nro. 10: Representación radial del método de auditoria de mantenimiento	45
Imagen Nro. 11: Propuesta de organigrama para división de Máquinas	47
Imagen Nro. 12: Flujo grama del proceso de Check List operaciones	50
Imagen Nro. 13: Registro de un Check List para mantenimiento rápido	51
Imagen Nro. 14: Flujo grama del proceso de Check List mantenimiento	52
Imagen Nro. 15: Registro de un Check List para mantenimiento preventivos	53
Imagen Nro. 16: Actividades en la construcción del historial de fallas	55
Imagen Nro. 17: Esquema de implementación y ventajas de un software de mantenimiento	56
Imagen Nro. 18: Diagrama de flujo para la asignación de prioridades	58
Imagen Nro. 19: Flujo grama para detener una máquina en proceso	60
Imagen Nro. 20: Flujo grama de abastecimiento de repuestos e insumos	61
Imagen Nro. 21: Flujo Grama para el procedimiento de mantenimiento correctivo y abastecimiento de repuestos e insumos	62
Imagen Nro. 22: Especificaciones Técnicas para mantenimientos	64
Imagen Nro. 23: Esquema de Mantenimiento Preventivo	65
Imagen Nro. 24: Distribución estadística Erlang para hallar probabilidad de ruptura o falla	66
Imagen Nro. 25: Distribución del desgaste para un repuesto	67
Imagen Nro. 26: Esquema de Mantenimiento Preventivo	68
Imagen Nro. 27: Flujo grama del proceso de mantenimiento preventivo	69
Imagen Nro. 28: Repuestos de mayor porcentaje en valor monetario para el año 2013	71
Imagen Nro. 29: Gráfica ilustrativa sobre la demanda de insumos o repuestos de	

cada Máquina	72
Imagen Nro. 30: Distribución de los repuestos o insumos utilizados en los dos tipos de mantenimiento	73
Imagen Nro. 31: Clasificación de los repuestos o insumos	74
Imagen Nro. 32: Modelo de cantidades de pedido fija	74
Imagen Nro. 33: Modelo Matriz de Kraljic	75
Imagen Nro. 34: Cuadro del porcentaje máximo permisible IIEO	76
Imagen Nro. 35: Condiciones del Análisis Financiero	78

**INDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1: Auditoría a la gestión de mantenimiento de la empresa	83
Preguntas de auditoría	83
Promedios Totales	85
Pesos de las categorías	90
Cuadro de Resumen	91
Representación radial del mantenimiento	91
ANEXO 2: Demanda de los repuestos e insumos usados durante el año 2013	92

## **DEDICATORIA**

Dedicado a nuestro Dios todo poderoso y creador de todo lo que nos rodea, personalmente como guía en cada paso que doy en la vida. A mis padres Leonel Martínez Chiri y Judy Calizaya que con mucho amor me brindan su apoyo incondicional.

**AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor Hugo Oblitas como un gran orientador en mi trabajo de investigación.

## RESUMEN

La búsqueda de esta propuesta nace en la necesidad de adquirir ventajas competitivas, que pongan a la empresa en mejores condiciones que la competencia. Una mejora en la gestión de mantenimiento integral puede mejorar la operatividad continua en las maquinarias. Si consideramos que las horas inoperativas de las máquinas son por motivos que involucran directa e indirectamente al mantenimiento, entonces podemos decir que existe falla en la gestión integral del mantenimiento. Esta propuesta busca básicamente reducir los tiempos de mantenimiento desde la prevención. Las fallas no deben ocurrir, deben ser reparadas antes de que ocurran.

La empresa en estudio es del rubro de construcción y viene laborando proyectos de ingeniería desde 1992, La empresa ha desarrollado obras para distintas municipalidades entre carreteras, puentes, mantenimiento de carreteras, edificaciones, etc. Actualmente su mayor fuerza de trabajo se encuentra en la gran minería en el Perú sobre la cual se va a limitar nuestra investigación.

Por último, adicionalmente en la gestión de mantenimiento existe la necesidad de tener interacción entre las distintas propuestas de mejora, por esto, se va a implementar herramientas que ayuden a la interacción de las gestiones en prevención, corrección y abastecimiento.

**Palabra clave: Gestión de Mantenimiento, Gestión de mantenimiento correctivo, Gestión de mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, Gestión de abastecimiento de recursos.**

## ABSTRACT

The search for this proposal born from the need to acquire competitive advantages, That put the company in better conditions than the competition. An improvement of the integral maintenance management can improve the continuous operation in the machineries. If we consider that the inoperative hours of the machines are for reasons that directly and indirectly involve maintenance, then we can say that there is a failures in the integral maintenance management. This propose basically seeks to reduce maintenance times from prevention. Faults should not allow exist, they must be repaired before them to happen.

The company is in the field of construction and has been working on engineering projects since 1992, This has developed works for different municipalities between roads, bridges, maintenance of roads, buildings, etc. In the present its greatest work force is in the great mining in Peru, on which our research will be limited.

For the last, additionally in maintenance management there is a need to have interaction between the different improvement proposals; by the way, it is going to implement tools that help the interaction of the management in prevention, correction and supply

**Keywords: management maintenance, corrective maintenance management, preventive maintenance management, predictive maintenance, Resource Supply Management.**

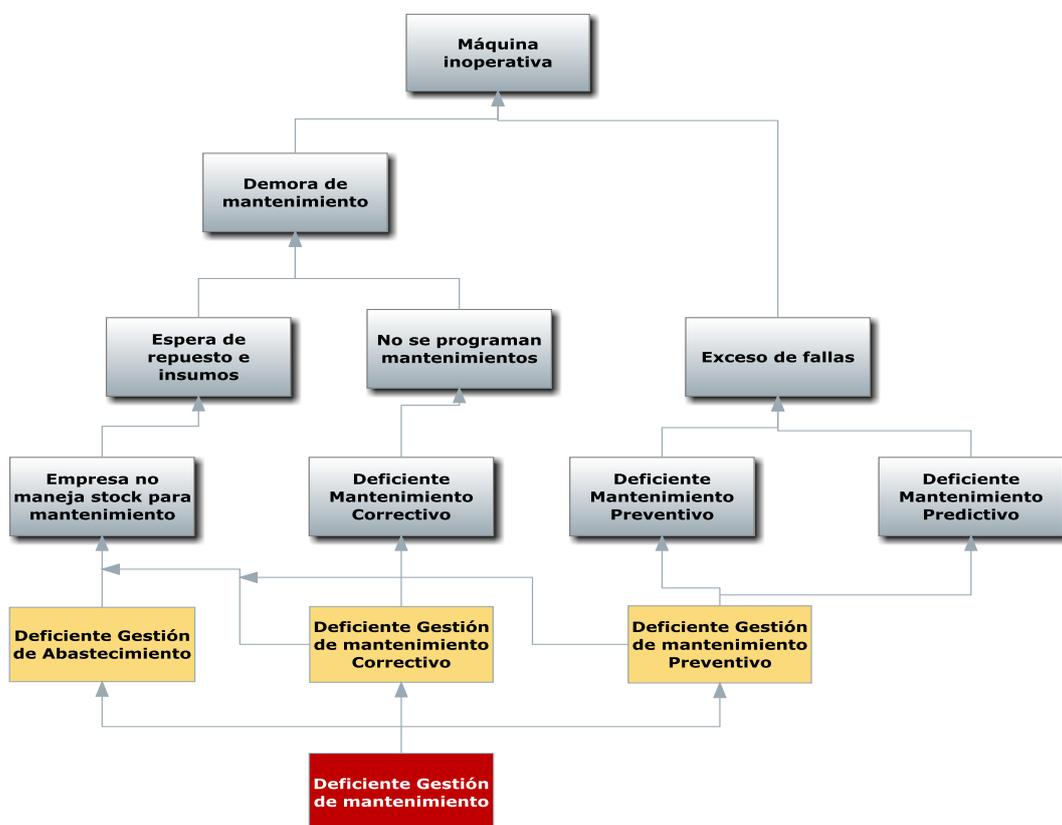
## EL PROBLEMA

### Descripción del problema

La deficiente gestión de mantenimiento es el principal causante de inoperatividad en horas de una empresa de línea amarilla.

El problema surge cuando las empresas no siempre tienen las máquinas operativas cuando las necesita, como consecuencia las operaciones tienen que ser detenidas incurriendo en costos de oportunidad e incumplimientos de contratos. Para estudiar a detalle las causas de la inoperatividad de las máquinas desarrollaremos un estudio de causa efecto en un diagrama de árbol (Imagen Nro.1).

Imagen Nro.1 “Diagrama de Árbol Causa-Efecto del problema de inoperatividad”



Fuente: Elaboración propia

Con el diagrama de causa-efecto encontramos que la causa de la inoperatividad de las máquinas es la ausencia de una eficiente gestión de mantenimiento integral. Esta investigación evalúa y mejora la gestión de mantenimiento desde tres puntos críticos en la gestión de mantenimiento. La gestión

de mantenimiento correctivo, la gestión de mantenimiento preventivo y la gestión de reabastecimiento de insumos y repuestos.

Este modelo estudia los procesos involucrados en el proceso de mantenimiento en las maquinarias, de esta forma se estudia, evalúa y propone este modelo de gestión integral de mantenimiento. Analizaremos filosofías de vanguardia donde se pueden controlar, dirigir y corregir todos los procesos involucrados en la gestión de mantenimiento.

Cabe resaltar también que en la actualidad en la gran minería la importancia de la gestión de mantenimiento para un proceso que requiere maquinarias es extremadamente alta. Si una empresa carece de una buena gestión de mantenimiento integral, inevitablemente va ocasionar muchas pérdidas por motivos de inoperatividad. Es decir, si los procesos dependen de los equipos es mejor prevenir antes que reparar. Por lo tanto como resultado de una gestión enfocado en la eficacia puede tener mayores costes que una gestión más eficiente, afectando directamente a la utilidad final de la obra, proyecto, etc.

Por lo mencionado anteriormente se debe poner énfasis en la prevención el cual es el objetivo lograr con este modelo de gestión integral de mantenimiento. Básicamente el modelo en la gestión de mantenimiento se puede resumir como un mayor énfasis en los ciclos de tiempos de mantenimiento preventivo (no deben ocurrir fallas, deben ser reparadas antes de que ocurran) sin dejar de lado el mantenimiento correctivo.

El proyecto también propone desarrollar actividades que no son propias del mantenimiento. La propuesta trabaja sobre una gestión de abastecimiento de insumos y repuestos. Esta gestión se encargará de proveer todos los materiales necesarios para que los mantenimientos se desarrollen normalmente y en sus tiempos programados.

Por último, se necesita tener interacción entre las distintas propuestas de mejora para la gestión de mantenimiento, por esto, se va a implementar herramientas que ayuden a la interacción de las gestiones de prevención, corrección y abastecimiento en este proyecto.

Revisión y análisis de Organigrama óptimo.

Check List de revisiones.

Implementación de sistemas de información.

Planes de mantenimiento RCM (Reliability Centered Maintenance).

Muestreos (Análisis basado en el ratios e indicadores).

Análisis de equipos para modelo de mantenimiento.

Análisis de criticidad por tipo de equipo.

Selección del modelo de Mantenimiento.

Matriz de Kraljic para la gestión de inventarios.

Mantenimiento Total de la Producción (TPM).

Pruebas de sustento y demostración (Análisis de indicadores financieros, flujo de caja).

Se desea notar que en particular examinaremos el rubro de negocio es el alquiler de maquinaria pesada, en la que se podrá aplicar mejoras para su gestión de mantenimiento integral.

Este modelo de gestión puede ser aplicado en empresas desde mediana capacidad en el cual primero se realizará un profundo análisis en los procesos de mantenimiento.

Para terminar, concluiremos el modelo señalando los principales objetivos, mostrando resultados cuantitativos y cualitativos, exponiendo recomendaciones para una implementación adecuada.

## **Formulación del problema**

### **Problema General**

Es necesario mejorar la eficiencia en la gestión de mantenimiento de una empresa de maquinaria de línea amarilla, a fin de incrementar la operatividad (horas-máquina) de los equipos.

### **Problema específico**

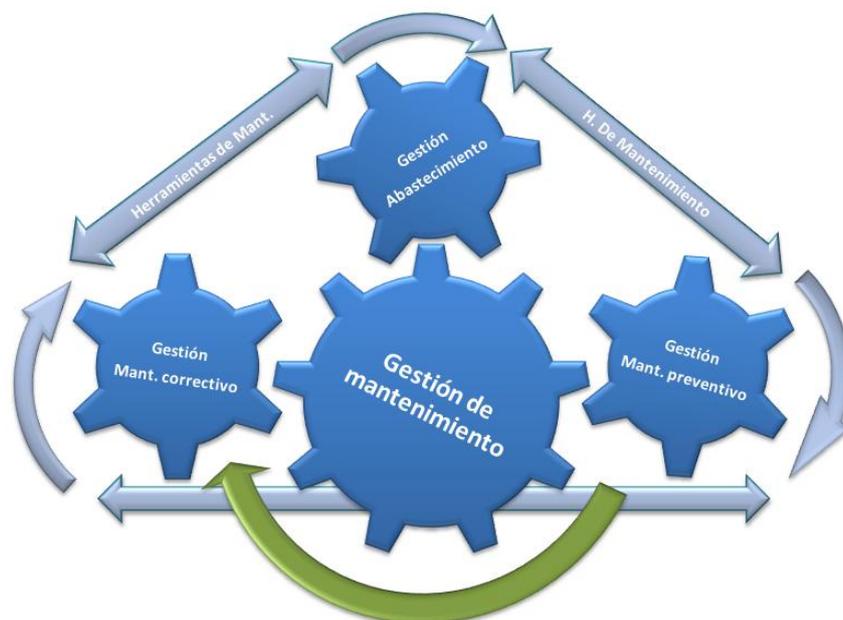
Es necesario formular procedimientos que permitan conocer el desarrollo y supervisión de los procesos y sub procesos de la gestión de mantenimiento, a fin de aumentar la operatividad de los equipos en una empresa de línea amarilla.

### **Justificación del problema**

El presente proyecto trata de un modelo de gestión integral de mantenimiento con el objetivo de engranar e incrementar el nivel de gestión de mantenimiento para aumentar la operatividad de los equipos. La mejora influiría significativamente en los tiempos de reacción, la conservación de los equipos y la maximización de uso en los recursos humanos y materiales.

En la Imagen Nro2 a continuación podremos ver la representación del trabajo de gestión de mantenimiento, impulsado por las tres gestiones básicas, gestión de mantenimiento preventivo, la gestión de mantenimiento correctivo y la gestión de abastecimiento de recursos para realizar una gestión integral de mantenimiento.

**Imagen Nro. 2: Impulso de la Gestión de Mant, Gestión de Mant y de Gestión de Abastecimiento, en la Gestión integral de mantenimiento**



Fuente: Elaboración propia

**Justificación económica**

Si el problema se resuelve el impacto económico estaría beneficiado porque al mejorar la eficiencia en la gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada entonces el ciclo de re-cambios de repuestos correctivos es menor, lo que reducen considerablemente los costos en materiales correctivos (de mayor valor que repuestos de prevención) dando como resultado una mayor utilidad al final de cada proyecto concluido.

Si el problema se resuelve el impacto económico estaría beneficiado porque al mejorar la eficiencia en la gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada entonces las maquinas tendrán una reducción considerable de paradas de máquina, lo que afectaría positivamente a la utilidad expresada en USD (\$) \* Hora-Máquina al corte de cada mes, el cual asciende aproximadamente en \$22,960.2 Dólares Americanos anuales.

Si el problema se resuelve el impacto económico estaría beneficiado porque al mejorar la eficiencia en la gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada entonces la administración de materiales tendrá un mejor flujo y como resultado tendrán una reducción de almacenamiento en inventario, lo que generará reducción en costes de activos y aumento de utilidad.

### **Justificación Social**

Si el problema se resuelve el impacto social estaría beneficiado porque al mejorar la eficiencia en la gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada entonces se reducirían los costes por mantenimiento correctivo lo cual genera una mayor utilidad al final del balance lo que favorece de 2 formas:

Más utilidades repartidas para las empresas que reparten un porcentaje de utilidades.

Un aumento en la recaudación tributaria de las empresas por SUNAT y por ende la capacidad de mayor gasto para el gobierno.

Si el problema se resuelve el impacto social estaría beneficiado porque al mejorar la eficiencia en la gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada entonces un aumento de mano de obra calificada sería necesario lo que generaría un beneficio social de 2 maneras:

Mayor capacidad de capital humano para el sector por las capacitaciones necesarias requeridas para nuevos operadores.

Mayor empleo para el sector lleva a un mayor ingreso lo que genera un mayor bienestar y mejor nivel de vida.

### **Justificación Ambiental**

Si el problema se resuelve el impacto ambiental estaría beneficiado porque al mejorar la eficiencia en la gestión de mantenimiento de la maquinaria pesada entonces aumenta la eficiencia de operatividad en las máquinas por lo que se reducen las emisiones de gases al ambiente.

### **Delimitación del Problema**

#### **Delimitación Geográfica**

El problema de investigación está delimitado en los sectores mineros de escasos accesos y geográficamente accidentados paisajes, entonces la investigación se realizará en las operaciones de la sierra Peruana en donde los empleados mantienen a la fecha trabajo por la modalidad de "régimen" de días durante el mes.

#### **Delimitación Sectorial**

Conforme lo mencionado en el punto anterior, el trabajo de investigación se delimita en el sector de la gran minería en el departamento de Ancash.

Los trabajos en minería que requieren equipos pesados son varios, en tal sentido describiremos algunos de las tareas más comunes y definiremos cual emplearemos para este trabajo de investigación:

Preparación para pozas de asentamiento: preparación de camas de asentamiento de minerales.

Movimiento de Top Soil: Movimiento de minerales, trabajos ambientales.

Construcción: Movimiento de suelos, carreteras, expansión en el campamento minero.

Debido a que en cada tarea se requiere de distintas máquinas pesadas y diferentes enfoques o prioridades para la gestión de mantenimiento, vamos a delimitar la propuesta en un análisis de los equipos de excavadoras Marca CAT modelo 336 DL y tractores oruga Marca CAT modelo D7R para Movimiento de Top Soil.

Otro punto importante delimitante es no incurrir directamente en los costos por mano de obra calificada ya que el modelo de gestión de mantenimiento contempla un análisis del organigrama regularmente usado, por lo que delimitaremos un contrato estándar de alquiler.

#### **Contratos estándar de servicio de alquiler**

<b>Turnos:</b>	Cantidad de turnos por día Max:	2
	Cantidad de turnos por día Min:	1
	Cantidad de horas por turno:	8hr
<b>Traslado</b>	Cubierto por el contratante al 100%	
<b>Instalación</b>	Cubierto por el contratante al 100%	
<b>Supervisión Obra</b>	Cubierto por el contratante al 100%	
<b>Supervisión Maq.</b>	Cubierto por la empresa al 100%	
<b>Operación de Maq.</b>	Cubierto por la empresa al 100%	
<b>Servicio de Mantenimiento</b>	Cubierto por la empresa al 100%	
<b>Repuestos/insumos</b>	Cubierto por la empresa al 100%	

#### **Delimitación por Procesos.**

Las herramientas que se utilizarán en el problema de investigación están delimitadas a un modelo de gestión enfocados únicamente a dos procedimientos:

Gestión de Mantenimiento: Preventivo, correctivo, predictivo.

Gestión de abastecimiento de materiales.

## MARCO TEÓRICO

### Marco histórico

Desde el principio de los tiempos, el Hombre siempre ha sentido la necesidad de mantener su equipo, aún las más rudimentarias herramientas o aparatos. La mayoría de las fallas que se experimentaban eran el resultado del abuso y esto sigue sucediendo en la actualidad. Al principio solo se hacía mantenimiento cuando ya era imposible seguir usando el equipo. A eso se le llamaba "Mantenimiento de Ruptura o Reactivo"

Fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos.

Esta nueva tendencia se llamó "Mantenimiento Preventivo". Aun cuando ayudó a reducir pérdidas de tiempo, el Mantenimiento Preventivo era una alternativa costosa. La razón: Muchas partes se reemplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber durado más tiempo. También se aplicaban demasiadas horas de labor innecesariamente.

Los tiempos y necesidades cambiaron, en 1960 nuevos conceptos se establecieron, "Mantenimiento Productivo" fue la nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional. Se asignaron más altas responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad.

Diez años después, tomó lugar la globalización del mercado creando nuevas y más fuertes necesidades de excelencia en todas las actividades. Los estándares de "Clase Mundial" en términos de mantenimiento del equipo se comprendieron y un sistema más dinámico tomó lugar. TPM es un concepto de mejoramiento continuo que ha probado ser efectivo.

Esta era una filosofía completamente nueva con un planteamiento diferente y que se mantendrá constantemente al día por su propia esencia. Implica un mejoramiento continuo en todos los aspectos y se le denominó TPM.

Tal como lo vimos en la definición, TPM son las siglas en inglés de "Mantenimiento Productivo Total", también se puede considerar como "Mantenimiento de Participación Total" o "Mantenimiento Total de la Productividad".

## MARCO METODOLÓGICO

### **Método de Investigación**

En la presente investigación se expondrá una combinación de métodos inductivos así como también deductivos para proponer una solución basada en métodos teóricos y fundamentar algunas conclusiones de lo propuesto.

### **Tipo de Investigación**

La presente investigación es aplicada porque se enfoca a la solución, cuantitativa porque usa datos para resaltar análisis y también experimental por tener algunas fórmulas.

### **Nivel de Investigación**

La presente investigación de gestión en mantenimiento es de nivel descriptivo ya que en la primera etapa describe el problema que causa las horas inoperativas en las maquinarias, en segundo lugar es explicativa porque mediante métodos teóricos explica la causa de inoperatividad en las máquinas de línea amarilla, correlacional porque encuentra la relación existente entre las variables dependientes e independientes y evolutiva porque propone una gestión de mantenimiento integral que ayuda a reducir las horas por inoperatividad de maquinaria de línea amarilla.

### **Objetivos de la Investigación**

#### **Objetivo general**

Elaborar y proponer un modelo de gestión de mantenimiento que aumente la operatividad continua de todos los equipos de una línea amarilla.

#### **Objetivo específico**

Elaborar y proponer procedimientos que establezcan el desarrollo y supervisión de los procesos y sub procesos de una empresa de línea amarilla, a fin de incrementar la operatividad de los equipos.

Esta investigación estudia los procesos involucrados en el procedimiento del mantenimiento, de esta forma propone el modelo de gestión integral de mantenimiento.

En este documento resumimos la evolución del mantenimiento hasta un nivel de "gestión de mantenimiento", analizaremos filosofías de vanguardia que permitan controlar, dirigir y corregir todos los procesos involucrados. Definiremos y estudiaremos el problema dentro de la empresa, y luego propondremos una solución viable. Para terminar, concluiremos el artículo señalando los objetivos cumplidos y exponiendo recomendaciones para una implementación adecuada.

## **Hipótesis de Investigación**

### **Hipótesis general**

En qué medida el elaborar y proponer un modelo de gestión del mantenimiento podrá aumentar la operatividad continua de todos los equipos de línea amarilla.

### **Hipótesis específica**

En qué medida el elaborar y proponer procedimientos que establezcan el desarrollo y supervisión de los procesos y sub procesos de una empresa de línea amarilla, podrá aumentar la operatividad de los equipos.

### **Variables y relaciones entre variables**

La variable dependiente en el presente proyecto es:

Incrementar la operatividad de los equipos.

Las variables independientes son:

Aumenta la eficiencia Gestión de mantenimiento:

Personal y Organigrama.

Plan de mantenimiento preventivo.

Plan de mantenimiento correctivo.

Plan de mantenimiento predictivo.

Plan de abastecimiento de recursos.

## Matriz de Consistencia

**Imagen Nro. 3: Matriz de consistencia.**  
**Título de la tesina: " Sistema de gestión integral en mantenimiento para una empresa de maquinaria de línea amarilla"**

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Nivel	Indicadores	Tipo	Método
Es necesario mejorar la eficiencia en la gestión de mantenimiento de una empresa de maquinaria de línea amarilla, a fin de incrementar la operatividad (horas-máquina) de los equipos.	Elaborar y proponer un modelo de gestión de mantenimiento que aumente la operatividad continua de todos los equipos de una línea amarilla.	En qué medida el elaborar y proponer un modelo de gestión del mantenimiento podrá aumentar la operatividad continua de todos los equipos de línea amarilla.	<b>Variable Dependiente:</b> Incrementar la operatividad de los equipos.  <b>Variable Independiente:</b> Aumenta la eficiencia Gestión de mantenimiento: * Personal y Organigrama. * Plan de mantenimiento preventivo. * Plan de mantenimiento correctivo. * Plan de mantenimiento predictivo. * Plan de abastecimiento de recursos.	Descriptivo. Explicativo. Correlacional. Evolutivo.	<b>Tiempo de Inoperatividad:</b> horas-máquina  <b>Costo por Tiempo de Inoperatividad:</b> \$/ h-máquina	Cuantitativo.	Inductivos. Deductivos.
<b>Problema Específico</b> Es necesario formular procedimientos que permitan conocer el desarrollo y supervisión de los procesos y sub procesos de la gestión de mantenimiento, a fin de aumentar la operatividad de los equipos en una empresa de línea amarilla.	<b>Objetivo Específico</b> Elaborar y proponer procedimientos que establezcan el desarrollo y supervisión de los procesos y sub procesos de una empresa de línea amarilla, a fin de incrementar la operatividad de los equipos.	<b>Hipótesis Específica</b> En qué medida el elaborar y proponer procedimientos que establezcan el desarrollo y supervisión de los procesos y sub procesos de una empresa de línea amarilla, podrá aumentar la operatividad de los equipos.					

Fuente: Elaboración propia

## Exclusiones

### La presente investigación no contempla las variables

Gestión de operaciones.

Logística (distribución y despachos, compras).

Otros proveedores o terceros.

Demanda de operadores.

### Componentes del Marco Teórico

Gestión de Mantenimientos: Se refiere a gestionar todos los procesos que están involucrados directa e indirectamente dentro de las actividades de mantenimiento. Controlar, programar y corregir estas actividades van a generar un ahorro de esfuerzo y sobre todo un ahorro económico.

*“¿Por qué es necesario gestionar la función de mantenimiento?... Porque la competencia obliga a rebajar costes. Por tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el ejemplo de mano de obra. Para ello es imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapte... es necesario analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos... es necesario estudiar el consumo de stock de materiales que se emplean en el mantenimiento...” (Santiago García 2003:4)*

Gestión: El concepto gestión, proviene del latín gessio y hace referencia a la acción y al efecto de gestionar o de administrar. Se trata, por lo tanto, de la concentración de diligencias conducentes al logro de un negocio o de un deseo cualquiera. La noción implica además acciones para gobernar, dirigir, ordenar, disponer y organizar.

Mantenimiento: Podemos definir mantenimiento como, conjunto de técnicas que tienen por objeto conseguir una utilización óptima de los activos productivos, manteniéndolos en el estado que requiere una producción eficiente con unos gastos mínimos. De esta forma nos aseguramos que, un buen mantenimiento de los activos entregue como resultados periodos más largos y controlados en el funcionamiento eficiente de los equipos.

Entonces podemos concluir que, “gestión de mantenimientos es gobernar, dirigir, ordenar, disponer y organizar los activos, con la finalidad de mantener su eficiencia en periodos controlados y un bajo costos”.

## TEORÍAS QUE SUSTENTAN LA INVESTIGACIÓN

### **Tipos de mantenimiento**

#### **Mantenimientos preventivos**

El término refiere a los mantenimientos basados en el tiempo, como también, los mantenimientos basados en las condiciones de uso. En algunos casos, el mantenimiento preventivo es visto solo en función al tiempo, mientras que en otros, los mantenimientos preventivos son la combinación de tres características: de fiabilidad, tiempo y el estado de los equipos.

“El mantenimiento preventivo es una estrategia de mantenimiento de equipos basados en la sustitución, reparación, o re-manufactura de un elemento en un intervalo fijo (tiempo/uso), independientemente de su condición en ese momento.” (J.K. Visser and J. Jordaan 2006:2)

El objeto es conocer el estado actual del equipo y así poder programar los mantenimientos. Se realizan acciones periódicamente con el fin de evitar fallos en el equipo. Existen tres formas de mantenimiento preventivo:

#### **Mantenimiento en uso**

Es el mantenimiento de primer nivel y lo hace el propio usuario, por lo que siempre se hace a tiempo. El programa está diseñado bajo los parámetros de las especificaciones técnicas del equipo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para lo que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve.

#### **Mantenimiento Predictivo**

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de los equipos mediante valores de determinadas variables establecidas. Las variables son físicas (temperatura, vibraciones, consumo, etc.) y son señales que indican problemas que van apareciendo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico porque necesita de un soporte técnico avanzado.

#### **Hard time**

Se trata de hacer revisiones a intervalos programados. Esta revisión consiste en poner la máquina a 0 horas, como si fuese nueva. Lo que se revisa son los elementos de fiabilidad baja y mantenibilidad alta.

#### **Mantenimientos correctivos**

Corrige los defectos/averías a medida que se producen. En este proceso están involucradas las personas que trabajan directamente con las máquinas. Esta persona está encargada de avisar del desperfecto una vez que es detectado. Después del aviso, el personal de mantenimiento es el encargado de la reparación. Las reparaciones pueden ser de dos tipos, dependiendo las circunstancias.

Paliativo: Es un arreglo de urgencia no definitivo para ahorrar tiempo de paro.

Curativo: Es un arreglo definitivo en profundidad.

### **Mantenimientos de oportunidad**

Este mantenimiento comprende aprovechar los tiempos en los cuales los equipos estén detenidos por cuestiones de trabajo, paros de obra, cambios de turno, horas muertas, etc.

### **Mantenimientos de proactivo**

Se centra en el seguimiento y la corrección de las causas que están involucradas en las fallas del equipo. Este enfoque trabaja mejor cuando la organización maneja un historial de mantenimientos, del cual se podrían pronosticar futuras fallas.

### **Análisis basado en los ratios e indicadores**

Todas las empresas deben analizar su realidad y la del sector en el que le ha tocado desarrollarse. Así pues se podrán utilizar indicadores denominados “ratios de gestión”, tales como gastos operativos respecto a activos mantenidos, gastos de mantenimiento respecto a cifra de ventas, etc.

*“Cuando puedes medir aquello de lo que estás hablando y expresarlo en números, puede decirse que sabes algo acerca de ello; pero, cuando no puedes medirlo, cuando no puedes expresarlo en números, tu conocimiento es muy deficiente y poco satisfactorio” (Francisco Gonzales 2004:33)*

Entonces los indicadores deben tener características específicas tales como:

Los resultados deben medir lo que realmente la empresa espera del departamento de mantenimiento.

Los indicadores deben ser representativos y fáciles de medir

Los indicadores de resultado deben tener en cuenta a los clientes internos

Analizar la posibilidad de medir tiempos de ciclo y procesos

Analizar indicadores de la competencia (bechmarking)

Esfuércese en implantar una cultura de medición en sus técnicos

Utilice solo e indispensablemente los indicadores que le interesen

Preocuparse de involucrar al equipo en los resultados

Analizar la eficiencia de los indicadores periódicamente.

Cambiar los indicadores cuando sea necesario

### **Análisis de equipos para modelo de mantenimiento**

Hoy en día ya no es recomendable manejar un tipo de mantenimiento sin tener distinción de que equipo se está manejando. Para hacer este proceso más eficiente se

recomienda clasificar cada uno de los equipos para poder planificar un tipo de mantenimiento dependiendo del caso y de la situación del mismo.

### **Análisis de criticidad por tipo de equipo**

No podemos tratar a todos los equipos con la misma importancia, si consideramos que los recursos de toda empresa son limitados, es necesario saber administrar recursos y repartir de la mejor forma priorizando equipos con más representatividad en la actividad.

### **Encontramos tres formas de diferenciarlos**

#### **Equipos críticos**

Son aquellos que afectan significativamente a la productividad de la empresa, los costos de parada o mal funcionamiento son inaceptables para la empresa. La perjudican mortalmente.

#### **Equipos importantes**

Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afectan a la empresa pero de una forma económicamente asumible y/o financiables.

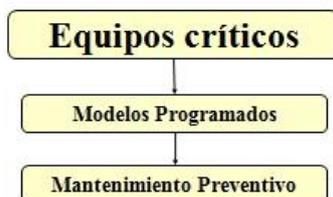
#### **Equipos prescindibles**

Son aquellos que no perjudican significativamente con la productividad de la empresa, en general estos generan un pequeño sobre costo, alguna incomodidad un cambio en las actividades.

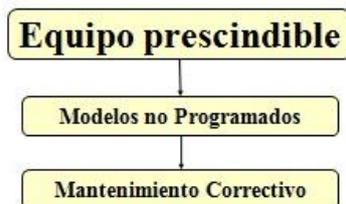
### **Selección del modelo de mantenimiento**

Una vez identificado los equipos podemos empezar a definir los tipos de mantenimiento para las distintas clases de equipos que se manejan.

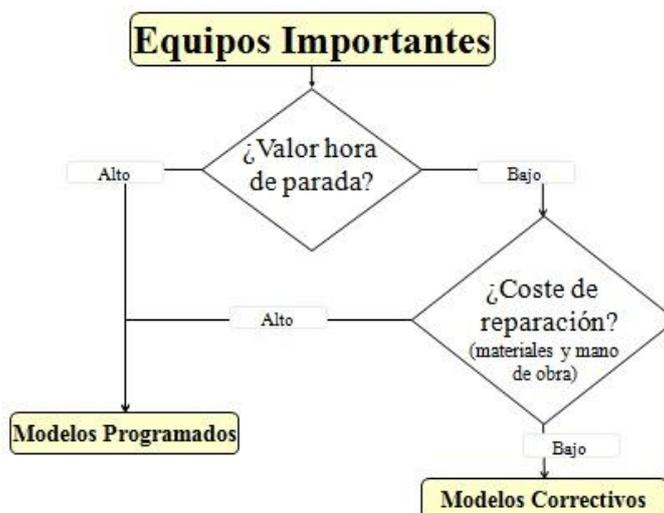
Si el caso fuese un equipo crítico, se recomendaría trabajar con los mantenimientos preventivos, de esta forma se reduce la posibilidad de falla al mínimo posible.



Si el caso es de un equipo prescindible, el tratamiento es de poca planificación, es mejor no invertir muchos recursos económicos en este tipo de mantenimientos. Se recomienda modelos no programados.



Para el final encontramos los equipos importantes. En este punto si se tiene que trabajar de una forma más profunda, debido que las acciones que debemos tomar es la suma de factores importantes como el costo del mantenimiento y el costo de tener una falla.

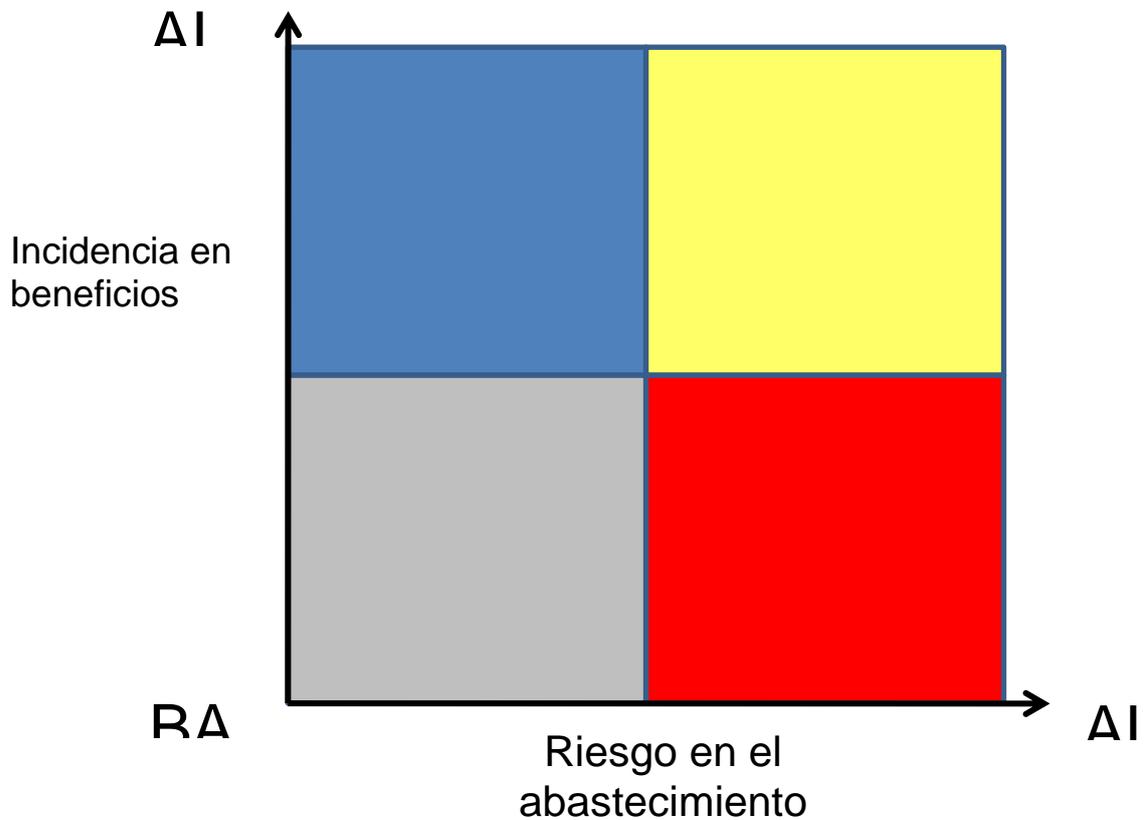


### Gestión de abastecimiento

El principal objetivo de la gestión de repuestos e insumos, es lograr un nivel de servicio razonablemente alto, asociado a una inversión de inventario razonablemente baja. Tratar de tener las piezas necesarias en el lugar y el momento necesarios es el objetivo de esta gestión. Esta disponibilidad genera un gasto de almacenamiento, ahí nace el conflicto entre “Disponibilidad y Nivel de Inventario” y se torna necesario encontrar un equilibrio entre estos dos factores. No existe una única solución a este conflicto, por lo que es necesario conocer las distintas técnicas y encontrar la solución más apropiada para cada caso. Para evaluar los resultados es necesario implementar indicadores de gestión. Identificar los requerimientos en insumos, repuestos, piezas, para todo tipo de mantenimiento. Identificación de cada ítem del almacén en una “Matriz de Kraljic”. Control logístico de movilización de piezas, control logístico de reabastecimiento del almacén.



# Matriz de Kraljic



## Definición de los grupos de Kraljic

### Comodities

Para estas piezas, existen muchos proveedores. El costo e impacto de estas piezas es muy baja en la producción. La recomendación del tratamiento de estas piezas es de automatizar estas compras.

### Cuellos de botella

Son materiales que pertenecen a un mercado monopólico u oligopólico. En este caso pueden ser repuestos que maneja un solo proveedor. En este caso nos recomiendan que se tenga que asegurar el abastecimientos mediante con tratos con el proveedor y entrar al mercado por nuevas alternativas.

### Materiales palanca

Son los repuestos que generan alto beneficio y existe buena cantidad de proveedores. Podemos ver que en estos productos se puede explotar el poder de negociación contra sus proveedores, mediante licitaciones, concursos, etc.

**Estratégicos**

Mercado complejo al escasear fuentes de abastecimiento y generan gran impacto positivo. Son productos que por naturaleza son difíciles de conseguir pero son importantes de obtener, si consideramos que para la competencia también escasean.

**Costos de inventarios**

Son todos los gastos y costos en los que incurre la empresa en manejar un inventario de repuestos

**Costos de la inversión**

Mantener dinero invertido en las piezas representa un costo de oportunidad.

**Costo del almacén**

El almacén es el lugar donde las piezas van a ser guardadas y controladas. Establecer y acondicionar un almacén de piezas representa un costo.

**Costos de mantenimiento de piezas y del almacén**

Aunque las piezas no son realmente usadas hasta que son colocadas en los equipos. Estas piezas muchas veces necesitan un mínimo de mantenimiento para mantener su buen estado. También el almacén necesita de mantenimientos para poder tenerlo ordenado.

**Costos de control y seguridad**

La logística de mantener un inventario necesita un control que pueda ser capaz de registrar las entradas y salidas de piezas, los movimientos de piezas y lugar de las mismas. Esto es necesario para programar reabastecimientos, niveles de inventario y seguridad de las piezas.

**Plan de mantenimientos RCM (Reliability Centered Maintenance)**

Mantenimiento basado en la confiabilidad. Es un proceso utilizado para determinar los requerimientos de mantenimiento de un activo físico en su contexto operativo. Tiene como objetivo principal, conservar las funciones del equipo y evita las consecuencias de las fallas.

Filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallas de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.



### Principios del RCM

- Determinación de fallos funcionales y fallos técnicos
- Clasificación de fallos
- Determinación de los modos de fallo
- Determinación de medidas preventivas
- Trabajar sobre el manual del equipo
- Determinación del repuesto a partir del análisis de fallos
- Elaborando un plan de mantenimiento inicial muy rápido
- Agrupación de las tareas. Gamas y rutas de mantenimiento
- Informes tras la realización de gamas y rutas
- Puesta en marcha
- Procedimientos de realización de gamas y rutas de mantenimientos
- Planificación del mantenimiento
- Organización de paradas
- La mejora continua del plan de mantenimiento

### Fases del RCM

Codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando.

Estudio detallado del funcionamiento del sistema, Listado de funciones del sistema en su conjunto. Listado de funciones de cada subsistema y de cada equipo significativo integrado en cada subsistema.

Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.

Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.

Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo, clasificación de los fallos críticos, importantes o tolerables en función de esas consecuencias.

Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías. Elaboración del plan de mantenimiento, listas de mejoras, planes de formación y procedimientos de operación y de mantenimiento.

## **ESTADO DEL ARTE**

### **Revisión de la Literatura sobre el problema de investigación**

Para la presente investigación se realizó el análisis de 9 “fichas técnicas” las cuales nos proporcionan marcos teóricos aplicados al mantenimiento. En el mercado industrial minero peruano podremos elegir y aplicar distintos métodos para la mejora continua en mantenimiento.

En la lectura publicada el año 2014 “Facilities management: the strategic selection of a maintenance system” autor Kym Fraser empezó citando “La integración efectiva de mantenimiento con funciones de ingeniería y operaciones en la organización puede ayudar a ahorrar enormes cantidades de tiempo, dinero y otros recursos para hacer frente a la fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y problemas de rendimiento” lo cual me parece interesante resaltar ya que el mantenimiento es una de las áreas la cual debe integrarse en todas las operaciones de la empresa. Dicho esto menciona entonces que se debe de analizar y evaluar qué tipo de mantenimiento se va a implementar para integrarla a las operaciones de la empresa, un ejemplo resaltante es la Gestión de Calidad Total (TQM) y Mantenimiento Productivo Total (TPM) que han ganado gran aceptación en la industria generando una ventaja competitiva. Estas dos unidades de mejora están siendo adoptadas y adaptadas para elevar el nivel de desempeño de las empresa. TQM y TPM se consideran complementarios entre sí y con ello llevando a cabo simultáneamente por muchas empresas para lograr una sinergia. Otros tipos de mantenimiento expuestos son mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM), mantenimiento basado en la condición (CBM), mantenimiento preventivo (PM), por lo tanto la creación de diez modelos repetidos

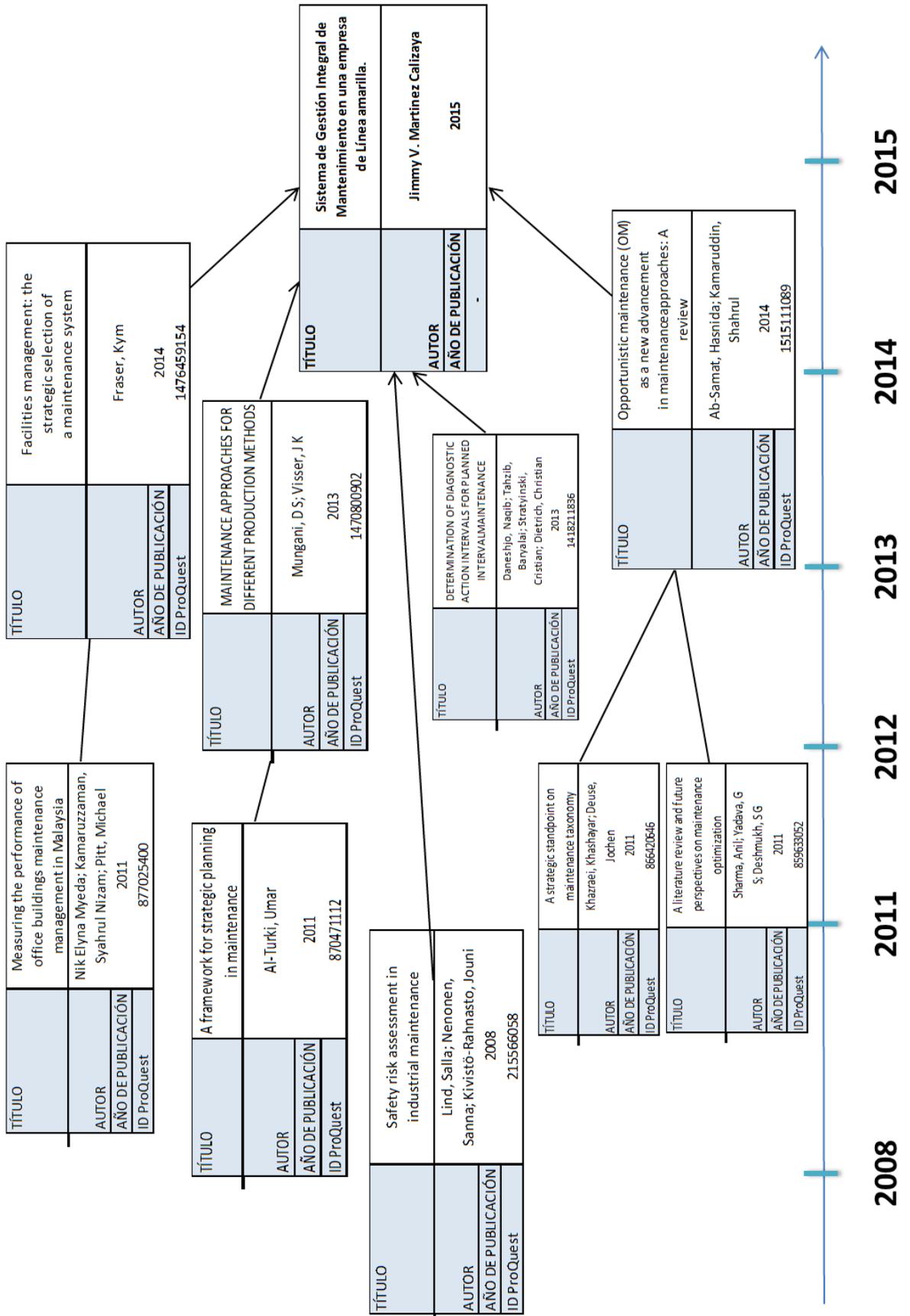
En la publicación del año 2013 “Maintenance approaches for different production methods” de los autores “Mungani, D S; Visser, J K” nos muestra como realizan pruebas para deteminar en qué medida se aproxima los 3 tipos de mantenimiento Fiabilidad centrado en el mantenimiento RCM, Mantenimiento Productivo Total TPM y mantenimiento centrado en el negocio BCM.

Las pruebas se utilizan en 3 tipos de producción (proceso continuo, proceso por lotes y línea de producción).

Este estudio investigó las tendencias actuales en los diferentes métodos descritos. Los resultados indican que el nivel de la conciencia es más alta para el enfoque de RCM y el método de producción de proceso continuo. Los trabajadores involucrados en el método de proceso continuo prefieren un enfoque que proporcione integridad de activos y la disponibilidad. Los trabajadores involucrados en el método de proceso por lotes prefieren un enfoque que involucre a los operadores en ciertas tareas y actividades de mantenimiento es una característica clave del enfoque de TPM.

Árbol de Investigaciones relacionadas con el tema

Imagen Nro. 4: Estado de Arte."



Fuente: Elaboración propia

## **APORTE O PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

### **Fundamentos del Aporte**

Si queremos llegar a tener una gestión de mantenimiento optima es fundamental trabajar sobre tres puntos que serán el eje principal del trabajo de tesina. Los tres ejes están orientados en la prevención, en la acción y en el soporte logístico.

En el capítulo II encontramos en la hipótesis que la causa principal de ineficiencia dentro de una empresa es que ellos carecen de una ausencia en la gestión integral de mantenimiento, siendo las causas principales la mala definición y ausencia en sus procesos de:

Gestión de mantenimiento correctivo.

Gestión de mantenimiento preventivo.

Gestión de abastecimiento de recursos.

En el presente capítulo trabajaremos en la definición y una propuesta para cada una de estas tres gestiones. Estas propuestas por separado van a mejorar la gestión de mantenimiento dentro de la empresa, pero esperamos que las tres gestiones puedan integrarse y trabajar juntas. Para ellos presentaremos y haremos una reseña de una empresa de "Ingeniería de Proyectos" sobre la cual haremos nuestra demostración, pruebas de sustento y proyectaremos los resultados que tendrá nuestro estudio. En particular examinaremos la división de alquiler de maquinaria pesada, en la que se propondrá mejoras para su gestión de mantenimiento integral.

### **Aspectos generales de la empresa**

La es del rubro de construcción y viene laborando proyectos de ingeniería desde 1992, empezando sus labores en "construcción civil" con trabajos para el estado y empresas particulares. La empresa ha desarrollado obras para distintas municipalidades entre carreteras, puentes, mantenimiento de carreteras, edificaciones, etc. Actualmente su mayor fuerza de trabajo se encuentra en la minería, entre sus más grandes clientes tenemos: Compañía Minera Yanacocha, Compañía Minera Antamina, Compañía Minera Cajamarquilla, Campaña minera Barrick, entre otras.

Para poder desarrollar sus actividades, la empresa cuenta con distintas certificaciones industriales que le dan garantías a su servicio. Entre las más representativas tenemos:

CONSTANCIA DE HOMOLOGACION 11737/09 NIVEL B+ OTORGADO POR  
SGS VIGENTE HASTA 20.11.2010

CERTIFICACION DE EVALUACION DE SEGURIDAD INDUSTRIAL N°  
391501/947764 – OTORGADO POR SGS VIGENTE HASTA OCT 2010

REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES (EJECUTORES DE OBRAS) N°  
08097 VIGENTE A AGO 2010

REVISION FINANCIERA POR DUN & BRADSTREET 2008

La responsabilidad más grande de la empresa es su preocupación en cubrir las expectativas de calidad, seguridad, preservación del medio ambiente y responsabilidad con sus clientes y su personal. En su valor humano cuentan con personal capacitado tecnológicamente y humanamente para resolver todos los proyectos desafiantes que la empresa desarrolle. Bajo esta perspectiva de administración la empresa ha crecido más de 3 veces los últimos 10 años.

### Servicios que brinda la empresa

La sede central de la empresa se encuentra ubicada en la capital Lima, pero los campos o frentes están repartidos alrededor de todo el Perú.

En la Imagen 5 mostraremos cuales fueron los proyectos de mayor importancia durante el año 2013

**Imagen 5, distribución de la empresa en el año 2013**



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 podremos encontrar el detallado de las obras y proyectos que se ejecutaron el año 2013, es preciso aclarar que estas son las obras más representativas en cuanto a ingresos, pero no son el total de los trabajos realizados durante ese año.

**Tabla 1: “Trabajos desarrollados durante el 2013”**

Provincia	Empresa	Tareas
Lima	Cede central	Mantiene la Gerencia de la empresa Área central de Logística Área central de Planificación e Ingeniería Almacén central Taller central
Lima	Minera Cajamarquilla	Preparación para pozas de asentamiento Alquiler de equipos pesados. Ejecución de obra para preparación de camas de asentamiento de minerales.
Ancash	Minera Barrick	Movimiento de Topsoil Alquiler de equipos pesados Movimiento de minerales
Ancash	Minera Antamina	Trabajo en tajo abierto, recojo de mineral Movimiento de Topsoil Trabajos en represa de agua Construcción de obras civiles para expansión de campamento
Cajamarca	Minera Yanacocha	Trabajos ambientales Trabajos en mantenimiento de carreteras Camas de asentamiento de mineral
Arequipa	Minera Cerro Verde	Obras civiles para el campamento minero Recojo y traslado de mineral
Cuzco	Estado	Tramo de carretera tras oceánica Movimiento de tierras
Ucayali	Municipalidad	3 Puentes de 250 metros de largo Tramo de carrete Movimiento de suelos

Fuente: Elaboración Propia

Este estudio trabajara específicamente en el proyecto realizado en el departamento de Ancash. Este proyecto tiene como tarea el movimiento de tierras, y para ello requiere de diferentes equipos como cargadores frontales, Excavadoras, Tractores, Moto-niveladoras, Aplanadoras, Grúas, Camiones

Como la obra requiere de distintitos equipos, es evidente que el soporte de mantenimiento que necesita esta división es elemental para la eficiencia del trabajo.

A continuación tendremos que estudiar cómo es que trabaja la empresa en su división de alquiler de máquinas, y posteriormente trabajaremos que problemas tiene la empresa para la administración y ejecución de los mantenimientos en sus máquinas.

### **Funcionamiento de la división prestadora de alquiler de maquinaria pesada**

Se ha trabajado los últimos 10 años con todo tipo de proyectos de ingeniería. La empresa diseña y ejecuta sus propias obras, pero en la división de "alquiler de maquinaria", la empresa solo se convierte en proveedora de equipos pesados. El alquiler incluye la administración de las máquinas, el mantenimiento, administración de los maquinistas, los repuestos, etc.

Actualmente, la empresa maneja varios activos propios, entre estos tenemos: tractores oruga, excavadora oruga, aplanadoras, grúas, volquetes, camiones, etc. Para los trabajos del que sobre realizaremos la propuesta en el "Proyecto de movimiento de tierras en Ancash", la empresa ha dispuesto de 5 equipos pesados, tres excavadoras Marca CAT modelo 336 DL y dos tractores oruga Marca CAT modelo D7R sobre la cual haremos nuestro estudio.

### **Mantenimiento de los equipos**

La empresa tiene que manejar un programa de mantenimientos y también reparar de forma inmediata cualquier percance mecánico que ocurra con las máquinas alquiladas. El costo de reparación y de los repuestos, están incluidos en el costo del alquiler.

El no reparar las máquinas significa un costo de oportunidad contabilizado por hora de trabajo inoperativa. Es responsabilidad de la empresa actuar rápidamente durante los tiempos de mantenimiento programados con el fin de poder mantener un nivel de servicio alto y eficiente.

### **Administración de personal**

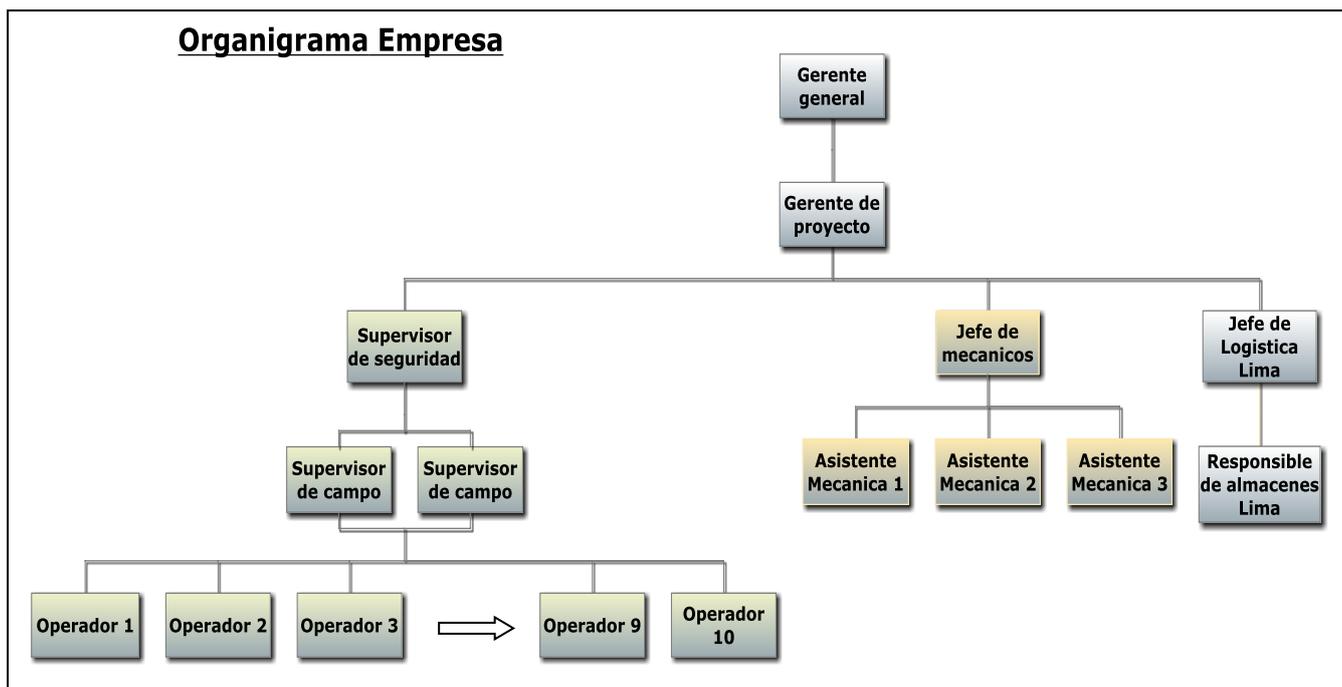
Así como la empresa es responsable de las reparaciones y mantenimientos, también es responsable de proveer personal como: operarios, mecánicos, supervisores de obra, administrador de maquinarias, y personal suficiente para dar un soporte a las áreas específicas como logística, contabilidad, recursos humanos, etc.

### Organización de la división de alquiler de maquinarias

La empresa maneja un organigrama definido, para la división de maquinaria destacada en Ancash la empresa tiene medianamente definida la organización como a continuación la mostramos.

En la mostraremos el organigrama de la empresa. Esta organización presenta tres áreas claramente identificadas que son: área de logística, área de mantenimiento y área de operaciones.

#### Organigrama de alquiler de maquinarias



Fuente: Elaboración propia

Podemos ver que la empresa maneja 20 trabajadores tiempo completo para las brindar el servicio de maquinarias. Es importante aclarar que el gerente general está incluido en el organigrama pero él es parte de toda otra red de servicios que maneje la empresa.

#### Personas que intervienen

Gerente de división de alquiler de maquinaria (1 persona)

Supervisor de seguridad (1 persona)

Supervisores de campo (2 personas)

Operadores de maquinaria (10 personas)

Jefe de mecánicos (1 persona)

Asistentes de mecánicos (3 personas)

Jefe de logística (1 persona)

Asistente de logística (1 persona)

Lamentablemente podemos asegurar que la implementación de este organigrama no ha sido 100% absorbida por los trabajadores. En campo las tareas todavía no están bien definidas por los empleados.

### **Descripción del servicio interno de mantenimiento**

De la variedad de mantenimientos que existe, la empresa ha decidido manejar dos tipos de mantenimiento, el Mantenimiento Preventivo y el Mantenimiento Correctivo. El primero para conservar los equipos en buen estado y el segundo para reparar eventualmente las fallas cuando ocurran.

Uno de los problemas en la ejecución del mantenimiento nace en la descoordinadas entre las actividades involucradas para realizar el mantenimiento correctivo y preventivo. El segundo problema es que la empresa nunca se anticipa a las fallas y por el contrario trata de encontrar como agilizar sus actividades cuando las fallas ocurran.

### **Realización del mantenimiento preventivo**

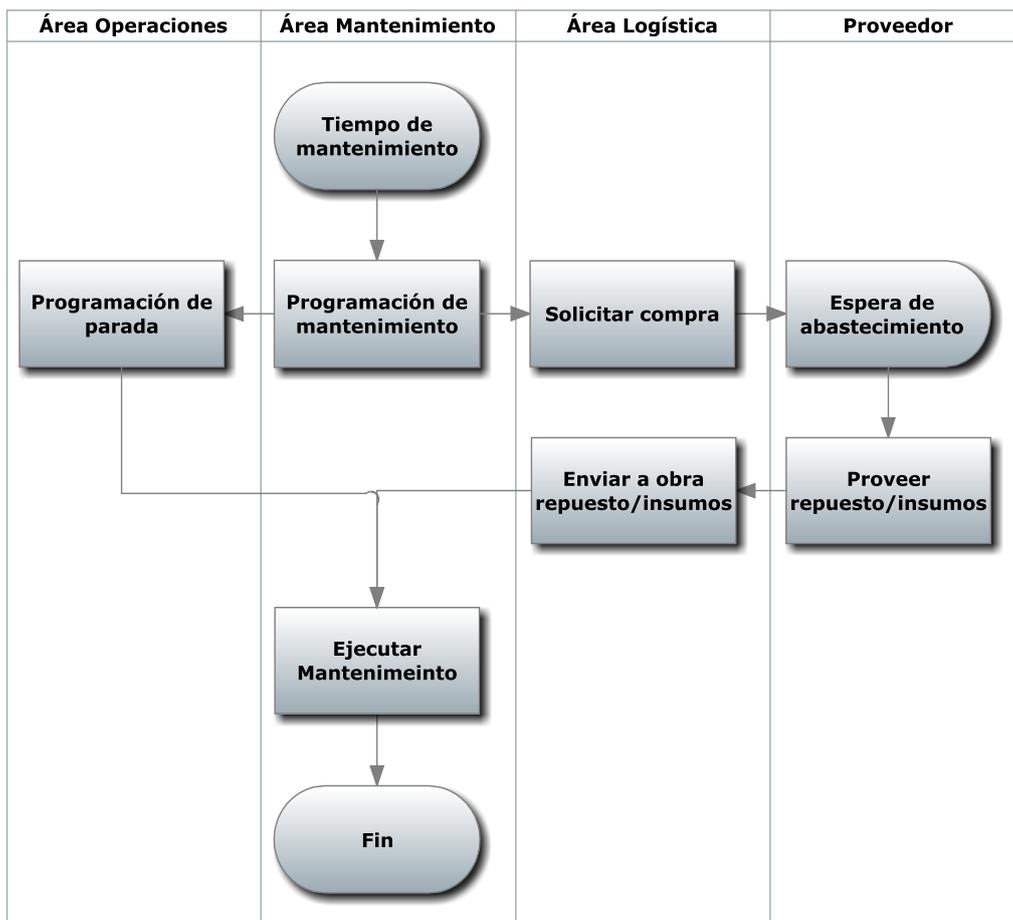
La empresa desarrolla este mantenimiento para conservar el estado de la máquina en una eficiencia y condición aceptable. El mantenimiento preventivo es programado y el sistema medición es con el horómetro de la máquina.

Definición de Horómetro: El Horómetro es el sistema interno de contabilidad de horas trabajadas por la máquina. Es inalterable y es la herramienta utilizada por la empresa para medir los periodos de mantenimiento.

El trabajo de mantenimiento preventivo inicia con estudiar los manuales de mantenimiento, tener personal capacitado, programar las horas del mantenimiento en obra y lo más importante, tener los insumos y repuestos requeridos en el tiempo y lugar necesitado.

### **Flujo grama Mantenimiento Preventivo**

En la Imagen Nro. 6 encontramos como la empresa maneja sus procesos ante un mantenimiento preventivo

**Imagen Nro. 6: Flujo grama mantenimiento preventivo**

Fuente: Elaboración propia

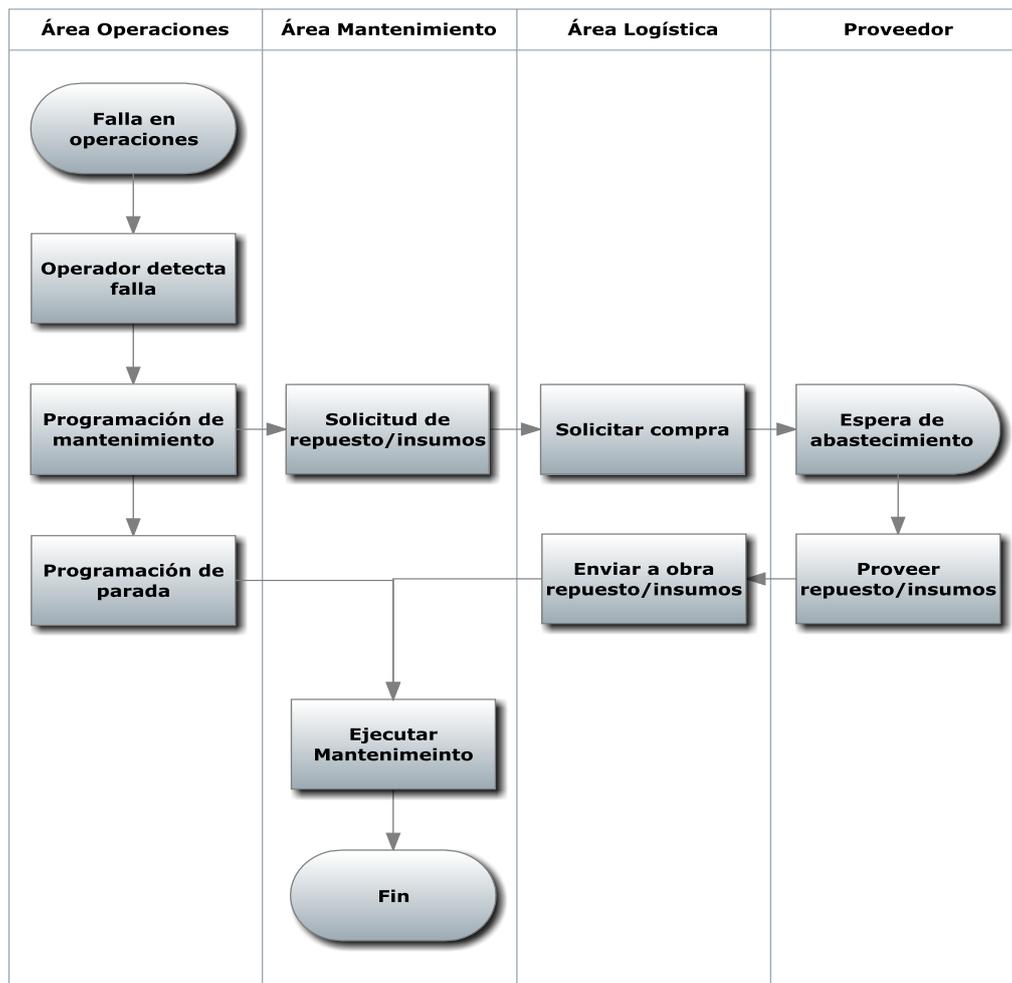
En este proceso podemos darnos cuenta como la planificación hace que la ejecución del mantenimiento preventivo se realice en la Obra. Toda la actividad se desarrolla por el personal designado en Ancash y no existe la comunicación necesaria con la central en Lima, nunca coordinan un reabastecimiento.

### **Mantenimiento Correctivo**

Este mantenimiento nace de la inspección diaria de los operarios, la empresa delega la responsabilidad de realizar inspecciones diarias a todo el personal que esté involucrado con la operación. La finalidad de la operación de la inspección es poder detectar fallas o potenciales fallas del equipo. Una vez detectada la falla el operario informa a los supervisores de obra y ellos inician el proceso del mantenimiento correctivo. El proceso es simple, y la poca preparación para este mantenimiento hace larga la reacción de la empresa, sobretodo en la espera de los repuestos necesarios.

### **Flujo grama Mantenimiento Correctivo**

En la Imagen Nro. 7 encontramos como la empresa maneja sus procesos ante un mantenimiento correctivo

**Imagen Nro. 7: Flujo grama mantenimiento correctivo**

Fuente: Elaboración propia

En este proceso la ejecución del mantenimiento correctivo se realiza casi terminando la secuencia del programa. El proceso de mantenimientos correctivos es por naturaleza más largo y costoso que el de los mantenimientos preventivos. Pero en este proceso encontramos muchos puntos en los cuales alarga el tiempo de espera y los costos del mantenimiento. Los puntos críticos son los de espera por los repuestos y programación del mantenimiento, esto se debe a la poca preparación para las eventuales fallas.

#### **Deficiencia del servicio de alquiler de maquinarias**

Este trabajo se enfoca en la mejora del mantenimiento integral de la empresa, el problema nace al darnos cuenta que las maquinas tienen un porcentaje (%) de inoperatividad. Si consideramos que las horas inoperativas de las máquinas son por motivos que involucran directa e indirectamente al mantenimiento, podemos decir que existe falla en la gestión integral del mantenimiento.

### Inoperatividad de la máquina por condición mecánica en el 2013

La causa de que la máquina no esté disponible es la falla mecánica. Generalmente una falla ocurre o son detectadas cuando los equipos están operando, como consecuencia las operaciones tienen que ser detenidas.

En la imagen Nro. 8 podemos evidenciar como están distribuidos los tiempos de inoperatividad que tienen las máquinas durante el año 2013.

**Imagen Nro. 8: “Periodo de inoperatividad durante El año 2013”**

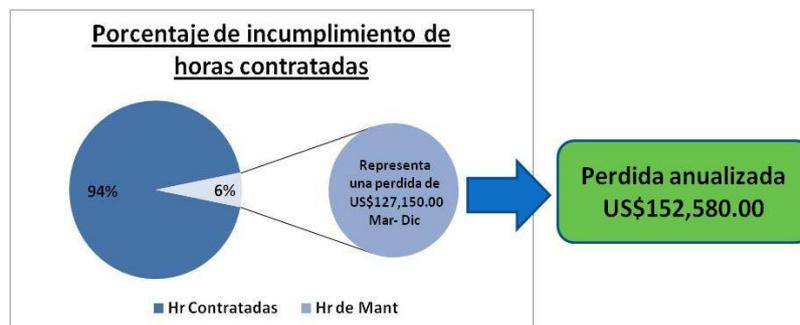
	Hr contratadas	Hr de Mant.	Perdidas US\$
Enero	2400	1331.5	109,856.40
Febrero	2400	607.2	48,373.28
Marzo	2400	196	15,500.64
Abril	2400	179.5	13,893.30
Mayo	2400	144	11,528.30
Junio	2400	156.5	12,732.30
Julio	2400	134.9	10,866.96
Agosto	2400	217.6	16,842.24
Septiembre	2400	135.4	10,479.96
Octubre	2400	137.3	10,854.92
Noviembre	2400	150.7	12,775.30
Diciembre	2400	139.8	11,676.22
	24,000.00	1,591.70	127,150.14

Datos extremos. No se consideran

Fuente: Elaboración Propia

Observamos que durante los dos primeros meses las pérdidas fueron muy elevadas, esto se debe a que las operaciones iniciaban y la empresa necesitó dos meses para establecer sus operaciones en una forma normal (tiempo de set up para un proyecto). Para el estudio solo vamos a considerar las pérdidas durante los meses Marzo – Diciembre del 2013.

**Imagen Nro. 9: “Porcentaje de pérdidas durante Marzo – Diciembre del 2013 (muestra corregida), y Perdida en dólares por incumplimiento de horas”**



Fuente: Elaboración Propia

Podemos decir, que una falla grave conlleva al paro indeterminado del equipo. El trabajo tiene que buscar eliminar las fallas y reducir los tiempos de mantenimiento.

### Auditoría de Mantenimiento del método radial

Una vez detectada la gestión de mantenimiento como problema principal, es importante saber cuáles son las ventajas y desventajas de la empresa. Para esto encontramos conveniente desarrollar un estudio de "Auditoría al Mantenimiento".

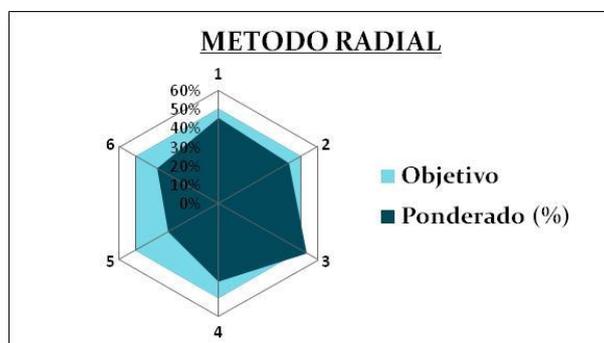
Para el estudio de esta auditoría se recurrió de la colaboración de dos personales involucrados en el proceso en la empresa. En el Anexo 1 podemos el detallado del estudio.

### Anexo 1: "Resumen del estudio de auditoría en mantenimiento"

AUDITORIA DE MANTENIMIENTO					
Equipo de trabajo	<b>USIL - Industrial</b>	Empresa:			
Categoría de auditoría:	<b>Todas</b>	Unidad de Operación:	<b>Total</b>		
		Fecha:	<b>16-01-14</b>		
Aprobado:		Resultado Final:	<b>50%</b>		
Nº	Componentes	Peso (/10)	Puntaje Ponderado (%)	Ponderado (%)	Objetivo
1	Organización del Mantenimiento	9	50%	45%	50%
2	Planeamiento del Mantenimiento	8	53%	43%	50%
3	Ejecución del Mantenimiento	10	53%	53%	50%
4	Habilidad del Personal de Mantenimiento	8	52%	42%	50%
5	Abastecimiento del mantenimiento	7	43%	30%	50%
6	Administración del mantenimiento	8	46%	37%	50%
<b>Total</b>		<b>50</b>		<b>50%</b>	

Fuente: Elaboración propia

Imagen Nro. 10: "Representación radial del método de auditoria de mantenimiento"



Fuente: Elaboración Propia

En el método radial podemos observar que la empresa tienen mayores problemas en los caracteres "Abastecimiento del mantenimiento", luego el "Habilidad del personal de mantenimiento" y "Administración del mantenimiento". Por el contrario,

el carácter "Ejecución de mantenimiento" está por encima de nuestro objetivo. La explicación a estas afirmaciones se debe a lo siguiente:

Ventaja 1. Ejecución de mantenimiento.- No hay problema con la ejecución del mantenimiento. Esto se debe a que el proceso no es complicado y los técnicos son capacitados y expertos.

Desventaja 1. Abastecimiento del mantenimiento.- Existe mucho tiempo de espera de los recursos e insumos para realizar los mantenimientos.

Desventaja 2. Habilidad del personal de mantenimiento.- El personal involucrado tiene mucho problema con seguir los procesos, no existe orden.

Desventaja 3. Administración del mantenimiento.- Las tareas no están definidas y el empleados tienen sobre cargas de trabajo por no tener buena programación.

### **Propuesta de Solución (Modelo, Método, Procedimiento, Algoritmo, etc.)**

#### **Alineamientos de los objetivos específicos de la gestión de mantenimiento**

Vamos a definir claramente el orden de los objetivos específicos mencionados en la matriz de consistencia:

#### **Recursos de gestión de mantenimiento**

Reorganización del organigrama para el área de máquinas dentro de la empresa.

Creación de partes diarios y partes post mantenimiento (check list), para poder hacer seguimiento a las máquinas día a día y colaborar con la detección de los problemas o fallas.

#### **Trabajo en gestión de mantenimiento preventivo**

Generación de un historial de fallas para colaborar con los diagnósticos de futuras reparaciones.

Estructurar las fallas en grados o niveles de importancia. Averías urgentes, averías importantes o averías cuya solución pueda programarse.

Modificar los procedimientos (proceso de preparación y ejecución) para el mantenimiento correctivo y todas las actividades involucradas.

Determinar los mecanismos de control.

#### **Trabajo en gestión de mantenimiento correctivo**

Generar un programa de mantenimientos para la vida útil de cada una de las máquinas.

Modificar los procedimientos, cuales son los pasos a seguir para la preparación del próximo mantenimiento.

Determinar los mecanismos de control.

### Trabajo en gestión de abastecimiento de recursos

Seleccionar los insumos/repuestos que son los más importantes para el funcionamiento de cada máquina.

Diferenciar los insumos/repuestos en una tabla de prioridades (Matriz de krajić) para poderles dar un grado de importancia. Estos estarán sujetos al costo de inventariar vs costo de no tener el insumo/repuesto en stock.

Realizar un pronóstico de la demanda de repuestos e insumos, para lograr la planificación de los inventarios adecuada.

Determinar los mecanismos de control.

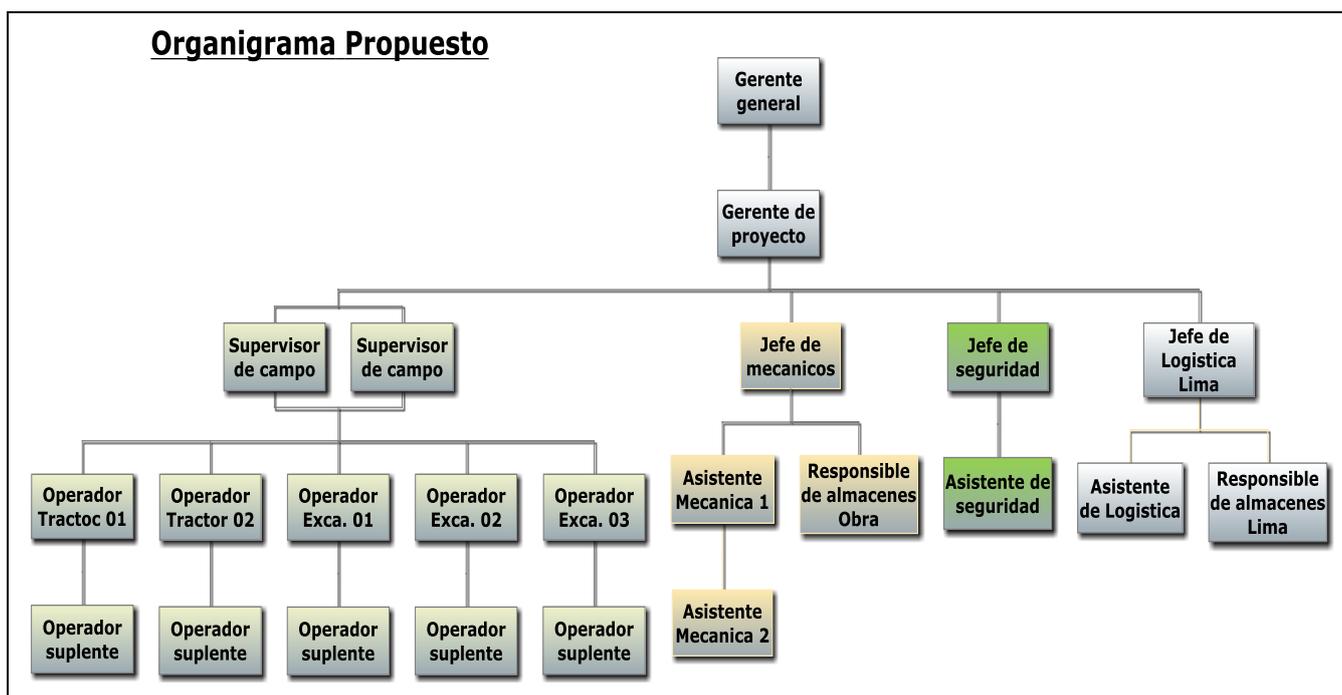
### Calcular los costos implícitos de la alternativa propuesta

### Herramientas propuestas para la gestión integral de mantenimiento

#### Reorganización del organigrama

En la imagen Nro. 11 ilustramos es el organigrama general sobre el cual se realiza la presente investigación. Regularmente observamos que el trabajo se realiza en 2 campos, operaciones mina y Logística en Lima.

#### Imagen Nr11: Propuesta de organigrama para división de Máquinas



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en nuestra propuesta estamos definiendo: el área de operaciones, área de medio ambiente y seguridad, área de mantenimiento y el área de logística. También se está generando un almacén en obra que está bajo responsabilidad del área de mantenimiento

## **Check List**

Los frentes de trabajo tienen condiciones distintas, las diferencias existen en las capacidades de los operadores, el estado de la máquina, el terreno de trabajo o el trabajo realizado. Si podemos registrar estos datos diariamente podremos hacer un mejor seguimiento dentro de nuestra gestión. Estos factores son poco estudiados pero bastante influyentes dentro en la conservación y manejo administrativo de las máquinas.

Para empezar propondremos la implementación de check-list, de esta forma trabajaremos de una forma organizada el proceso del registro, para el historial.

### **Objetivos de la implementación de check list**

Es necesario saber cuáles son los logros a alcanzar con esta implementación, sobretodo es necesario que los que están involucrados en el proceso sean conscientes de cuál es el objetivo con esta implementación.

Logros esperados de la implementación

Detección de fallas.- Esperamos que cuando se examine las máquinas en el proceso de chek list. Los operadores o los mecánicos encuentren las fallas ocultas que no siempre saltan a simple vista.

Predicción de fallas.- Otra de las ventajas de tener este sistema impuesto. Es que se puede monitorear el desgaste de las piezas y planificar futuras reparaciones o correcciones en el proceso.

Registro detallado.- El tener un historial de las máquinas colabora en distintos procesos como por ejemplo:

Diagnosticar las reparaciones: Cuando las fallas sean iguales, el personal de mantenimiento ya no va a necesitar trabajar sobre un proceso de reparación, solo tendrá que repetir el proceso ya utilizado tiempo atrás.

Recursos utilizados: Se va a poder llevar una lista de todos los repuestos utilizados por máquina. Esto va a ayudar a llevar una contabilidad más ordenada.

Planificar mantenimiento.- Los mantenimientos preventivos son planificados de acuerdo al horómetro de las maquinas. Una de las partes de un check list es registrar que hora actual del horómetro. Con este dato es fácil programar el próximo mantenimiento.

Identificación de mejores proveedores.- Con el historial podemos hacer un seguimiento de los repuestos cambiados. Con esto podemos hacer un análisis financiero de cada repuesto e identificar los repuestos económicamente más eficientes.

Detección de operadores deficientes.- Mediante este registro podemos ver que operadores tienen más problemas, y cuales son más eficientes con el trabajo.

Identificación de terrenos difíciles.- Podremos registrar que ambientes son más complicados para las máquinas y en cuales se desenvuelven con facilidad.

### **Implementación del check list**

Se necesitan dos responsables por cada check list, los operadores ejecutan en campo y el supervisor que los registra. Lo primero que necesitamos es la aprobación y colaboración de la parte ejecutiva para la implementación, es necesario establecer reglas claras para que esta herramienta se pueda implementar y perdurar en el tiempo.

El documento tiene legitimidad dentro de la empresa.

Tiene que existir una computadora en obra donde registrar las fichas.

Se realizarán capacitaciones programadas para el llenado y reporte del Check list.

Se controlará el correcto llenado y uso de las fichas.

El supervisor tiene que ser el responsable de digitalizar la información todos los días.

Los operadores son responsables de la máquina una vez completado el llenado la ficha.

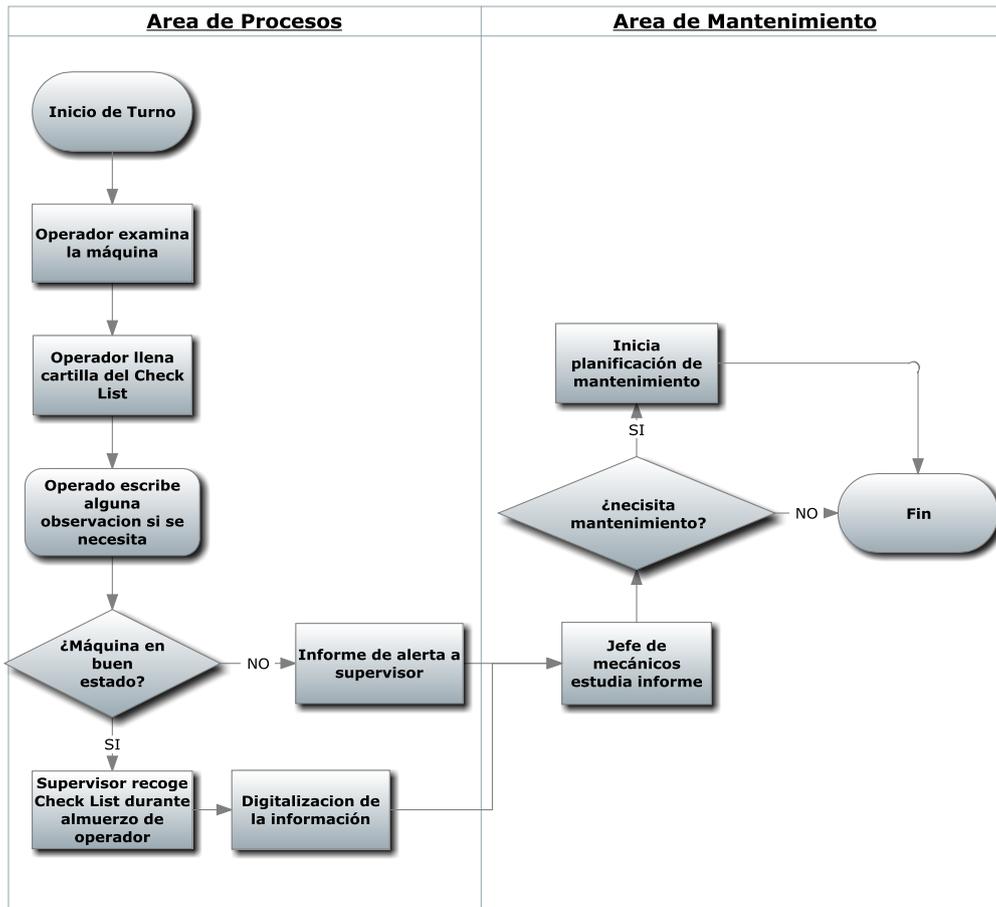
Se proponen dos check list, uno para el área de operaciones y otro para el área de mantenimiento.

### **Check list operaciones**

La primera será utilizada por los operadores todos los días al empezar el turno. La responsabilidad será enteramente asignada a los operadores si la máquina presenta algún desperfecto en los puntos asignados por la carta y los operadores dejaran de registrarlos ellos serán los responsables.

En la Imagen Nro. 12 mostramos la propuesta plasmado en un flujo grama. Las personas involucradas son 3: los operadores, los supervisores de operaciones y el jefe de mantenimiento.

### Imagen Nro. 12: Flujo grama del proceso de Check List operaciones



Fuente: Elaboración propia

Se espera que con el flujo grama propuesto las personas involucradas tengan total conocimiento del proceso, desde el inicio al final.

#### **Propuesta de Check List Operaciones**

En Imagen Nro. 13 a continuación mostramos una propuesta de check list para operaciones. Necesitamos saber que esta tiene que ser de fácil llenado por que los operadores no van a tomar más de 3 minutos en llenarla y 15 minutos en hacer todo el proceso.

**Imagen Nro. 13 "Registro de un Check List para mantenimiento rápido"**

REGISTRO DE MÁQUINA			Nro.
Horometro Inicio		Fecha:	
Horometro Fin		Turno:	
Tipo de trabajo			
Tipo de trabajo:	Ecavación	Demolición	Movimiento
Descripción:			
Inspección Máquina			
Supervisión:	Eléctrico	Mecánico	Controles
	Electronica	Hidraulica	Otros
Observación			
Detección de falla			
Localizacion de falla	Eléctrico	Mecánico	Controles
	Electronica	Hidraulica	Otros
Observación			
Operador:		Firma:	

Fuente: Elaboración propia

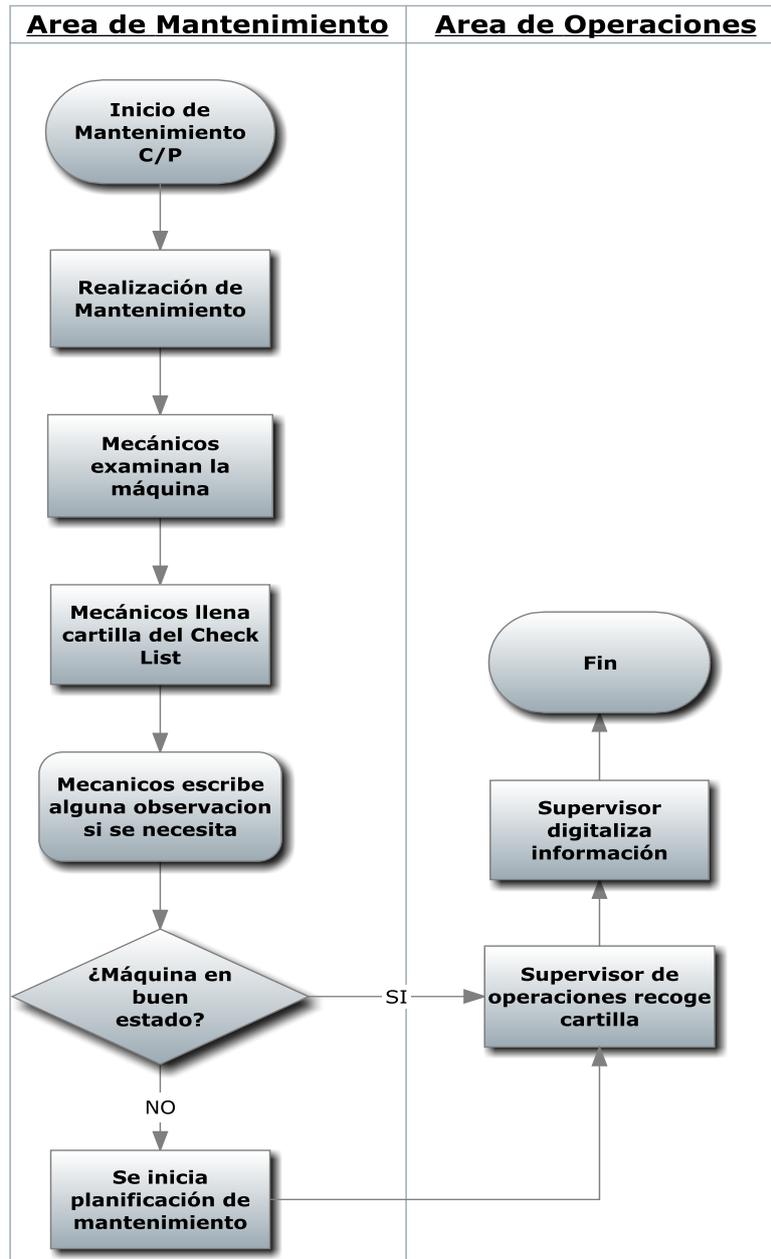
El Check List diario se tendrá que llenar al inicio del día. Definen puntos importantes como: las horas de trabajo, el operador responsable, el trabajo realizado, la falla en alguno de los sistemas.

#### **Check list mantenimiento**

La segunda será utilizada al finalizar los mantenimientos preventivos. Esta carta será llenada por personal de mantenimiento. Se espera encontrar y registren los problemas internos que tengan la máquina, y que sean difíciles de detectar por los operadores.

#### **Diagrama de actividades del proceso de llenado del Check List mantenimiento**

En la Imagen Nro. 14 mostramos la propuesta de un Flujo grama del uso de Check List para el área de mantenimiento. Las personas involucradas son tres: Asistente de mecánico, los supervisores de operaciones y el jefe de mantenimiento.

**Imagen Nro. 14: Flujo grama del proceso de Check List mantenimiento**

Fuente: Elaboración propia

Se espera que con el flujo grama propuesto las personas involucradas tengan total conocimiento del proceso, desde el inicio al final.

### Propuesta de Check List Mantenimiento

En la Imagen Nro. 15 mostramos una propuesta de check list para el área de mantenimiento. Este Check List tendrá que ser más específico. El llenado será realizado por los mecánicos y el examen de la máquina será exhaustivo. No existe tiempo límite para este proceso

**Imagen Nro. 15 "Registro de un Check List para mantenimiento preventivos"**

Registro de Máquina					
Mecanico:		Fecha:		Horometro:	
Nro Maquina:		Turno:			
Mantenimiento Preventivo					
Pieza de Mant.	Reemplazo	Lubricación	Calibración	Limpieza	Otros
1. AAAA	X				
Observacion:					
2. BBBB		X		X	
Observacion:					
3. CCCC			X		
Observacion:					
4.					
Observacion:					
5.					
Observacion:					
Mantenimiento Predictivo Zona Amarilla					
Pieza de Mant.	Reemplazo	Buen estado	Observación		
1. AAAA		X	SSSSSS		
Pieza de Mant.	Reemplazo	Buen estado	Observación		
2. BBBB		X	LLLLLLL		
Pieza de Mant.	Reemplazo	Buen estado	Observación		
3. CCCC		X	ZZZZZ		
Pieza de Mant.	Reemplazo	Buen estado	Observación		
Mantenimiento Predictivo Zona Roja					
Pieza de Mant.	Reemplazo	Buen estado	Observación		
1. AAAA	X				
Pieza de Mant.	Reemplazo	Buen estado	Observación		
2. BBBB		X	LLLLLLL		
Pieza de Mant.	Reemplazo	Buen estado	Observación		
3. CCCC	X				
Pieza de Mant.	Reemplazo	Buen estado	Observación		

Fuente: Elaboración propia

### Historial de máquinas

Es importante para la gestión de mantenimiento, generar un historial a todos los acontecimientos en las maquinas. Con el historial podremos hacer retroalimentación de nuestros procesos, y así mejorar continuamente, al registrar podemos empezar a hablar de un Know how dentro de la empresa.

### Objetivos

El objetivo principal de hacer un historial, es el de poder manejar información relevante en el rubro de máquinas. Al tener registrado todos los acontecimientos, se va a poder administrar la información. La empresas podrán manejar y familiarizarse con los acontecimientos ocurridos (fallas, reparaciones, calidad de repuestos/insumos, operadores, etc), con esta experiencia la empresa va a poder reaccionar más eficiente y rápidamente ante cualquier acontecimiento.

## **Logros esperados de la implementación**

### **Historial de reparaciones**

Es necesario para saber de qué forma la máquina viene fallando y porque es que se debieron estas averías. Todas las máquinas tendrían sus propios historiales en el cual especificaría cuando, como y porque fueron reparadas. Esperamos lograr que las reparaciones en los mantenimientos correctivos se tornen rutinarias, por ya existir antecedentes de fallas similares.

### **Historial de repuestos/insumos**

Con esto, todas las compras serán censadas. Los equipos siempre utilizan los mismos repuestos, pero existe en el mercado una gran variedad de oferta. La diferencia entre opciones siempre está definida entre la calidad y precio. Con este historial es posible saber por medio de la práctica en el uso, cuales son los repuestos económicamente más eficientes. Esperamos que con este historial la empresa pueda escoger mejor sus proveedores.

### **Historial de operadores**

Todas las máquinas tienen operadores designados y trabajan en turnos definidos. Con un historial podremos detectar las debilidades y fortalezas de cada uno de los operarios dentro de sus actividades. Esperamos con esta implementación detectar y definir bien las capacidades de los operadores para poder trabajar en sus capacidades con capacitaciones externas e internas.

### **Historial de operaciones**

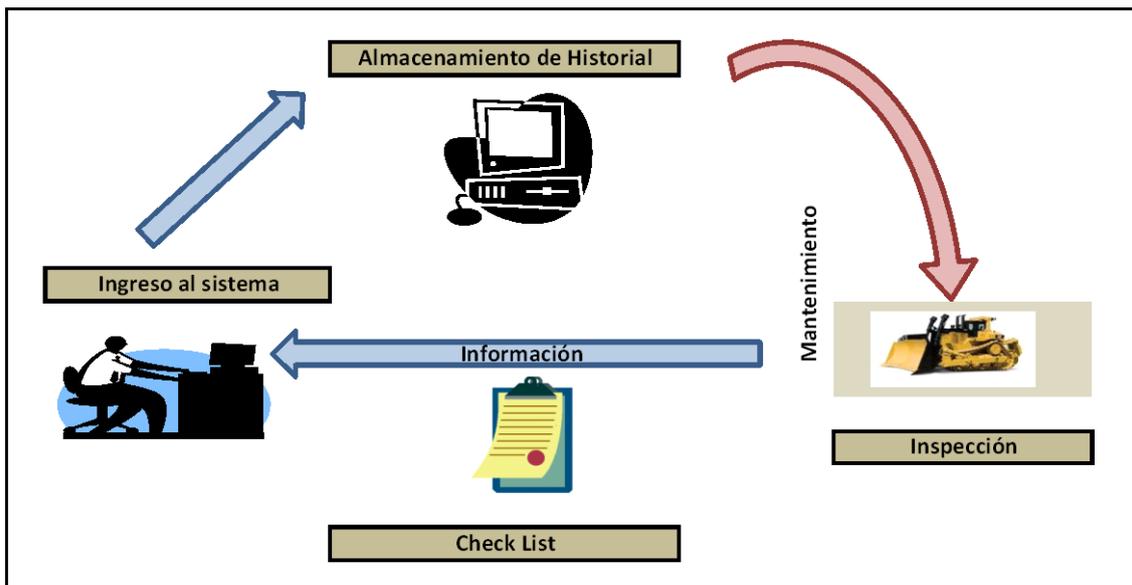
Los equipos dentro de los frentes tienen distintos tipos de actividades o de suelos que remover. Con un historial de trabajo podremos saber que actividades son más favorables o más desgastantes para los equipos. Con esta información la empresa se podrá preparar mejor en las actividades difíciles que tenga que realizar.

### **Implementación del historial de máquinas**

Para poder implementar como trabajar con el historial de máquinas hemos trabajado sobre un gráfico que plasma el circuito de esta actividad.

En la Imagen Nro. 16 a continuación podemos observar como es el proceso de almacenamiento de datos.

**Imagen Nro. 16 Actividades en la construcción del historial de fallas**



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior podemos observar cómo se mejora el mantenimiento, en un circuito de retroalimentación, con la implementación del Check List y posteriormente con el Historial de fallas.

### **Sistema de información para mantenimiento**

La computadora, como herramienta de trabajo, y el respectivo software de administración del mantenimiento, como instrumento, son imprescindibles en la aplicación y desarrollo de un mantenimiento integral. Ambos ayudarán a que el mantenimiento cumpla su misión.

Con esta implementación se va a lograr la integración del proceso de mantenimiento con procesos relevantes como: programación de la producción, contabilidad, control de tiempos, control de inventarios, etc.

### **Objetivos esperados de la implementación de software**

- Mayor control de información.
- Mayor capacidad de traslado de información.
- Reducción de tiempos de mantenimiento.
- Mejor control de obsolescencia.
- Mejor control de recursos.
- Mejor control de procesos.
- Reducción de tiempos en: Lead time, preparación de mantenimiento, reabastecimiento.

### **Pasos a seguir para la implementación de software**

Para la implementación de un software, primero tenemos que definir sobre qué programa vamos a trabajar. Para esta propuesta hemos encontrado factible adquirir la

licencia del FacilitiesDesk, el programa va a necesitar una inversión de \$ 4,000.00 que permite tener una plataforma especializada en gestión de mantenimiento. En esta plataforma es posible registrar los datos generados dentro de las áreas de operaciones, mantenimiento, logística, etc.

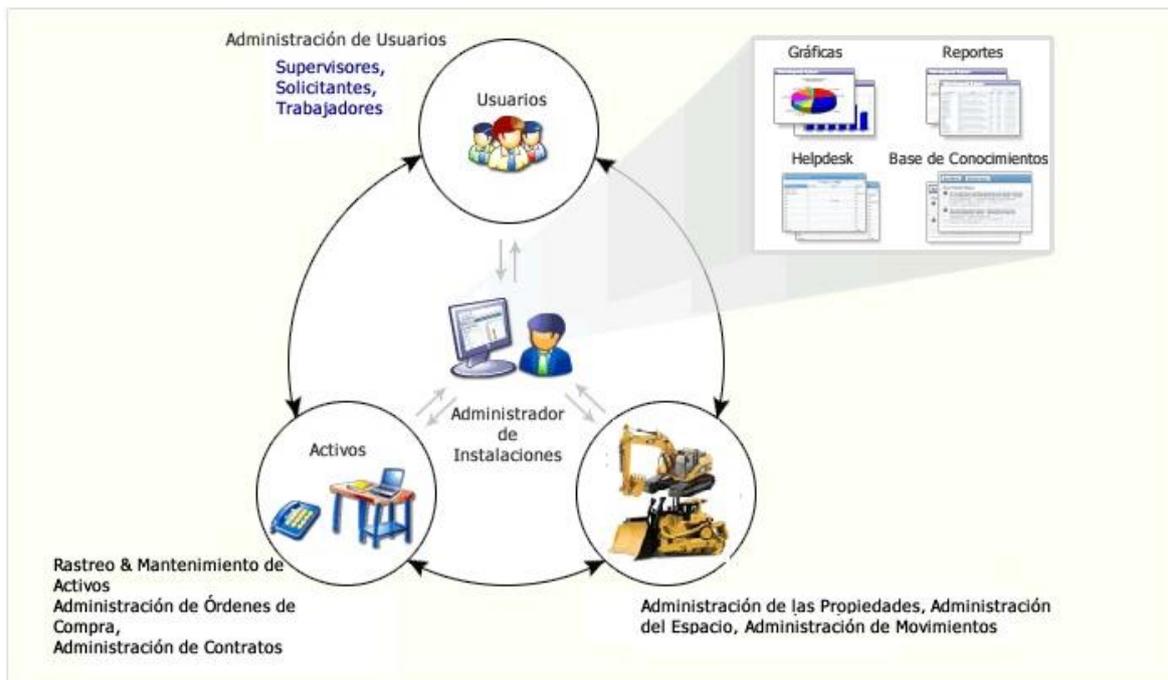
El software tendrá que ser implementado por técnicos especializados. Se contratará un equipo temporal de 6 meses. Ellos tendrán que tener la colaboración de toda la empresa, incluyendo personal administrativo y operativo. El equipo tendrá que definir los procesos y capacitar la implementación con toda la empresa.

Una vez implementado el software, este tendrá que administrarse permanentemente por un personal contratado. Para esto en la propuesta se contempla la contratación de un técnico de software que pueda administrar este programa todo el tiempo.

Las capacitaciones serán programadas y elaboradas por el equipo de software. Ellos tendrán que enseñar cómo utilizar el programa.

En la Imagen Nro. 17 a continuación muestra el flujo de operaciones que tendrá la implementación del software. También vemos lo que podemos llegar a obtener.

**Imagen Nro. 17 Esquema de implementación y ventajas de un software de mantenimiento**



Fuente: Elaboración propia

## **Gestión de mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo es el más importante dentro del mantenimiento. Es el más antiguo y a la vez el que ha venido siendo eliminado con nuevas técnicas y tecnologías. A pesar de los esfuerzos por eliminar las reparaciones por fallas, ninguna empresa puede trabajar con el supuesto de que nunca va a ocurrir una falla mecánica, por esto, para empezar una gestión de mantenimiento tenemos que trabajar sobre una gestión que soporte eventuales fallas

### **Asignación de prioridades**

Sabemos que las horas hombre por equipo en mantenimiento, y los stocks de repuestos/insumos que existentes en almacén siempre son factores limitantes dentro del procesos de mantenimiento. Por esto es necesario saber qué fallas se tienen que atender primero y cuales pueden esperar a una programación.

Por esta razón es importante generar niveles de prioridad para cada tipo de falla detectado. Para poder hacer estas asignaciones tenemos que tener en cuenta lo siguiente: ¿Qué consecuencias genera la espera en el tiempo de reparación? ¿Cómo la falla impide la operatividad de la máquina? ¿Qué pasa si no se repara el problema? ¿Cuánto tiempo se especula para que la falla o pronóstico de falla genere un problema mayor?

Como propuesta tenemos que las fallas serán separadas en cuatro niveles, y están definidas a continuación:

#### **Nivel 1, Reparación urgentes**

Desperfecto total o peligro de seguridad, falla deja la máquina totalmente inoperable. Se necesita reparación inmediata

#### **Nivel 2, Reparación importantes**

Desperfecto parcial de la máquina. Entre las consecuencias inmediatas encontramos: el desgaste del equipo será mayor, la operatividad de la máquina se dificulta, el equipo no podrá operar las horas normales.

#### **Nivel 3, Reparación para programar**

Desperfectos no generar dificultad en la operatividad, pero es un potencial para convertirse en falla "Nivel 1" o "Nivel 2".

#### **Nivel 4, Reparación pendiente a parada**

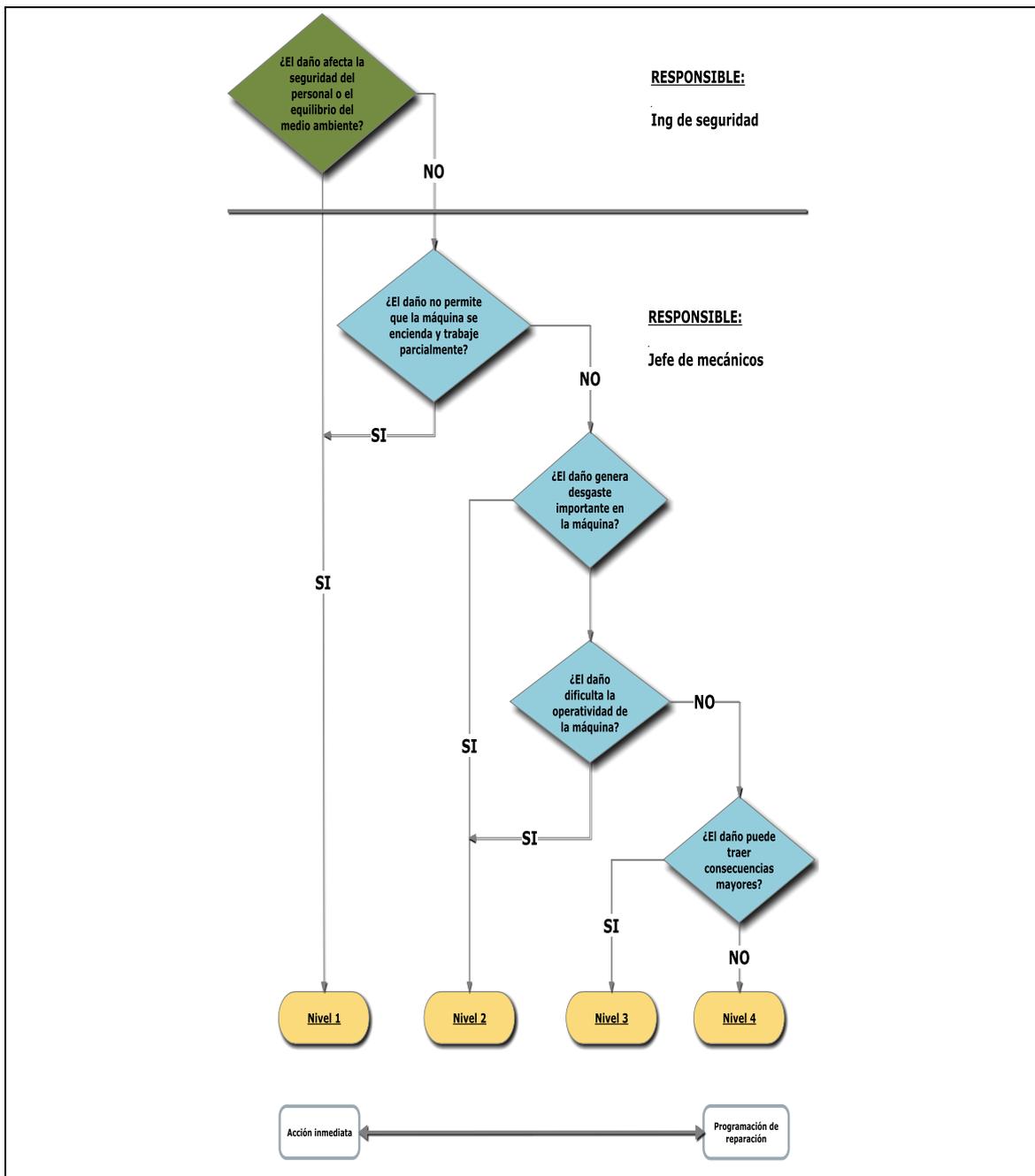
Desperfectos que no influyen en la operatividad y no generan ningún riesgo. Generalmente es el mantenimiento para cambio de piezas por desgaste. Estas reparaciones son planificadas con tiempo.

Es imposible clasificar en nuestros niveles a todas las fallas. Las máquinas tienen infinitas fallas y cada una de ellas en distintos grados, por ejemplo: el nivel de la

falla "fuga de aceite", dependerá de la cantidad de aceite que la máquina este expulsando. De esta forma, podemos ver que, para una misma falla podemos asignarle distintos niveles.

El problema de asignación de prioridades a las fallas tendrá que ser responsabilidad de dos personas, el jefe de mecánicos y el ingeniero de seguridad. El mecánico estudiara la parte mecánica del equipo y el ingeniero de seguridad el peligro inminente que genere la falla con el personal y el medio ambiente. Los encargados de asignar el nivel de prioridad a la falla en estudio, tendrán que utilizar el "Diagrama de flujo", propuesta en la Imagen Nro. 18 a continuación.

**Imagen Nro. 18: "Diagrama de flujo para la asignación de prioridades"**



Fuente: Elaboración propia

Este diagrama es la única forma de poder dar una guía a las personas encargadas en la asignación de niveles de prioridad, necesitamos que los responsables sean lo más precisos posibles y que este proceso sea rápido.

### **Procesos del mantenimiento correctivo**

Uno de los problemas de esta desorganización es que muchas veces los pasos se duplican, las órdenes se pierden en algún punto del proceso o por último los participantes dentro del mantenimiento correctivo no saben cómo actuar.

Para empezar a trabajar sobre el procedimiento de mantenimiento correctivo, es necesario definir sub procesos, que nos ayuden a mejorar y visualizar cada acción.

### **Sub procesos del mantenimiento correctivo**

#### **Identificación de falla en el proceso de preparación del parte diario (check list).**

El operador tiene la oportunidad de verificar la condición de la máquina por fuera y por dentro y si encuentra algún desperfecto está en la obligación de informar al supervisor de operaciones. Cumpliendo los pasos del proceso mostrado en el flujograma del Check List Operativo.

#### **Identificación de la falla durante mantenimiento.**

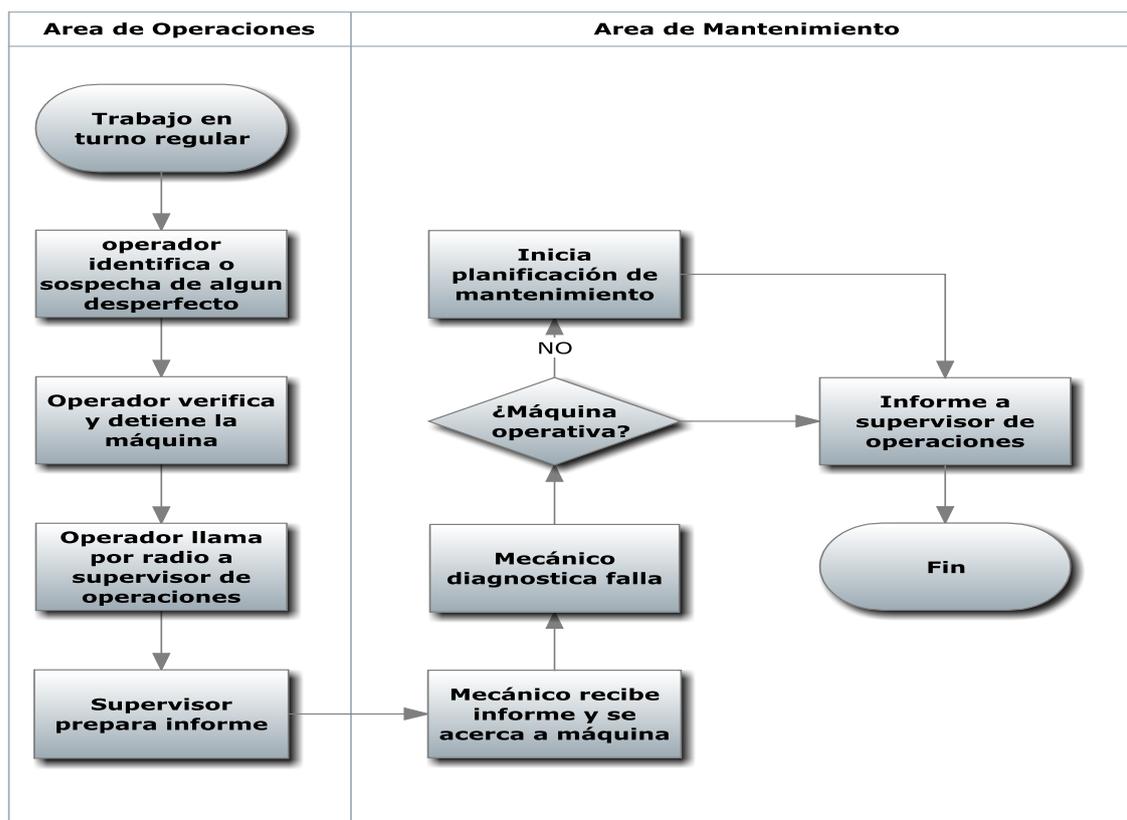
Una de las tareas fundamentales de los mantenimientos es apoyar a diagnosticar fallas o posibles fallas durante su realización, para esto los mecánicos tienen que llenar un check list especializado. Si el mecánico encargado de realizar el mantenimiento encuentra un desperfecto también se verá obligado en informar al supervisor de operaciones. En la implementación del Check List de Mantenimiento se trabajó el flujograma del proceso de Check List dentro de los mantenimientos preventivos.

#### **Identificación de la falla durante la actividad de la máquina.**

Los operadores tendrán la facultad de detenerse en cualquier momento, si consideran que la máquina no está operando correctamente. Ellos pueden ayudarse a diagnosticar la falla con la computadora interna que lleva cada máquina. De ser el caso tendrán que informar al supervisor de operaciones y detener sus operaciones.

En la imagen Nro. 19 mostraremos el flujograma de operaciones por una falla durante las operaciones.

### Imagen Nro. 19: Flujo grama para detener una máquina en proceso



Fuente: Elaboración Propia

En este proceso están involucrados 3 personas: un operador, un supervisor y jefe de mecánicos. El operador inicia el proceso cuando detecta una anomalía, luego informa al supervisor, para que al final los mecánicos actúen si fuese necesario.

#### **Abastecimientos de repuestos para la gestión de mantenimiento propuesta.**

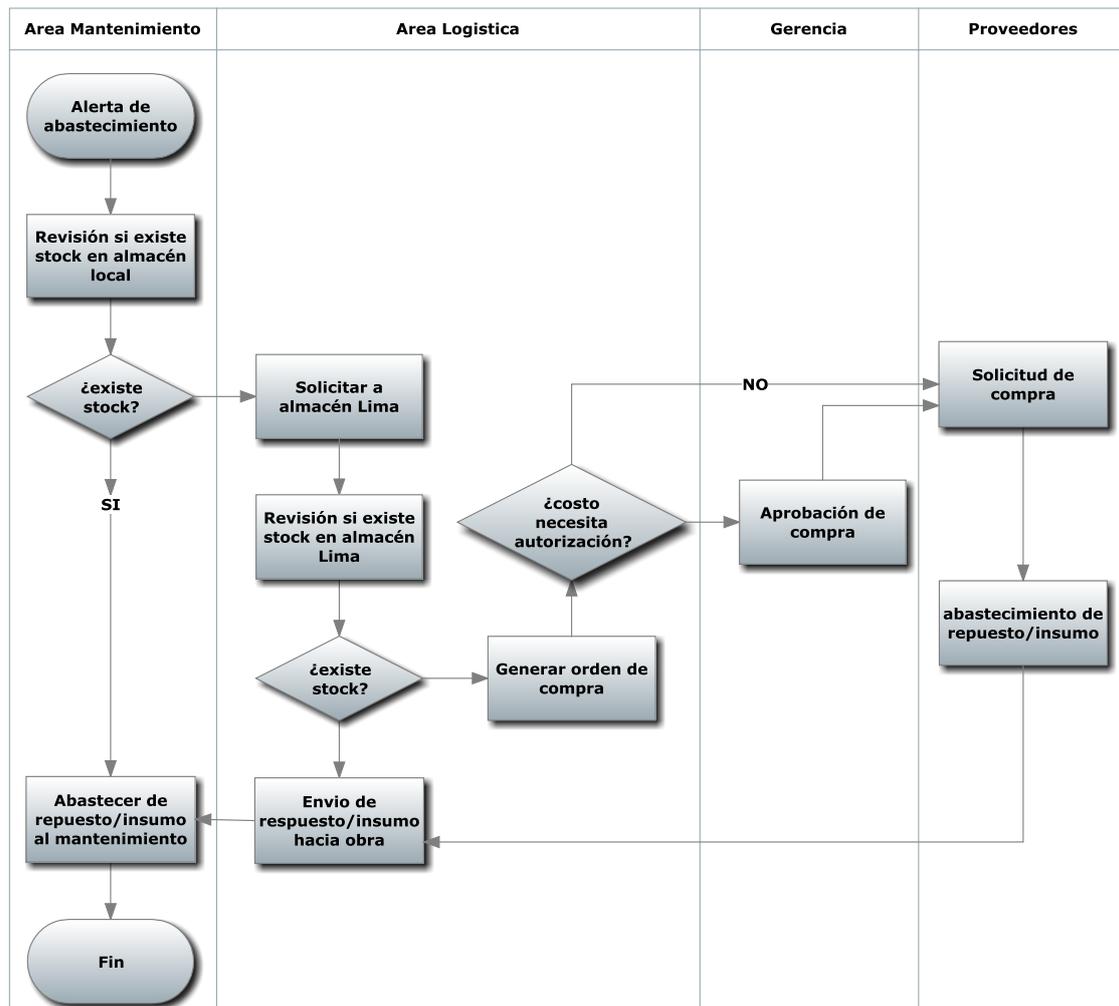
El abastecimiento de repuestos es labor del área de logística. El proceso está definido por las tareas de abastecimiento y registro de todos los insumos/repuestos que la empresa provee hacia los diferentes frentes de trabajo.

El área de logística recibe la solicitud y la procesa. Primero tienen que revisar si tienen el stock ya sea en obra o en lima, para luego hacer una solicitud del repuesto o insumo hacia sus proveedores.

El área de logística tendrá autonomía financiera limitada (caja chica para repuestos de bajo costo), para compras grandes tendrá que generar una solicitud. Las solicitudes tendrán que ser aprobadas por gerencia antes de ejecutarse la compra.

En la Imagen Nro. 20 a continuación, podremos definir el proceso de abastecimiento de insumos/repuestos mediante un flujo grama propuesto.

**Imagen Nro. 20: Flujo grama de abastecimiento de repuestos e insumos**

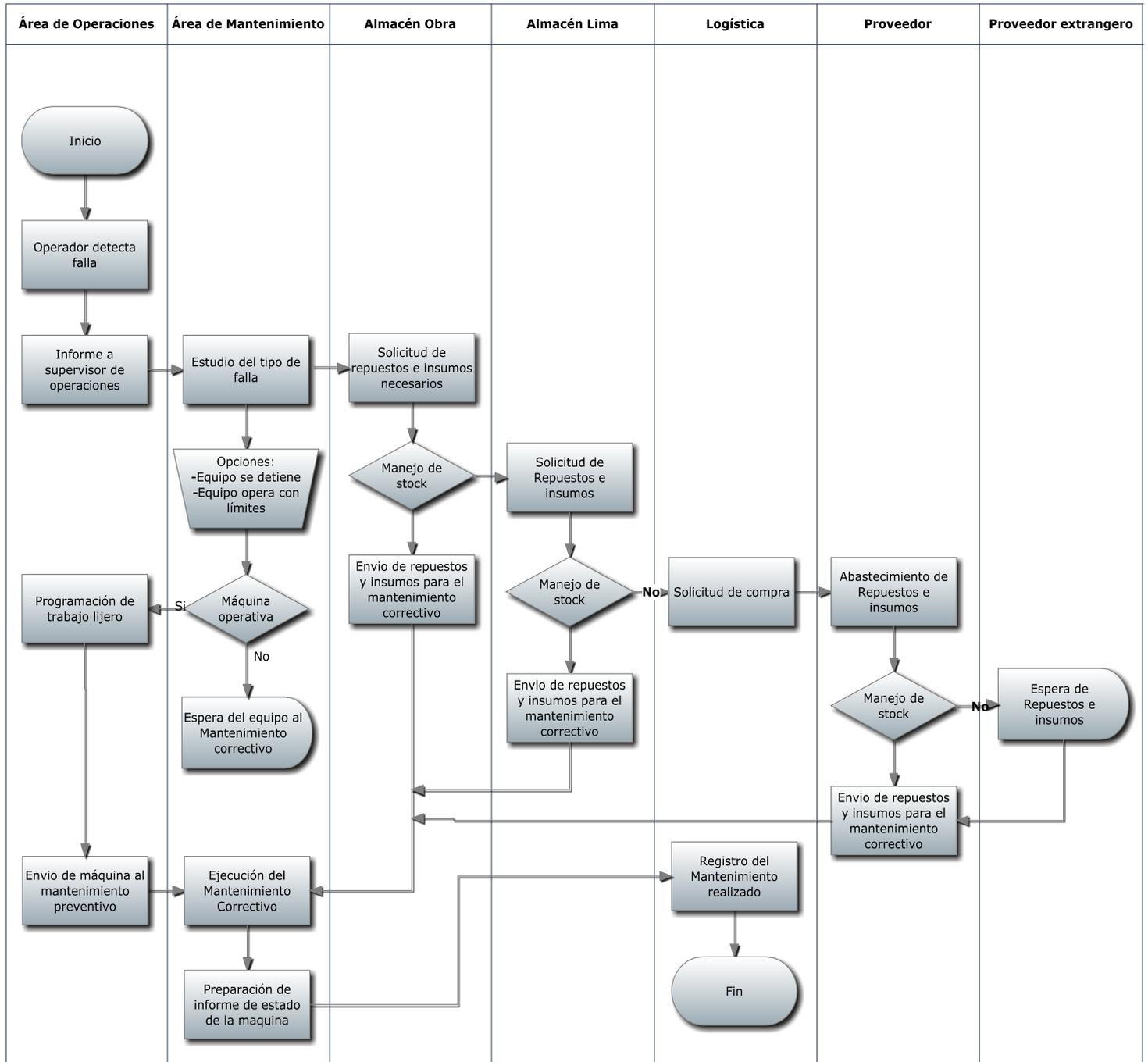


Fuente: Elaboración Propia

**Propuesta del proceso general de un mantenimiento correctivo y abastecimiento de repuestos e insumos.**

Para terminar en la Imagen Nro21 definiremos el procedimiento total de un mantenimiento correctivo.

**Imagen Nro. 21 Flujo Grama para el procedimiento de mantenimiento correctivo y abastecimiento de repuestos e insumos**



Fuente: Elaboración propia

**Descripción**

El proceso se inicia cuando el operador logístico detecta la falla de la máquina. El operador logístico informa al supervisor de operaciones los desperfectos de la máquina y a su vez, al asistente de mantenimiento para que evalúe el tipo de falla. Si la falla paraliza la máquina, el asistente de mantenimiento solicita al almacén de obra los repuestos e insumos necesarios, en caso contrario, si la falla no paraliza la

máquina se programa el trabajo ligero de la máquina y se envía la máquina a mantenimiento preventivo. El encargado del almacén de obra revisa el stock de repuestos, si hay stock envía los repuestos al área de mantenimiento, de lo contrario solicita los repuestos al almacén de Lima. El encargado del almacén de Lima revisa si cuenta con stock, en caso tenga stock envía el repuesto para el mantenimiento correctivo, en caso contrario solicita al analista de logística la compra del repuesto. El proveedor revisa si cuenta con stock, en caso tenga stock envía el repuesto al almacén de obra, en caso no cuente con stock, solicita al proveedor extranjero el repuesto. Finalmente, el repuesto llega al área de mantenimiento, se ejecuta el mantenimiento correctivo de la máquina. Por último, se prepara el informe de estado de la máquina y se registra el mantenimiento realiza.

### **Gestión de mantenimiento preventivo**

Dentro de esta herramienta encontramos dos procesos muy importantes. El mantenimiento preventivo que trabaja sobre la programación dentro de los parámetros de los manuales de mantenimiento, son especificaciones técnicas, recomendaciones de los ingenieros diseñadores del equipo. El segundo proceso es el mantenimiento predictivo, este mantenimiento trabaja sobre el historial y calculo estadístico de una posible falla. El mantenimiento predice la falla en base a chequeos periódicos focalizados con herramientas especiales, con esto se puede reparar antes de ocurrida la falla.

### **Plan de mantenimiento preventivo.**

El plan de mantenimiento preventivo está especificado en el manual de las máquinas. El seguimiento de los mantenimientos está dado por las horas de trabajo que lleve la máquina, entre las especificaciones encontramos ajustes, calibración, lubricación, reparaciones, limpieza y otros.

El objetivo principal del mantenimiento preventivo es la conservación del equipo. Mantener el equipo en buenas condiciones con una productividad aceptable.

Otra de las ventajas del mantenimiento preventivo es que podremos detectar fallas en fase inicial. Con la ayuda del "Check list mantenimientos", los mecánicos podrán dar alerta de cualquier falla no detectada en operaciones.

### **Imagen Nro. 22 Especificaciones Técnicas para mantenimientos**

	Descripción	Actividad
<b>CADA 10 HORAS</b>	Nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento Nivel de aceite del motor Separador de agua del sistema de combustible Agua y sedimentos del tanque de combustible Nivel de aceite del sistema hidráulico Indicadores y medidores Cinturón de seguridad Ajuste de la cadena Alarma de desplazamiento Tren de rodaje Varillaje del cucharón	Comprobar Comprobar Drenar Drenar Comprobar Probar Inspeccionar Inspeccionar Comprobar Comprobar Lubricar
<b>CADA 50 HORAS</b>	Acoplador Rápido Varillaje de la pluma y del brazo	Lubricar Lubricar
<b>CADA 250 HORAS</b>	Muestra de refrigerante el sistema de enfriamiento (Nivel 1) Muestra de aceite del motor Muestra de aceite de los mandos finales Correa – Inspeccionar/Ajuste/Reemplazar Condensador (del refrigerante) Nivel de aceite de los mandos finales Cojines de la rotación Nivel del aceite del mando de la rotación Filtro de aceite del sistema hidráulico (caja de drenaje) Filtro de aceite del sistema hidráulico (piloto) Filtro de aceite del sistema hidráulico (remoto)	Obtener Obtener Obtener Inspeccionar/Ajuste/Reemplazar Limpiar Comprobar Lubricar Comprobar Reemplazar Reemplazar Reemplazar
<b>CADA 500</b>	Muestra de aceite del sistema hidráulico Muestra de aceite del mando de rotación Varillaje de la pluma y del brazo Respiradero del cárter Aceite y filtro del motor Filtro primario del sistema de combustible (Separador de agua) Filtro secundario del sistema de combustible Tapa de colador del tanque de combustible	Obtener Obtener Lubricar Limpiar Cambiar Reemplazar Reemplazar Limpiar
<b>CADA 600</b>	Aceite del sistema hidráulico	Cambiar
<b>CADA 1000</b>	Batería Sujetador de batería Juego de válvulas del motor Nivel de aceite de mandos finales Aceite del mando de la rotación Aceite del sistema hidráulico	Limpiar Apretar Comprobar Comprobar Cambiar Cambiar
<b>CADA 2000</b>	Aceite de los mandos finales Rejilla del tanque hidráulico Receptor-secador (refrigerante) Cada año muestra del sistema de enfriamiento (Nivel 2 )	Cambiar Limpiar Reemplazar Obtener
<b>CADA 6000</b>	Prolongador de refrigerante de larga duración (ELC) para sistemas de enfriamiento	Añadir
<b>CADA 12000</b>	Refrigerante del sistema de enfriamiento (ELC)	Cambiar

**Fuente: manual de mantenimientos CAT**

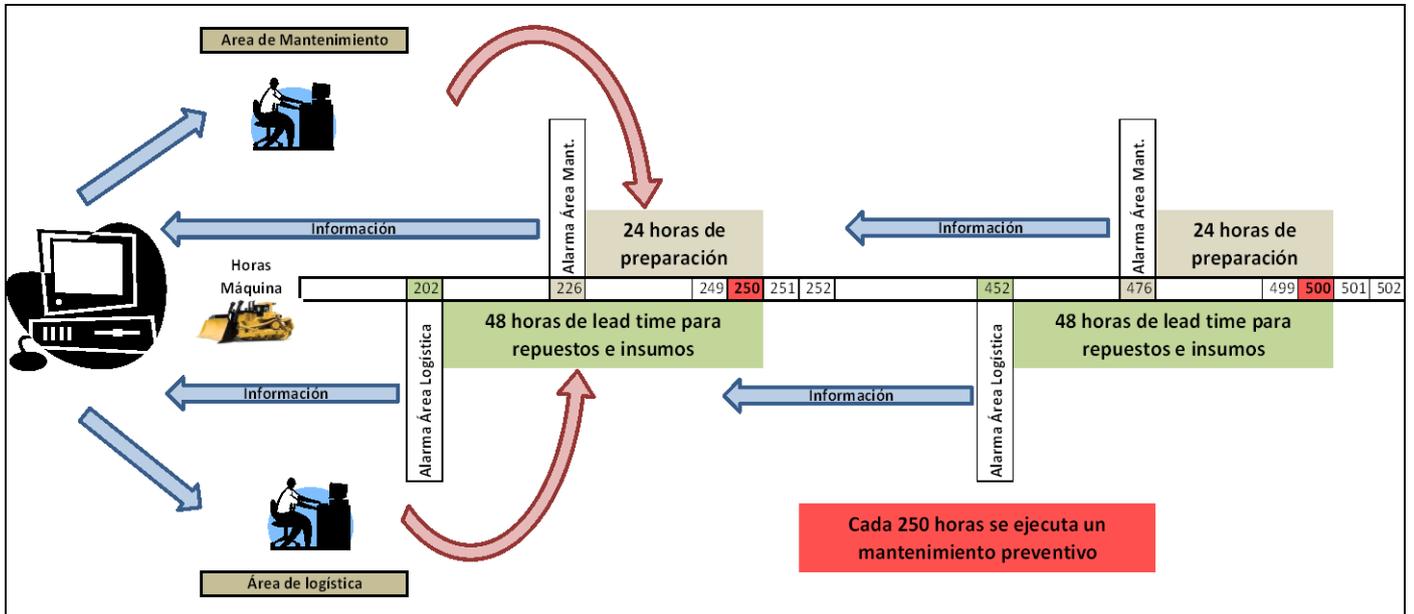
Como podemos observar en la imagen Nro. 22 el manual sugiere que la máquina sea atendida cada 10 horas para lubricaciones, inspecciones, ajustes y otros (procesos simples). Mientras que en las 250 horas aparecen los mantenimientos que requieren repuestos y técnicos especializados para realizarlos (necesitamos de mecánicos).

Por los motivos expuestos líneas arriba, los mantenimientos de 10 y 50 horas serán ejecutados por los mismos operadores, y se realizara en los cambios de turno. Mientras que se va a programar el mantenimiento preventivo para cada 250 horas, en los cuales van a trabajar sincronizada mente las áreas de: mantenimiento y logística.

Área de logística: Ellos se tienen que preocupar que los repuestos e insumos se encuentren en el almacén local en el momento que se programe el mantenimiento.

Área de Mantenimiento: El trabajo de ellos se encuentra en la programación y ejecución del mantenimiento preventivo.

### **Imagen Nro. 23: Esquema de Mantenimiento Preventivo**



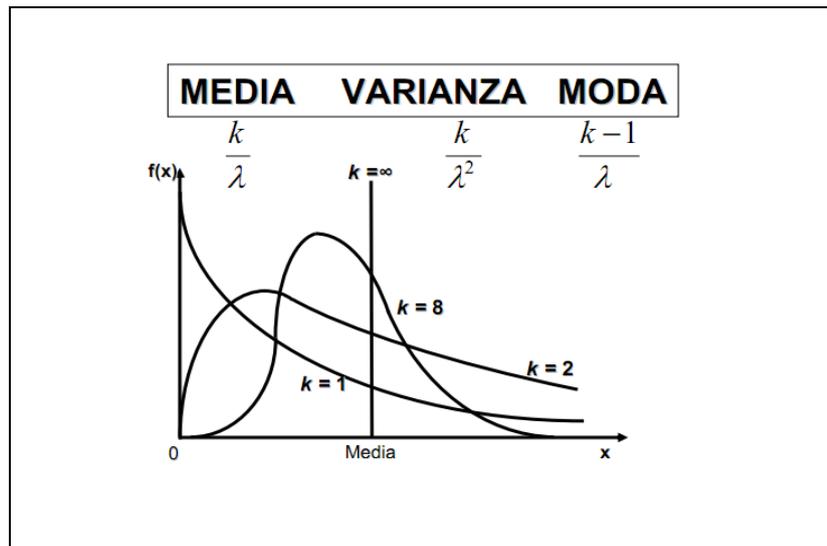
Fuente: Elaboración propia

Un software especializado tendrá que mandar alertar a las áreas de mantenimiento y logística (12 y 24 horas antes de la ejecución del mantenimiento). Véase Imagen Nro. 23.

### **Plan de mantenimiento predictivo**

En este trabajo de tesis proponemos como predecir momentos de fallas o rupturas. Una vez construido un historial de fallas, vamos a utilizar la distribución Erlang que es un método estadístico que muestra la probabilidad de ruptura o desgaste de un repuesto, de acuerdo al historial de los repuestos cambiados en el pasado. Este método probabilístico estadístico está definido por una función que puede cambiar en el tiempo.

**Imagen Nro. 24: "Distribución estadística Erlang para hallar probabilidad de ruptura o falla"**



Fuente: Elaboración Propia

La distribución Erlang es una función que se va ajustando a la realidad con el historial de los repuestos cambiados, cada cambio por desgaste obedece a un X (tiempo de desgaste) específico que a su vez influirá en los parámetros de K y  $\lambda$ .

$$f(x) = \frac{\lambda^k x^{k-1} e^{-\lambda x}}{(k-1)!}, x \geq 0, k \in \mathbb{N}^+$$

Se describe esta V.A. como: "La suma de K variables independientes distribuidas exponencialmente con parámetro Gama es una V.A. con distribución Erlang con parámetros k y Gama

**Método de Generación: Aplicando la definición**

Sea  $x_i$  v.a.  $\sim \text{EXPO}(\lambda)$   $i=1,2,\dots,K$

$$x = \sum_{i=1}^k x_i \Rightarrow x \sim \text{Erlang}(\lambda, k)$$

$$x = \sum_{i=1}^k -\frac{1}{\lambda} \ln(r_i) = -\frac{1}{\lambda} \ln\left(\prod_{i=1}^k r_i\right)$$

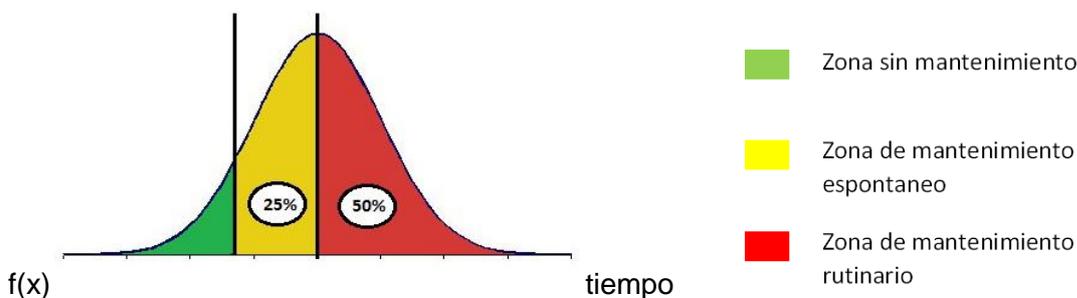
TIEMPO DE DESGASTE
$X_1$
$X_2$
$X_3$
$\vdots$
$\vdots$
$\vdots$
$X_{n-1}$
$X_n$

= K

El método para hallar ¿cuándo se tienen que hacer los mantenimientos predictivos para cada repuesto? El proceso automáticamente tiene que establecer en

qué etapa de la vida útil se encuentra el repuesto en cuestión. Para el trabajo establecemos tres etapas. Primera etapa es cuando no se necesita mantenimiento, la segunda es para que se programen mantenimientos espontáneos y la tercera es el estadio de mantenimiento permanente.

**Imagen Nro. 25: Distribución del desgaste para un repuesto**



Fuente: Elaboración Propia

Con la función de probabilidad generamos tres tratamientos del repuesto que estamos estudiando.

**Zona sin Mantenimiento**

En este punto la vida útil del repuesto es considerablemente nueva, entonces no es necesario que los programas de mantenimiento se preocupen en revisarlos.

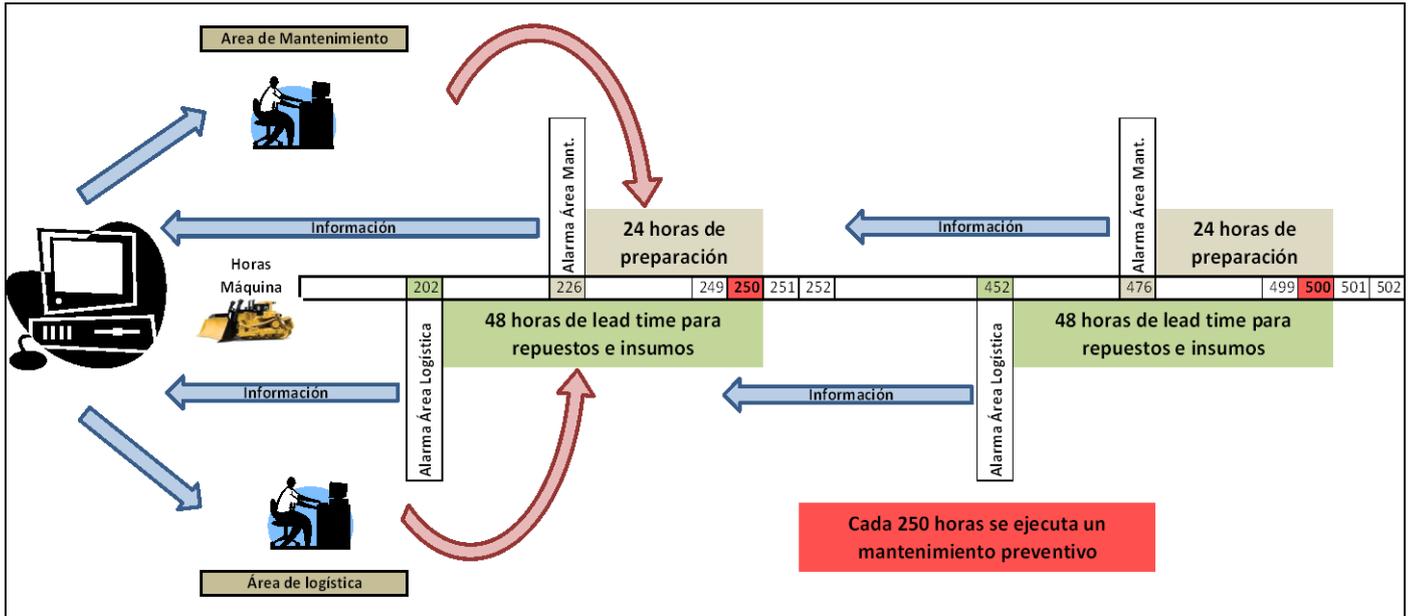
**Zona de Mantenimiento espontáneo**

Consideramos que cuando la vida útil de un repuesto está dentro de una probabilidad de 25% y 50% de falla o ruptura. Las empresas ya deben que tener cuidado con un eventual desgaste. Para esto deben empezar a programar mantenimientos preventivos espontáneamente. Los tiempos entre mantenimientos estarán definidos por el ciclo de vida del repuesto.

**Zona de Mantenimiento rutinario**

Cuando la probabilidad de desgaste pasa la barrera del 50% ya se debe tomar especial cuidado con este repuesto. Esto se debe a que el promedio de vida del repuesto ya sobrepasó la expectativa. Para asegurar el funcionamiento, la empresa tiene que programar los mantenimientos preventivos antes de que la falla ocurra.

**Imagen Nro26: Esquema de Mantenimiento Preventivo**



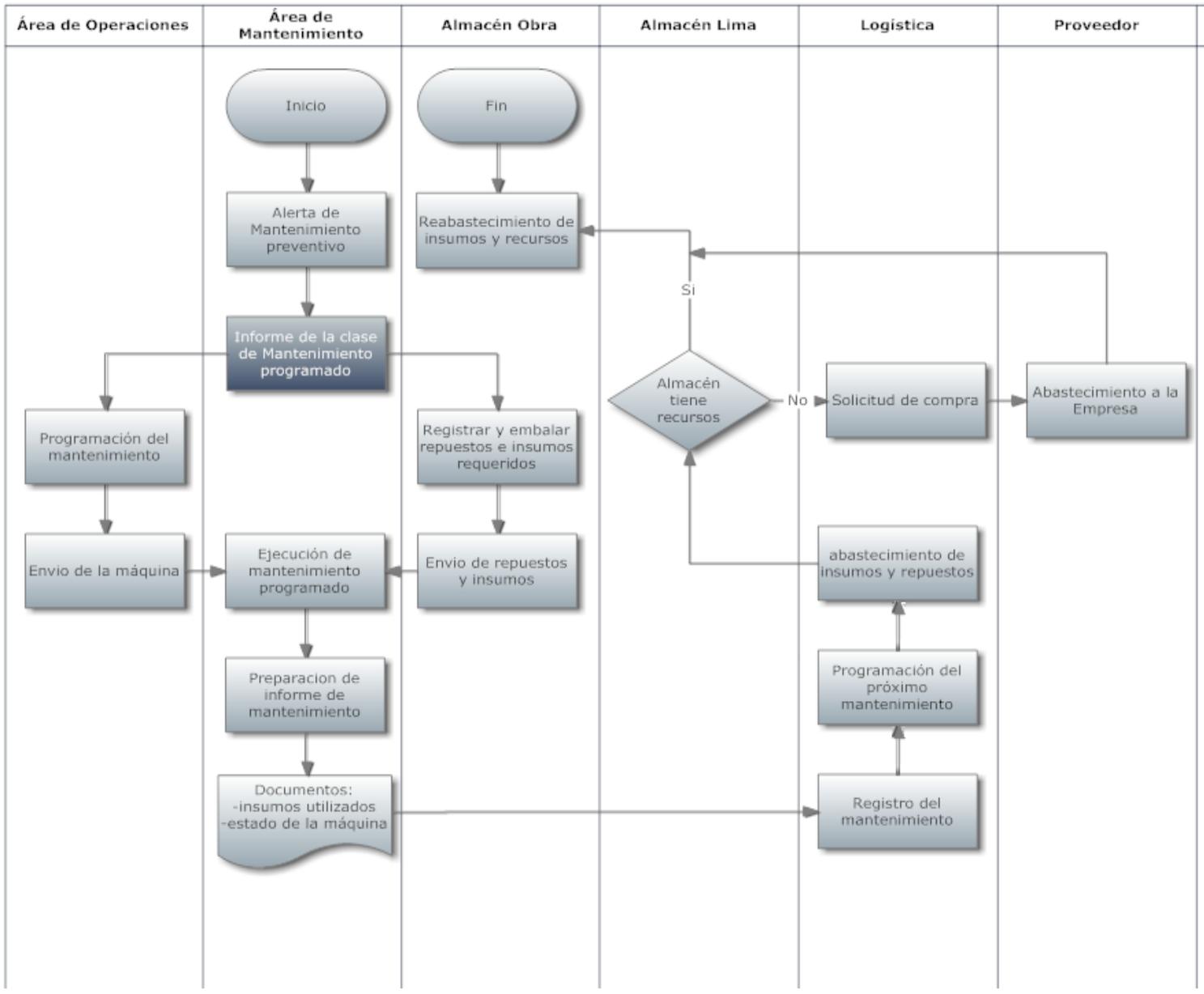
Fuente: Elaboración propia

**Proceso de mantenimiento preventivo**

Es necesario definir el proceso para que no existan las dudas de los participan en el proceso. De no ser así, se corre el riesgo de reproceso, confusión en actividades, perdida de información, etc.

A continuación Imagen Nro.26 flujograma del proceso de mantenimiento preventivo.

**Imagen Nro.27: Flujo grama del proceso de mantenimiento preventivo**



Fuente: Elaboración propia

**Herramientas para realización de mantenimiento preventivo**

**Termómetro laser**



Objetivo: Detectar por medio de laser las diferencias en temperaturas normal de los distintos motores que tienen los equipos. Estas diferencias son los primeros indicadores de que algo está trabajando mal.

### Medidor campo magnetico



Objetivo: Medir el campo magnetico de las bobinas de todos los motores eléctricos, con la finalidad de detectar su capacidad efectiva

### Ultrasonido industrial



Objetivo: Detectar por ampliación de señal audible la presencia de sonidos anormales en elementos rotativos, percibiendo mediante buena calibración de ruidos internos de fácil interpretación para el personal técnico de mantenimiento.

### Medidor vibratorio laser



Objetivo: Monitorear en forma continua (mantenimientos preventivos) puntos y partes de componentes importantes, para registrar la evolución de su comportamiento, determinar su confiabilidad y su tendencia de desgaste. De esta forma se programan intervenciones

## Gestión de abastecimiento de recursos

### Selección de insumos/artículos

En este tesis trabajaremos sobre la demanda de repuestos e insumos que existió en un año para todos los equipos considerados como maquinaria pesada. Para este estudio se utilizó la base de datos de todos los pedidos compras que llegaron al área de logística durante el año 2013.

En la investigación se realizó un Pareto de los repuestos usados y podemos observar que el 80% del valor global corresponde a los 31 repuestos adjuntos en el cuadro. Se necesitaron de 130 familias de repuestos o insumos diferentes y el gasto asciende a \$ 51,220.00 dólares.

**Imagen Nro. 28: “Repuestos de mayor porcentaje en valor monetario para el año 2013”**

	REPUESTO	Total general	%	% Acumulado
1	SIDECUTTER R 256-8690	\$14.229,86	10%	10%
2	ELEMENT AS	\$12.918,26	9%	18%
3	TIP PENE PLU	\$7.641,57	5%	23%
4	CATDEO 15W405CGI4	\$7.134,29	5%	28%
5	INJECTOR GP- (293-4072)	\$7.042,43	5%	33%
6	FILTER AS	\$5.764,25	4%	37%
7	MOBIL TRANS HD30 CILINDRO	\$5.040,11	3%	40%
8	MOBIL DELVAC MX 15W40	\$4.479,74	3%	43%
9	CAT HYDO ADV 10W55	\$4.264,35	3%	46%
10	HOSE AS	\$4.194,00	3%	49%
11	FILTER AS-LU	\$4.096,36	3%	52%
12	ELEMENT	\$3.880,04	3%	54%
13	MOBIL DELVAC MX 15W40 CILINDRO 208	\$3.763,14	3%	57%
14	CAT HYDO AD10W 5G	\$3.289,92	2%	59%
15	ADAPTER TIP	\$2.584,91	2%	61%
16	FILTER A-FUE	\$2.213,52	1%	62%
17	RADIOTRANSMISOR MOVIL VH 45WATTS 16 CAN	\$2.166,02	1%	64%
18	RETAINER GET	\$2.080,16	1%	65%
19	CATDEO 15W4055GCI4	\$2.038,19	1%	67%
20	MOBILTRANS HD 10W (CIL)	\$2.013,57	1%	68%
21	VALVE AS-ETH	\$1.911,98	1%	69%
22	MOBIL TRANS HD 10W CILINDRO	\$1.830,53	1%	71%
23	FILTER	\$1.780,59	1%	72%
24	HOSE A	\$1.769,77	1%	73%
25	TIP TIPPER	\$1.733,60	1%	74%
26	MOBIL DELVAC MX 15W40 CILINDRO	\$1.679,98	1%	75%
27	CAT ELC	\$1.640,34	1%	76%
28	FILTER A FUE	\$1.565,83	1%	77%
29	RADIOTRANSMISOR VHF 5 WATTS MOTOROLA EF	\$1.482,00	1%	78%
30	RADIOTRANSMISOR VHF MOVIL MOTOROLA EM	\$1.482,00	1%	79%
31	FILTER A OIL	\$1.282,84	1%	80%

Fuente: Empresa Chacongesa SAC.

En cuadro siguiente de la investigación podemos observar la lista completa de todas las familias de repuestos utilizados por el área de equipos.

A continuación en la tabla, podremos observar la diferencia entre los tipos de repuestos en la tabla Nro.2.

**Tabla Nro. 2: Tabla de los repuestos que económicamente más significativa para el año 2013**

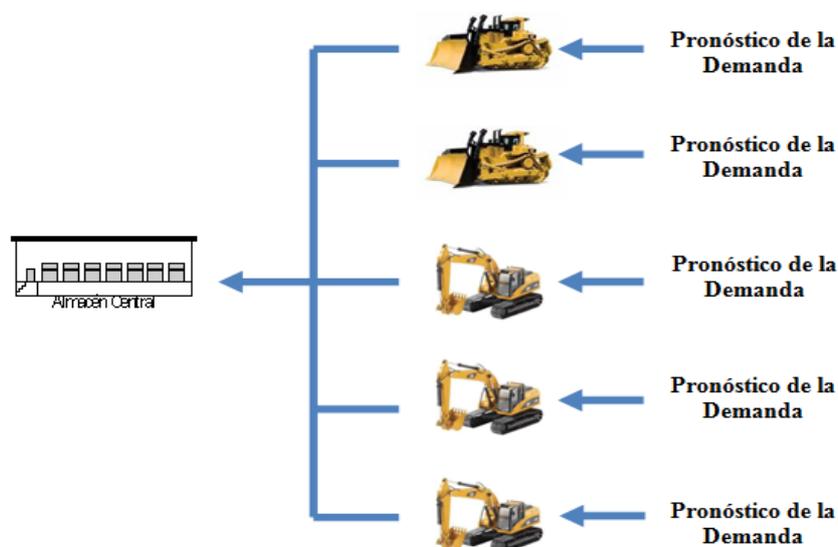
REPUESTO										
	Excavadora 01		Excavadora 02		Excavadora 03		Tractor 01		Tractor 02	
	Costo US\$	Cantidad	Costo US\$	Cantidad	Costo US\$	Cantidad	Costo US\$	Cantidad	Costo US\$	Cantidad
SIDECUTTER R 256-8690		0	\$14.230	1		0		0		0
ELEMENT AS	\$1.192	4	\$3.010	10	\$4.534	15	\$3.215	13	\$966	2
TIP PENE PLU	\$1.986	0	\$1.986	0	\$3.670	1		0		0
CATDEO 15W405CGI4	\$1.888	1	\$1.888	1	\$3.357	1		0		0
INJECTOR GP- (293-4072)		0		0	\$7.042	1		0		0
FILTER AS	\$1.426	8	\$1.294	6	\$1.433	8	\$1.319	6	\$292	1
MOBIL TRANS HD30 CILINDRO		0		0		0	\$5.040	1		0
MOBIL DELVAC MX 15W40	\$1.120	2		0	\$2.240	4	\$1.120	2		0
CAT HYDO ADV 10W55		0	\$4.264	2		0		0		0
HOSE AS	\$212	1	\$106	1		0	\$3.876	8		0
FILTER AS-LU	\$1.450	8	\$1.323	7	\$1.323	8		0		0
ELEMENT	\$1.363	4	\$365	1	\$1.761	5	\$391	1		0
MOBIL DELVAC MX 15W40 CILINDRO 208	\$1.882	1	\$1.882	1		0		0		0
CAT HYDO AD10W 5G		0		0		0	\$3.290	1		0

Fuente: Empresa Chacongosa SAC

En la tabla anterior estamos demostrando que existen repuestos que tienen un costo alto y un costo unitario, muy diferente de otros que el costo unitario es bajo pero su cantidad de uso hace que sean repuestos dentro de la categoría de los más representativos.

Otro punto importante de la propuesta es el almacén implementado cerca al centro de operaciones. Este almacén tendrá que estar abastecido y reabastecido obedeciendo a la demanda generada por cada uno de los equipos.

**Imagen Nro.29: “Gráfica ilustrativa sobre la demanda de insumos o repuestos de cada Máquina”**



Fuente: Elaboración Propia

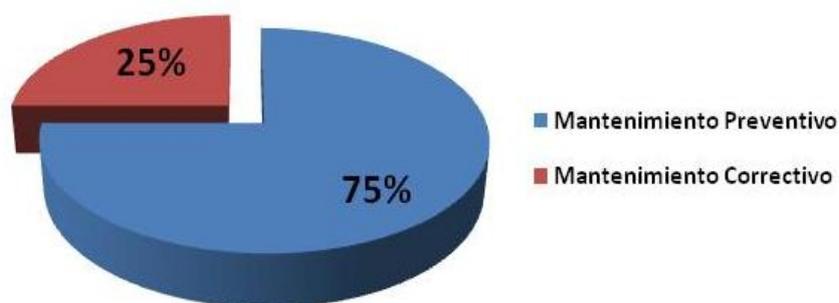
En conclusión, es necesario clasificar los repuestos en grupos o familias, con el fin de poder trabajar cada grupo con herramientas distintas para distintos tipos de reposición de inventariado.

### **Clasificación de los repuestos e insumos**

Como podemos ver en el análisis anterior es necesario clasificar los repuestos para poder trabajar la gestión de abastecimiento. La primera familia que encontramos está definida por los tipos de repuestos o insumos utilizados para los mantenimientos correctivos o preventivos respectivamente.

La primera ventaja de esta separación, es que tenemos que del total de compras realizadas en la muestra presentada el 75% de estas pertenecen a los repuestos o insumos utilizados en los mantenimientos preventivos.

**Imagen Nro. 30: “Distribución de los repuestos o insumos utilizados en los dos tipos de mantenimiento”**



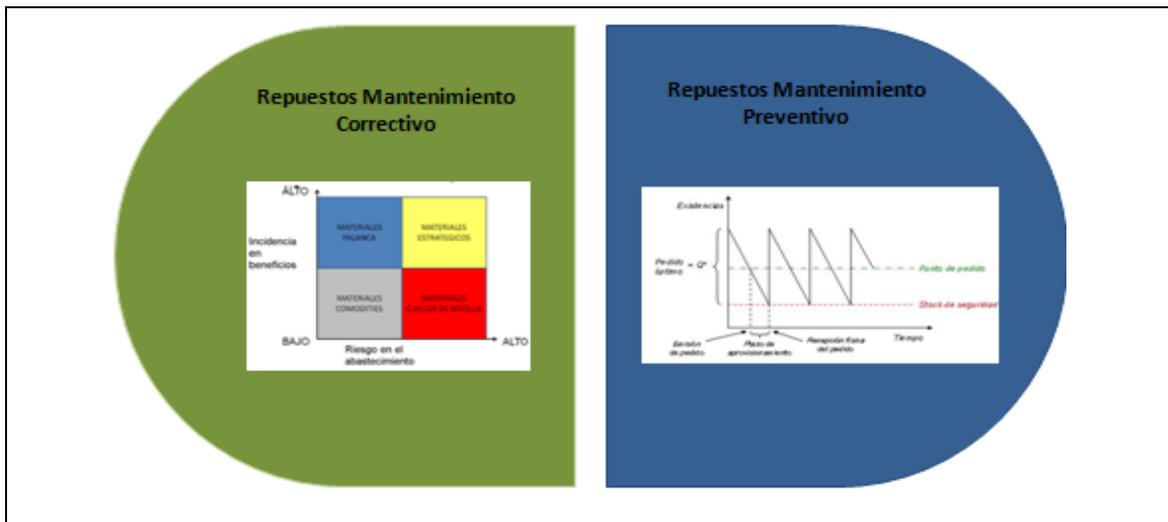
Fuente: Historial de compras Empresa Chacongosa SAC

Otra ventaja del grupo de mantenimiento preventivo, es tener definidos los ciclos de tratamientos para los repuestos o insumos utilizados durante el mantenimiento. Con estos datos podemos trabajar un reabastecimiento utilizando el modelo de cantidades fijas.

Con el 25% de los repuestos o insumos que son utilizados durante el mantenimiento correctivo. Es necesario hacer un nuevo reordenamiento. Podemos definir estos ítems dentro de la matriz de Kraljic.

El modelo de Kraljic nos va ayudar a clasificar los repuestos que vamos inventariar en almacén de acuerdo al impacto financiero versus el riesgo de quedar desabastecido para actuar ante un eventual mantenimiento correctivo.

Imagen Nro.31: "Clasificación de los repuestos o insumos"



Fuente: Elaboración propia

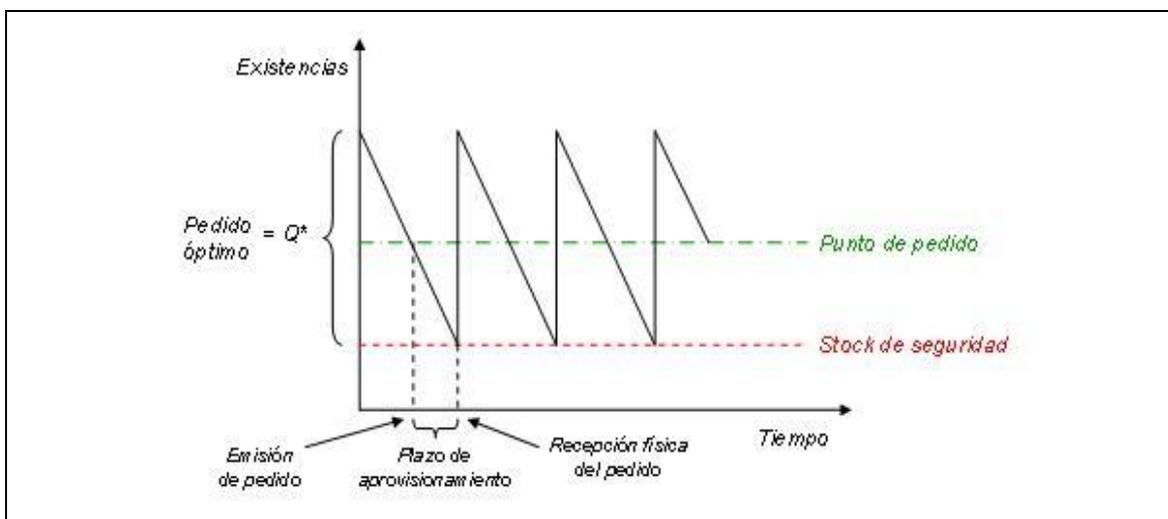
Una vez clasificados nuestros repuestos o insumos podemos trabajar sobre los que se permitan definir una demanda y los que no.

El estudio de la tesina propone que para todos los repuestos de mantenimiento preventivo utilicemos el modelo de reposición de cantidades fijas, y para los repuestos utilizados en mantenimientos correctivos utilicemos las recomendaciones de reposición que tenemos en la matriz de kraljic.

### Abastecimiento para mantenimiento preventivo

El primer gran grupo serían los repuestos e insumos utilizados en mantenimientos preventivos. Estos repuestos son utilizados periódicamente, y es fácil calcular la demanda. Con estos repuestos vamos a poder implementar un modelo de cantidades de pedido fijo. En la imagen Nro. 31 podemos observar cómo trabaja este modelo.

**Imagen Nro. 32: "Modelo de cantidades de pedido fija"**



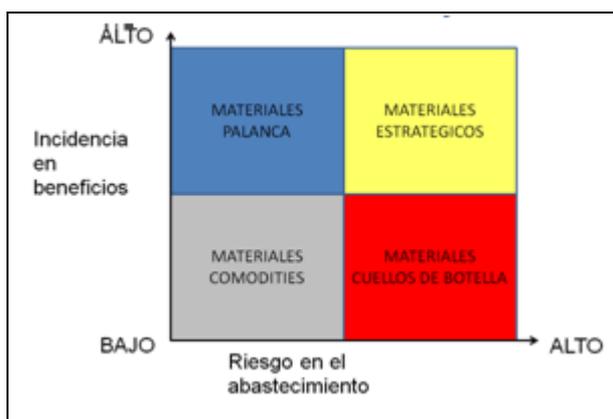
Fuente: Elaboración Propia

Los mantenimientos preventivos son cíclicos y son programados, con estas condiciones definidas es fácil trabajar bajo este modelo debido a que las variables restantes son conocidas. Con este modelo podemos automatizar la reposición de este grupo de repuestos o insumos.

### **Abastecimiento para mantenimiento correctivo**

El segundo gran grupo tenemos a los repuestos e insumos que la empresa va a necesitar en los mantenimientos correctivos. Estos repuestos siempre son piezas que son solicitadas para reparar fallas. Es necesario estudiarlas con más cuidado y detalle. Podemos empezar a clasificar estas fallas de acuerdo a las prioridades de la matriz de Kraljic, esta herramienta permite distribuir los repuestos en prioridades de acuerdo a dos dimensiones (costo y proveedor). En la Imagen Nro. 33 podemos ver la clasificación postulada por el Sr Kraljic.

**Imagen Nro. 33 "Modelo Matriz de Kraljic"**



Matriz de Kraljic

La Matriz muestra una estrategia de reposición diferente para cada una de las cuatro familias. Estas estrategias están definidas a continuación:

#### **Comodities**

Para estas piezas, existen muchos proveedores. El costo e impacto de estas piezas es muy baja en la producción. La recomendación del tratamiento de estas piezas es de "automatizar estas compras".

#### **Cuellos de botella**

Son materiales que pertenecen a un mercado monopolístico u oligopólico. En este caso pueden ser repuestos que maneja un solo proveedor. En este caso nos recomiendan que se tenga que asegurar el abastecimientos mediante con tratos con el proveedor y entrar al mercado por nuevas alternativas.

### **Materiales palanca**

Son los repuestos que generan alto beneficio y existe buena cantidad de proveedores. Podemos ver que en estos productos se puede explotar el poder de negociación contra sus proveedores, mediante licitaciones, concursos, etc.

### **Estratégicos**

Mercado complejo al escasear fuentes de abastecimiento y generan gran impacto positivo. Son productos que por naturaleza son difíciles de conseguir pero son importantes de obtener, si consideramos que para la competencia también escasean.

### **Indicador de operatividad**

Este indicador nos va servir para medir que tan eficiente está siendo el servicio prestado por la empresa. Básicamente nos informa cuantas horas se trabajan del total de horas que podría trabajar cada máquina.

### **Indicador de inoperatividad en operaciones**

$$\text{IIEO}\% = \frac{\text{CANTIDAD DE HORAS INOPERATIVAS DENTRO DE TIEMPO DE OPERACIONES}}{\text{CANTIDAD DE HORAS CONTRATADAS}}$$

### **Responsable**

Ingenieros supervisores de campo tendrán que registrar este ratio una vez por mes para poder entregar un informe mensual, fácil de entender al Gerente de la operación.

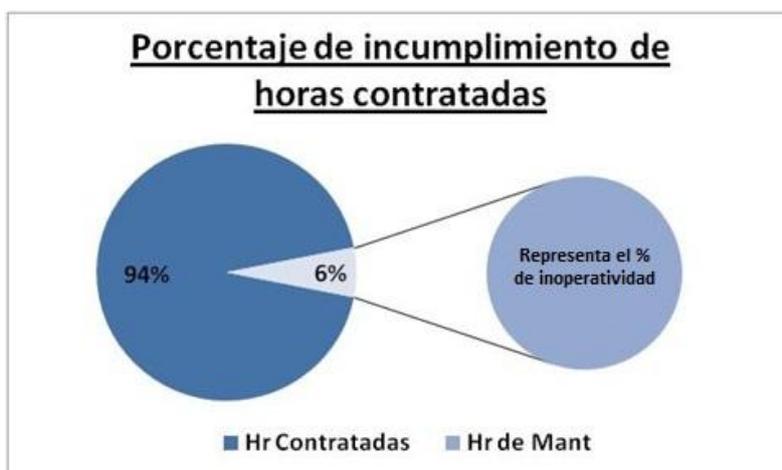
### **Condiciones**

Se establece un máximo permisible de error del 6% anual.

El Ing responsable tiene 1 año para la implementación

Se va a disponer 30 min del tiempo diario del personal, para la implementación

### **Imagen Nro. 34: Cuadro del porcentaje máximo permisible IIEO**



Fuente: Elaboración propia

## Resultados

### Criterios de Diseño de pruebas de sustento y demostración

Esta propuesta tiene como objetivo el Incrementar la operatividad de los equipos y Aumenta la eficiencia Gestión de mantenimiento

### Ahorro

		Anual US\$	
Perdidas por inoperatividad	\$152.580,00	\$152.580,00	50% reducción
Ingresos por ahorro de inoperatividad		\$76.290,00	

### Inversión

Pago mensual Ing de implementación	\$1.071,43	\$15.000,00	14 sueldos (S/. 3000)
Costo de almacen		\$5.000,00	Conteinar Usado
Software de mantenimiento		\$4.000,00	FacilitiesDesk
Costo de herramientas Mant. Preventivo		\$8.000,00	Especificado Mant. Pre
<b>Total Anual</b>		<b>\$32.000,00</b>	

### Costos

Pago mensual almacenero	\$714,29	\$10.000,00	14 sueldos (S/. 2000)
Pago mensual Asist. Logística	\$714,29	\$10.000,00	14 sueldos (S/. 2000)
Pago mensual administrador Software	\$892,86	\$12.500,00	14 sueldos (S/. 2500)
0,5 Hr panilla de personal mensual	\$26.169,41	\$19.627,06	0,5Hr/8Hr = 6,25%
<b>Total Primer Año</b>		<b>\$52.127,06</b>	

**Fuente: Elaboración propia**

Para la demostración de la mejora en la propuesta se realiza se realiza una evaluación económica (Análisis financiero) en base a 5 años expresados en USD (\$).

## Análisis Financiero

### Imagen Nro35: Condiciones del Análisis Financiero

## Condiciones

Implementación Gestion de Mantenimiento	
años	5
Taza minima atractiva de rendimiento TMAR AÑO	10%
COSTOS	\$229.602,34
INGRESOS	\$289.199,12

## Flujo de caja

Año	INGRESO	VP INGRESOS	EGRESO	VP EGRESOS	FLUJO SIN DESCUENTO	ACUMULADO	FLUJO CON DESCUENTO	ACUMULADO DESCONTADO
TOTALES	\$381.450,00	\$289.199,12	\$292.635,00	\$229.602,34	\$88.815,00		\$59.596,78	
0	\$0,00	\$0,00	\$32.000,00	\$32.000,00	-\$32.000,00	-\$32.000,00	-\$32.000,00	-\$32.000,00
1	\$76.290,00	\$69.354,55	\$52.127,00	\$47.388,18	\$24.163,00	-\$7.837,00	\$21.966,36	-\$10.033,64
2	\$76.290,00	\$63.049,59	\$52.127,00	\$43.080,17	\$24.163,00	\$16.326,00	\$19.969,42	\$9.935,79
3	\$76.290,00	\$57.317,81	\$52.127,00	\$39.163,79	\$24.163,00	\$40.489,00	\$18.154,02	\$28.089,80
4	\$76.290,00	\$52.107,10	\$52.127,00	\$35.603,44	\$24.163,00	\$64.652,00	\$16.503,65	\$44.593,46
5	\$76.290,00	\$47.370,09	\$52.127,00	\$32.366,77	\$24.163,00	\$88.815,00	\$15.003,32	\$59.596,78

## Indicadores financieros

Periodo de recuperacion (PR año)	1	VAN	\$ 59.596,8
Periodo de recuperacion descontados (PRD año)	1	Razon costo beneficio	1,260
Utilidad Anual	\$ 22.960,2		

Fuente: Elaboración propia

### Resultados de la demostración

Como principal ahorro tenemos la reducción de 50% en pérdidas por inoperatividad de los equipos expresadas en \$ / Horas - máquina, y estas generan un ingreso positivo en el orden de \$ 76,290.00 dólares americanos anuales en ahorros por mantenimiento.

Con el resultado anterior podremos afirmar que este modelo de gestión de mantenimiento aumenta la operatividad de los equipos.

Notamos también que los resultados están expresados en los indicadores financieros, el valor actual neto a 5 años (VAN) de la propuesta tiene valor positivo y está en el orden de \$ 59,596.80, visualizamos que pasado el primer año ya tenemos recuperado el valor de la inversión, con un saldo acumulado negativo en el orden de \$ 10,033.64.

Finalmente se realizó una relación entre costos e ingresos "Razón costo beneficio" y se obtuvo un resultado positivo en el orden de 1.260.

No olvidemos que aparte del incremento de utilidades monetaria existe un incremento en satisfacción al cliente. Es un factor no financiero muy importante de considerar para la elaboración de esta propuesta.

### Análisis y discusión de Resultados

Según los ratios financieros podemos ver que la inversión se recuperaría en un año y que las utilidades incrementarían en \$22,960.2 Dólares Americanos anuales. Este

incremento no contabiliza los ingresos potenciales que generaría la empresa al ser mejor vista (mejora en la atención de sus servicios)

Esta propuesta tiene como objetivo reducir tan solo el 50% de inoperatividad de los equipos (llegar al 94% en nuestro nivel de servicio). Este porcentaje de incremento afecta positivamente a la variable independiente en estudio la eficiencia en gestión de mantenimiento.

Como lo mencionamos en la propuesta el índice de error máximo permisible de inoperatividad en operaciones (IIEO%) del 6% anual lo cual nos genera una ventaja competitiva.

### **Conclusiones**

En este trabajo se observó, estudio y proyecto el proceso de gestión de mantenimiento de una empresa. En todo el estudio se encontraron falencias y no existencias de algunos sistemas fundamentales para que la gestión de mantenimiento pueda existir dentro de las actividades de la empresa. Este problema en mantenimiento no solo genera pérdidas en por el desgaste y la inoperatividad de las máquinas, si no que detienen las operaciones por ser parte fundamental en el aparato productivo de la empresa, generan sobre costos en el mismo mantenimiento y genera incertidumbre en la productividad.

Entre las conclusiones que se han podido llegar en el desarrollo del presente trabajo son las siguientes:

La empresa carece de un sistema integral de mantenimiento. El mantenimiento existente está definido entre mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo, pero estos dos son improvisados y no son una gestión. Es importante recalcar que realizar un mantenimiento preventivo y correctivo no significa que la empresa realice una gestión de los mismos.

En la empresa no existe una práctica de en el mantenimiento predictivo, dentro de este trabajo estamos desarrollando como integrar la gestión de mantenimiento predictivo dentro del mantenimiento general de las máquinas.

También se encontró que no basta con la implementación de los distintas gestiones de mantenimiento (preventivo, correctivo y predictivo), si la empresa tiene muchos problemas de abastecimiento de los insumos y repuestos que necesitan para poder realizarlos. Por esto se desarrolló un programa de abastecimiento de repuestos e insumos, este programa incluye un sistema de reabastecimiento, compras, almacenamiento y traslado de todo lo que las máquinas necesiten para su respectivo mantenimiento.

Para terminar, las cuatro propuestas en gestión planteadas pueden trabajar e una forma independiente, pero es mucho más eficiente si podemos integrar todo en

una sola, la gestión de mantenimiento de la empresa. Para esto estamos proponiendo herramientas específicas como: Reorganización de organigrama, para definir las actividades; Check List, para recolección de datos; Historial de mantenimientos, para hacer seguimiento a las máquinas y lo que interactúa con ellas. Con estas herramientas estamos seguros que la integración de las gestiones de abastecimiento de insumos/repuestos conjunto con las gestiones de Mantenimiento: preventivo, correctivo y predictivo, van a poder integrarse e interactuar dentro de la “Gestión de Mantenimiento”.

### **Recomendaciones para futuras investigaciones**

Para el éxito de esta propuesta, encontramos importante se considere los siguientes pasos y sugerencias:

#### **Orden de implementación**

El proceso de implementación tiene que llevarse paso a paso, se recomienda iniciar en el orden que estamos presentando esta propuesta.

**Primero** tenemos que implementar y cambiar puntos como: Reorganización del organigrama del área de maquinarias de la empresa; implementar las herramientas de check list, para poder tomar registro; Generar un historial de fallas para poder crear un know How sobre el tema de las máquinas.

**Segundo**, implementación de la gestión de abastecimiento. Para poder trabajar sobre la gestión de mantenimiento se tiene que estar seguro que todos lo requerido por los mantenimientos estén a la hora en el momento necesitado. La gestión de abastecimientos se preocupa en resolver este problema.

**Tercero**, implementación de la gestión del mantenimiento correctivo. Recomendamos empezar por este mantenimiento porque es el más básico de todos los tipos de mantenimientos. La segunda razón es que va a ser inevitablemente usada.

**Cuarto**, por último, la empresa ya va a poder implementar la gestión de mantenimiento preventivo y predictivo, que son herramientas que buscan disminuir los mantenimientos correctivos.

#### **Actividades que complementan la propuesta.**

**Implementar un panel de indicadores donde la gerencia pueda observar en tiempo real:**

El costo de mantenimiento por hora de cada equipo.

La cantidad de horas paradas mensuales de cada equipo

El cumplimiento de las acciones de mantenimiento preventivo por equipo

Esto permitirá que la Gerencia General tenga la información necesaria para la correcta y oportuna toma de decisiones inherentes al mantenimiento preventivo.

**Adecuar el proceso de evaluación y selección de personal en base a competencias.**

Esta recomendación permitirá que el personal ingresante incorpore ciertos comportamientos técnicos y en valores acordes a la cultura organizacional de la empresa y así se logrará que se cumpla de manera efectiva la alternativa de sistema de checklist para el control preventivo diario.

Desarrollar elementos motivacionales de impacto medio pero de alta frecuencia.

Esta alternativa permitirá mejorar, con bajo costo y a largo plazo, la situación de personal poco comprometido por temas motivacionales y así mejorar el compromiso de los operadores hacia sus equipos y las jefaturas.

Desarrollar actividades de integración entre la alta gerencia y el personal operativo.

Al igual que el caso anterior, esta alternativa permitirá mejorar, la situación de personal poco comprometido por temas motivacionales y así mejorar el compromiso de los operadores hacia sus equipos y las jefaturas.

Incorporar a la gerencia en la implementación de soluciones.

La presente propuesta apoyará a la jefatura intermedia en el cumplimiento económico de los objetivos ya que los recursos financieros son asignados por la alta gerencia.

Lograr la participación del personal operativo en la implementación de soluciones.

La participación del personal lo motivará y minimizará las demoras en la implementación de soluciones actuales y futuras haciendo más eficiente el proceso de cambio.

## REFERENCIAS

ANAYA, Julio (2004) Logística integral. La gestión operativa de la empresa Madrid: ESIC

Peter C Tousley - Maintain It and Save: Why We Need Maintenance Management Programs - Energy Engineering; 2010; 107, 5; pg. 64

Santiago García - Organización y gestión integral de mantenimiento : manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial, (2003)

Nyman Don - Maintenance planning, scheduling, and coordination (2001)

Francisco Rey Sacristán – Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de Implementación y Desarrollo - 2006

CHASE, Richard y otros autores (2005) Administración de la producción y operaciones, 10ma edición, México DF: McGraw-Hill Interamericana

KRAJEWSKI, Lee y RITZMAN, Larry (2000) Administración de Operaciones, Estrategia y análisis, 5ta edición. México DF: Pearson Educación

## ANEXOS

## ANEXO 1

## Auditoría a la gestión de mantenimiento de la empresa

## Preguntas de Auditoría

Auditoría de Mantenimiento													
Empresa: Chacongesa													
1 Organización del Mantenimiento											Peso: /10		
Nº	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Pro m
1,01	Claridad de la ubicación del área de mantenimiento en la organización de la Papelera.	6	8	9	9	7	7	7	8	8	6	6	45,0
1,02	Claridad de la Organización del área de mantenimiento de la Papelera.	10	8	8	9	4	4	7	9	7	7	6	69,0
1,03	¿Cómo calificaría la Organización del área de mantenimiento de la Papelera?	9	7	7	8	4	4	7	6	8	7	7	58,5
1,04	Autonomía que el área de mantenimiento tiene dentro de la Organización de Papelera.	9	9	8	10	5	3	8	7	8	8	8	66,6
1,05	El área de mantenimiento tiene establecidas vías de comunicación claras con las otras áreas.	8	7	8	7	5	5	8	4	5	8	7	51,2
1,06	Internamente, el área de mantenimiento tiene establecidas vías de comunicación claras.	5	5	7	5	4	5	4	3	3	4	4	22,0
1,07	El área de mantenimiento trabaja basado en claros objetivos propios.	5	5	8	5	6	5	7	9	8	8	8	34,5
1,08	El área de mantenimiento tiene definidas sus funciones claramente.	6	5	8	5	6	5	7	8	7	7	8	39,6
1,09	El área de mantenimiento trabaja dentro de límites de responsabilidad claros y definidos.	8	2	3	4	4	4	4	3	2	3	4	26,4
1,10	El área de mant. es considerado para toma de decisiones por el resto de áreas de la planta	9	9	4	6	5	8	8	7	8	6	7	61,2
2 Planeamiento del Mantenimiento											Peso: /10		
Nº	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Pro m
2,01	Calificación del Planeamiento de mantenimiento dentro de la Organización de Papelera	9	5	7	8	6	6	8	8	7	6	7	61,2
2,02	Recepción de solicitudes de servicio de producción	7	7	8	6	7	7	8	9	8	8	8	53,2
2,03	Definición de la Orden de trabajo en el área de mantenimiento.	9	5	7	6	7	6	7	9	8	7	7	62,1
2,04	Planeamiento de la Mano de obra en el área de mantenimiento.	9	4	5	7	6	5	7	8	8	6	8	57,6
2,05	Planeamiento de Materiales en el área de mantenimiento.	8	5	4	5	5	4	3	3	2	5	4	32,0
2,06	Planeamiento del Equipo de Mantenimiento en el área de mantenimiento.	8	4	7	8	6	5	7	9	8	6	7	53,6
2,07	Planeamiento de la Logística en el área de mantenimiento.	8	5	6	8	5	6	8	7	8	6	8	53,6
2,08	Coordinación con producción fechas para realizar mantenimiento en general.	10	8	8	8	7	6	7	9	8	8	9	78,0
2,09	Planeamiento preventivo en el área de mantenimiento.	9	4	3	4	5	3	2	3	4	4	4	32,4
2,10	Reporte de planeamiento y cumplimiento del área de mantenimiento.	6	3	7	6	6	5	7	8	7	7	8	38,4
3 Ejecución del Mantenimiento											Peso: /10		
Nº	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Pro m
3,01	El personal de Mantenimiento acciona en base a planes y programas.	9	6	7	7	6	6	7	8	7	7	7	61,2
3,02	El área de mant. participa en la elaboración de los programas de producción de la planta.	9	2	5	6	5	6	5	9	8	8	7	54,9
3,03	El área de mantenimiento participa en planes de inversión, ampliaciones y modernización.	8	4	2	4	3	4	3	5	4	5	4	30,4
3,04	Aplicación del concepto de MP en planta, con rutinas de inspección y revisión planeadas.	10	6	6	6	6	5	7	8	6	6	7	63,0
3,05	El área de mant. tiene archivos de documentación técnica e historial de equipos al día.	8	6	7	5	6	6	9	9	9	8	7	57,6
3,06	El área de mantenimiento dispone de repuestos y suministros generales en los almacenes.	7	5	5	4	5	5	3	4	4	3	3	28,7
3,07	El área de mant. dispone de herramientas, equipos y máquinas en buen estado y suficientes.	8	8	7	7	6	7	8	8	9	7	7	59,2
3,08	Se lubrican equipos e instalaciones de planta en base a un programa de rutinas establecido	10	6	7	9	7	7	8	9	8	8	7	76,0
3,09	El área de mant. de planta presta atención, estudia y resuelve los casos de fallas repetitivas	7	5	6	6	6	7	7	9	8	8	6	47,6
3,10	El área de mantenimiento dispone con suficiente datos sobre costos y presupuestos.	6	6	5	2	6	6	8	8	7	8	7	37,8

4 Habilidad del Personal de Mantenimiento											Peso:					/10
N°	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Pro m			
4,01	Nivel técnico de los Ingenieros del área de mantenimiento.	10	7	8	8	7	7	8	9	9	7	7	77,0			
4,02	Nivel técnico de los Técnicos del área de mantenimiento.	8	6	6	7	7	6	8	8	7	6	7	54,4			
4,03	Nivel de Experiencia de Ingenieros, Técnicos y Obreros del área de mantenimiento.	8	5	8	8	6	6	8	9	8	7	7	57,6			
4,04	El personal de Mantenimiento trabajan solos y son responsables de las tareas que realizan.	7	7	7	7	6	6	8	9	7	8	8	51,1			
4,05	Habilidades para resolver Problemas y tomar decisiones en el área de mantenimiento.	10	8	7	7	8	8	7	9	8	8	7	77,0			
4,06	El personal del área de mantenimiento recibe capacitación técnica externa permanentemente.	10	7	4	1	4	1	3	6	5	4	3	38,0			
4,07	El personal de supervisión capacita a su personal del área de mant. permanentemente.	10	2	3	3	4	4	3	7	5	4	3	38,0			
4,08	Nivel de desempeño del personal del área de mantenimiento para realizar mant. preventivo.	10	7	5	6	6	6	6	8	8	0	6	58,0			
4,09	El personal del área de mant. puede realizar mant. predictivo (Monitoreo Condición).	10	2	1	1	5	6	7	8	1	1	1	33,0			
4,10	El personal del área de mant. puede realizar Análisis de Datos de fallas para mejorar.	9	4	2	4	5	6	7	9	1	1	1	36,0			

5 Abastecimiento del mantenimiento											Peso:					/10
N°	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Pro m			
5,01	Velocidad de respuesta a solicitudes de compras para el área de mantenimiento.	7	7	7	7	4	4	7	8	7	7	6	44,8			
5,02	Almacenes de repuestos para mantenimiento de la planta están ordenados.	7	8	6	8	6	6	8	7	8	7	7	49,7			
5,03	¿Cómo están los mecanismos de recepción de repuestos para mantenimiento en calidad y	7	7	5	8	5	5	6	8	6	7	6	44,1			
5,04	Se compra en base a especificaciones precisas del área de mantenimiento.	8	6	5	5	6	6	6	7	8	8	8	52,0			
5,05	El Catálogo de Componentes (repuestos) de la planta es permanentemente actualizado.	8	5	4	6	5	5	6	7	6	7	7	46,4			
5,06	Disponibilidad de repuestos, materiales y suministros para mantenimiento.	9	8	5	7	4	5	7	7	8	7	1	53,1			
5,07	El área de Mantenimiento de la planta tiene participación en el proceso de compra.	9	8	1	6	4	2	5	6	7	8	7	48,6			
5,08	El Registro de Proveedores para mantenimiento es actualizado permanentemente.	8	5	2	5	4	4	5	8	1	1	1	28,8			
5,09	Se respetan los niveles máximo / mínimo de existencias para mantenimiento. (stock)	10	5	4	3	4	4	7	8	1	1	1	38,0			
5,10	Grado de facilidad para contratar servicios de terceros para mantenimiento.	7	4	5	9	4	4	5	4	1	1	1	26,6			

6 Administración del mantenimiento											Peso:					/10
N°	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Pro m			
6,01	El mantenimiento se desarrolla en base a un Presupuesto Operativo anual que cubre todas sus ac	5	5	7	7	4	4	7	8	7	7	8	32,0			
6,02	El mantenimiento trabaja dentro del sistema de costos de la Institución ?	9	7	6	8	6	6	8	7	8	7	7	63,0			
6,03	En la ejecución del mantenimiento se trata de reducir constantemente los costos operativos ?	9	7	5	8	5	5	6	8	6	7	9	59,4			
6,04	El mantenimiento es incluido en los Presupuestos anuales y en el establecimiento de los niveles	8	6	5	5	6	6	6	7	8	8	8	52,0			
6,05	El mantenimiento controla y trata de reducir sus gastos ?	7	5	4	6	5	5	6	7	6	7	7	40,6			
6,06	El área de Administración Central presta apoyo al mantenimiento ?	5	8	5	7	4	5	7	7	8	7	9	33,5			
6,07	El área de Sistemas presta apoyo al mantenimiento ?	6	8	1	6	4	2	5	6	7	8	7	32,4			
6,08	La información llega para el mantenimiento en tiempo y forma rápida ?	9	5	2	5	4	4	5	8	7	6	7	47,7			
6,09	El mantenimiento participa en cuanto a los Planes de Mercadeo ?	6	5	4	3	4	4	7	8	8	7	6	33,6			
6,10	Cual es el grado de ordenamiento interno de mantenimiento en cuanto a lo administrativo ?	8	4	5	9	4	4	5	4	9	8	7	47,2			

## Promedios totales

AUDITORIA DE MANTENIMIENTO				
Equipo de trabajo	<b>USIL - Industrial</b>	Empresa:	<b>Empresa: Chacongesa</b>	
Categoría de auditoría:	<b>Organización del Mantenimiento</b>	Unidad de Operación:		
	<b>1</b>	Fecha:	<b>#REF!</b>	
Aprobado:	<b>CTD</b>	Peso:	<b>/10</b>	
N°	Componentes	Puntaje (/10)	Peso (/10)	Puntaje Ponderado (%)
1.01	Claridad de la ubicación del área de mantenimiento en la organización de la Papelera.	4.50	6.00	27.00%
1.02	Claridad de la Organización del área de mantenimiento de la Papelera.	6.90	10.00	69.00%
1.03	¿Cómo calificaría la Organización del área de mantenimiento de la Papelera?	5.85	9.00	52.65%
1.04	Autonomía que el área de mantenimiento tiene dentro de la Organización de Papelera.	6.66	9.00	59.94%
1.05	El área de mantenimiento tiene establecidas vías de comunicación claras con las otras áreas.	5.12	8.00	40.96%
1.06	Internamente, el área de mantenimiento tiene establecidas vías de comunicación claras.	2.20	5.00	11.00%
1.07	El área de mantenimiento trabaja basado en claros objetivos propios.	3.45	5.00	17.25%
1.08	El área de mantenimiento tiene definidas sus funciones claramente.	3.96	6.00	23.76%
1.09	El área de mantenimiento trabaja dentro de límites de responsabilidad claros y definidos.	2.64	8.00	21.12%
1.10	El área de mant. es considerado para toma de decisiones por el resto de áreas de la planta	6.12	9.00	55.08%
<b>Total</b>			<b>75.0</b>	<b>50.4%</b>

AUDITORIA DE MANTENIMIENTO				
Equipo de trabajo	<b>USIL - Industrial</b>	Empresa:	<b>Empresa: Chacongesa</b>	
Categoría de auditoría:	<b>Planeamiento del Mantenimiento</b>	Unidad de Operación:		
	<b>2</b>	Fecha:	<b>#REF!</b>	
Aprobado:	<b>CTD</b>	Peso:	<b>/10</b>	
N°	Componentes	Puntaje (/10)	Peso (/10)	Puntaje Ponderado (%)
2.01	Calificación del Planeamiento de mantenimiento dentro de la Organización de Papelera	6.12	9.00	55.08%
2.02	Recepción de solicitudes de servicio de producción	5.32	7.00	37.24%
2.03	Definición de la Orden de trabajo en el área de mantenimiento.	6.21	9.00	55.89%
2.04	Planeamiento de la Mano de obra en el área de mantenimiento.	5.76	9.00	51.84%
2.05	Planeamiento de Materiales en el área de mantenimiento.	3.20	8.00	25.60%
2.06	Planeamiento del Equipo de Mantenimiento en el área de mantenimiento.	5.36	8.00	42.88%
2.07	Planeamiento de la Logística en el área de mantenimiento.	5.36	8.00	42.88%
2.08	Coordinación con producción fechas para realizar mantenimiento en general.	7.80	10.00	78.00%
2.09	Planeamiento preventivo en el área de mantenimiento.	3.24	9.00	29.16%
2.10	Reporte de planeamiento y cumplimiento del área de mantenimiento.	3.84	6.00	23.04%
<b>Total</b>			<b>83.0</b>	<b>53.2%</b>

AUDITORIA DE MANTENIMIENTO				
Equipo de trabajo	<b>USIL - Industrial</b>	Empresa:	<b>Empresa: Chacongesa</b>	
Categoría de auditoría:	<b>Ejecución del Mantenimiento</b>	Unidad de Operación:		
	<b>3</b>	Fecha:	<b>#REF!</b>	
Aprobado:	<b>CTD</b>	Peso:	<b>/10</b>	
N°	Componentes	Puntaje (/10)	Peso (/10)	Puntaje Ponderado (%)
3.01	El personal de Mantenimiento acciona en base a planes y programas.	6.12	9.00	55.08%
3.02	El área de mant. participa en la elaboración de los programas de producción de la planta.	5.49	9.00	49.41%
3.03	El área de mantenimiento participa en planes de inversión, ampliaciones y modernización.	3.04	8.00	24.32%
3.04	Aplicación del concepto de MP en planta, con rutinas de inspección y revisión planeadas.	6.30	10.00	63.00%
3.05	El área de mant. tiene archivos de documentación técnica e historial de equipos al día.	5.76	8.00	46.08%
3.06	El área de mantenimiento dispone de repuestos y suministros generales en los almacenes.	2.87	7.00	20.09%
3.07	El área de mant. dispone de herramientas, equipos y máquinas en buen estado y suficientes.	5.92	8.00	47.36%
3.08	Se lubrican equipos e instalaciones de planta en base a un programa de rutinas establecido	7.60	10.00	76.00%
3.09	El área de mant. de planta presta atención, estudia y resuelve los casos de fallas repetitivas	4.76	7.00	33.32%
3.10	El área de mantenimiento dispone con suficiente datos sobre costos y presupuestos.	3.78	6.00	22.68%
<b>Total</b>			<b>82.0</b>	<b>53.3%</b>

AUDITORIA DE MANTENIMIENTO				
Equipo de trabajo	<b>USIL - Industrial</b>	Empresa:	<b>Empresa: Chacongesa</b>	
Categoría de auditoría:	<b>Habilidad del Personal de Mantenimiento</b>	Unidad de Operación:		
	<b>4</b>	Fecha:	<b>#REF!</b>	
Aprobado:	<b>CTD</b>	Peso:	<b>/10</b>	
N°	Componentes	Puntaje (/10)	Peso (/10)	Puntaje Ponderado (%)
4.01	Nivel técnico de los Ingenieros del área de mantenimiento.	7.70	10.00	77.00%
4.02	Nivel técnico de los Técnicos del área de mantenimiento.	5.44	8.00	43.52%
4.03	Nivel de Experiencia de Ingenieros, Técnicos y Obreros del área de mantenimiento.	5.76	8.00	46.08%
4.04	El personal de Mantenimiento trabajan solos y son responsables de las tareas que realizan.	5.11	7.00	35.77%
4.05	Habilidades para resolver Problemas y tomar decisiones en el área de mantenimiento.	7.70	10.00	77.00%
4.06	El personal del área de mantenimiento recibe capacitación técnica externa permanentemente.	3.80	10.00	38.00%
4.07	El personal de supervisión capacita a su personal del área de mant. permanentemente.	3.80	10.00	38.00%
4.08	Nivel de desempeño del personal del área de mantenimiento para realizar mant. preventivo.	5.80	10.00	58.00%
4.09	El personal del área de mant.puede realizar mant. predictivo (Monitoreo Condición).	3.30	10.00	33.00%
4.10	El personal del área de mant. puede realizar Análisis de Datos de fallas para mejorar.	3.60	9.00	32.40%
<b>Total</b>			<b>92.0</b>	<b>52.0%</b>

AUDITORIA DE MANTENIMIENTO				
Equipo de trabajo	<b>USIL - Industrial</b>	Empresa:	<b>Empresa: Chacongesa</b>	
Categoría de auditoría:	<b>Abastecimiento del mantenimiento</b>	Unidad de Operación:		
	<b>5</b>	Fecha:	<b>#REF!</b>	
Aprobado:	<b>CTD</b>	Peso:	<b>/10</b>	
N°	Componentes	Puntaje (/10)	Peso (/10)	Puntaje Ponderado (%)
5.01	El personal de Mantenimiento acciona en base a planes y programas.	4.48	7.00	31.36%
5.02	El área de mant. participa en la elaboración de los programas de producción de la planta.	4.97	7.00	34.79%
5.03	El área de mantenimiento participa en planes de inversión, ampliaciones y modernización.	4.41	7.00	30.87%
5.04	Aplicación del concepto de MP en planta, con rutinas de inspección y revisión planeadas.	5.20	8.00	41.60%
5.05	El área de mant. tiene archivos de documentación técnica e historial de equipos al día.	4.64	8.00	37.12%
5.06	El área de mantenimiento dispone de repuestos y suministros generales en los almacenes.	5.31	9.00	47.79%
5.07	El área de mant. dispone de herramientas, equipos y máquinas en buen estado y suficientes.	4.86	9.00	43.74%
5.08	Se lubrican equipos e instalaciones de planta en base a un programa de rutinas establecido	2.88	8.00	23.04%
5.09	El área de mant. de planta presta atención, estudia y resuelve los casos de fallas repetitivas	3.80	10.00	38.00%
5.10	El área de mantenimiento dispone con suficiente datos sobre costos y presupuestos.	2.66	7.00	18.62%
<b>Total</b>			<b>80.0</b>	<b>43.4%</b>

AUDITORIA DE MANTENIMIENTO				
Equipo de trabajo	<b>USIL - Industrial</b>	Empresa:	<b>Empresa: Chacongesa</b>	
Categoría de auditoría:	<b>Administración del mantenimiento</b>	Unidad de Operación:		
	<b>6</b>	Fecha:	<b>#REF!</b>	
Aprobado:	<b>CTD</b>	Peso:	<b>/10</b>	
N°	Componentes	Puntaje (/10)	Peso (/10)	Puntaje Ponderado (%)
6.01	El mantenimiento se desarrolla en base a un Presupuesto Operativo anual que cubre todas sus actividades ?	3.20	5.00	16.00%
6.02	El mantenimiento trabaja dentro del sistema de costos de la Institución ?	6.30	9.00	56.70%
6.03	En la ejecución del mantenimiento se trata de reducir constantemente los costos operativos ?	5.94	9.00	53.46%
6.04	El mantenimiento es incluido en los Presupuestos anuales y en el establecimiento de los niveles de gastos ?	5.20	8.00	41.60%
6.05	El mantenimiento controla y trata de reducir sus gastos ?	4.06	7.00	28.42%
6.06	El área de Administración Central presta apoyo al mantenimiento ?	3.35	5.00	16.75%
6.07	El área de Sistemas presta apoyo al mantenimiento ?	3.24	6.00	19.44%
6.08	La información llega para el mantenimiento en tiempo y forma rápida ?	4.77	9.00	42.93%
6.09	El mantenimiento participa en cuanto a los Planes de Mercadeo ?	3.36	6.00	20.16%
6.10	Cual es el grado de ordenamiento interno de mantenimiento en cuanto a lo administrativo ?	4.72	8.00	37.76%
<b>Total</b>			<b>72.0</b>	<b>46.3%</b>

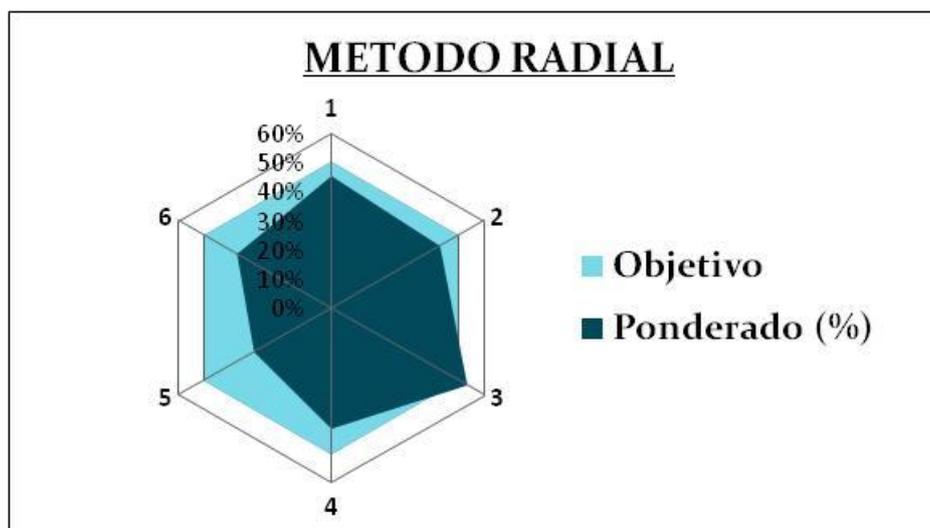
## Pesos de las categorías

Auditoría de Mantenimiento										
Empresa: Chacongesa										
		Peso (1/10)								
N°	Categorías	1	2	3	4	5	6	Prof	Prom	Peso
<b>1</b>	Organización del Mantenimiento	10	9	9	7				8,75	<b>9</b>
<b>2</b>	Planeamiento del Mantenimiento	8	9	9	7				8,25	<b>8</b>
<b>3</b>	Ejecución del Mantenimiento	10	10	10	9				9,75	<b>10</b>
<b>4</b>	Habilidad del Personal de Mantenimiento	7	9	7	8				7,75	<b>8</b>
<b>5</b>	Abastecimiento del mantenimiento	7	7	8	7				7,25	<b>7</b>
<b>6</b>	Administración del mantenimiento	6	7	8	9				7,50	<b>8</b>

## Cuadro de resumen

AUDITORIA DE MANTENIMIENTO					
Equipo de trabajo	<b>USIL - Industrial</b>	Empresa:			
Categoria de auditoría:	<b>Todas</b>	Unidad de Operación:	<b>Total</b>		
		Fecha:	<b>16-01-14</b>		
Aprobado:		Resultado Final:	<b>50%</b>		
Nº	Componentes	Peso (/10)	Puntaje Ponderado (%)	Ponderado (%)	Objetivo
1	Organización del Mantenimiento	9	50%	45%	50%
2	Planeamiento del Mantenimiento	8	53%	43%	50%
3	Ejecución del Mantenimiento	10	53%	53%	50%
4	Habilidad del Personal de Mantenimiento	8	52%	42%	50%
5	Abastecimiento del mantenimiento	7	43%	30%	50%
6	Administración del mantenimiento	8	46%	37%	50%
<b>Total</b>		<b>50</b>		50%	

## Representación radial del mantenimiento



## ANEXO 2

Demanda de los repuestos e insumos usados durante el año 2013

											
REPUESTO		Excavadora 01		Excavadora 02		Excavadora 03		Tractor 01		Tractor 02	
		Costo US\$	Cantidad	Costo US\$	Cantidad	Costo US\$	Cantidad	Costo US\$	Cantidad	Costo US\$	Cantidad
1	SIDECUTTER R 256-8690		0		0		0		0		0
2	ELEMENT AS	\$1.192	4	\$3.010	10	\$4.534	15	\$3.215	13	\$966	2
3	TIP PENE PLU	\$1.986	0	\$1.986	0	\$3.670	1		0		0
4	CATDEO 15W405GCI4	\$1.888	1	\$1.888	1	\$3.357	1		0		0
5	INJECTOR GP- (293-4072)		0		0	\$7.042	1		0		0
6	FILTER AS	\$1.426	8	\$1.294	6	\$1.433	8	\$1.319	6	\$292	1
7	MOBIL TRANS HD30 CILINDRO		0		0		0	\$5.040	1		0
8	MOBIL DELVAC MX 15W40	\$1.120	2		0	\$2.240	4	\$1.120	2		0
9	CAT HYDO ADV 10W55		0	\$4.264	2		0		0		0
10	HOSE AS	\$212	1	\$106	1		0	\$3.876	8		0
11	FILTER AS-LU	\$1.450	8	\$1.323	7	\$1.323	8		0		0
12	ELEMENT	\$1.363	4	\$365	1	\$1.761	5	\$391	1		0
13	MOBIL DELVAC MX 15W40 CILINDRO 208	\$1.882	1	\$1.882	1		0		0		0
14	CAT HYDO AD10W 5G		0		0		0	\$3.290	1		0
15	ADAPTER TIP		0		0	\$2.584,91	2		0		0
16	FILTER A-FUE	\$635,58	5	\$644,01	3	\$513,52	3	\$159,44	1	\$260,97	1
17	RADIOTRANSMISOR MOVIL VH 45WATTS 16 C	\$1.083,01	1		0		0	\$1.083,01	1		0
18	RETAINER GET	\$442,29	1	\$442,29	1	\$1.195,59	3		0		0
19	CATDEO 15W4055GCI4		0		0		0	\$2.038,19	1		0
20	MOBILTRANS HD 10W (CIL)		0		0	\$2.013,57	1		0		0
21	VALVE AS-ETH		0	\$637,33	1	\$637,33	1	\$637,33	1		0
22	MOBIL TRANS HD 10W CILINDRO		0		0		0	\$1.830,53	1		0
23	FILTER	\$473,49	4	\$115,82	1	\$354,27	3	\$837,02	4		0
24	HOSE A		0		0		0	\$1.769,77	2		0
25	TIP TIPPER		0		0		0	\$1.311,51	1	\$422,10	0
26	MOBIL DELVAC MX 15W40 CILINDRO		0		0	\$1.679,98	1		0		0
27	CAT ELC	\$546,78	1		0	\$820,17	1	\$273,39	1		0
28	FILTER A FUE	\$521,94	2	\$391,46	2	\$652,43	4		0		0
29	RADIOTRANSMISOR VHF 5 WATTS MOTOROLA EP-400		0		0		0		0	\$1.482,00	1
30	RADIOTRANSMISOR VHF MOVIL MOTOROLLA EM400		0	\$1.482,00	1		0		0		0
31	FILTER A OIL		0		0		0	\$1.082,03	9	\$200,81	1
32	GLASS		0		0	\$1.251,88	1		0		0
33	PEAJE	\$385,50	30	\$321,00	35	\$36,00	12	\$53,50	18	\$368,50	35
34	INSTALACION DE ALARMA EXCAVADORA CAT	\$362,89	1	\$362,89	1	\$362,89	1		0		0
35	KIT-PUMP (318-6357)		0		0	\$1.017,99	1		0		0
36	MALLA PROTECTORA PARA EXCAVADORA	\$892,50	1		0		0		0		0
37	FILTER AS FU		0		0		0	\$890,19	9		0
38	O-RING	\$158,60	2	\$164,50	1	\$522,57	5		0		0
39	HOSE AS 253-6252		0		0		0	\$836,45	1		0
40	FILTER A	\$234,39	2	\$123,12	1	\$468,78	4		0		0
41	HOSE (266-6216)		0		0	\$789,47	1		0		0
42	BOLT / PERNO	\$157,63	1	\$630,68	3		0		0		0
43	FASTENER	\$323,09	1	\$323,09	1		0		0		0
44	LENS AS-FLOE (158-0248)		0		0		0	\$624,91	1		0
45	SELENOIDE		0		0	\$610,00	1		0		0
46	PARABRISA DELANTERO P/ EXCAVADORA		0		0	\$571,20	1		0		0
47	LAMINA DE SEGURIDAD 4 MICRAS TRANSPARE	\$570,01	1		0		0		0		0
48	FARO HELLA COMET 550 12V AMBAR		0		0		0		0	\$560,01	2
49	CYLINDER ETH		0	\$184,50	1	\$184,50	1	\$184,50	1		0
50	ACCESORIOS ELECTRICOS PARA INSTALACION DE ALARMA		0		0		0		0	\$542,64	1
51	INSTALACION DE ALARMA DE PARADA DE EMERGENCIA		0		0		0		0	\$508,73	1
52	MOBIL TRANS HD 50 (SGLN)		0		0		0	\$485,19	1		0
53	HARNESS AS		0		0	\$465,56	1		0		0
54	MANGUERA , UÑAS		0		0		0	\$420,00	1		0
55	ELEMENT - FILT	\$415,58	1		0		0		0		0

56	INVERSIONES MYE		0		0	\$410,00	1		0		0
57	FILTER AS-FUE	\$126,27	1	\$126,27	1	\$126,27	1		0		0
58	ELEMENT AS (1R-1809)		0		0		0	\$366,00	1		0
59	INSTALACION DE ALARMA TRACTOR D7R-II		0		0		0	\$362,89	1		0
60	WASHER / ARANDELA	\$70,58	1	\$282,31	3		0	\$5,71	0		0
61	CM BLK SEAL		0		0	\$348,21	1		0		0
62	CLAMP AS - V		0		0	\$326,12	1		0		0
63	LENS AS FLD		0		0		0	\$312,45	1		0
64	NUT / TUERCA	\$61,78	1	\$247,27	3		0		0		0
65	ELEMENTO FILTRO DE ACEITE SOFIMA LARGO CRA230 - COD		0		0		0		0	\$305,24	1
66	FARO HELLA COMET 550 12V AMABAR	\$290,01	1		0		0		0		0
67	FARO HELLA COMET 550 12V		0	\$290,00	1		0		0		0
68	FILTER AS (1R-0769)		0		0		0	\$285,43	2		0
69	RETAINER AS		0		0		0	\$276,35	3		0
70	SEAL - O -RING		0		0		0	\$271,36	2		0
71	SEAL DUST		0		0	\$261,88	1		0		0
72	FILTER AS - LU	\$127,49	1		0	\$127,49	1		0		0
73	BENDIX		0		0	\$252,00	1		0		0
74	LENS AS	\$246,49	1		0		0		0		0
75	REDUCTOR DE VOLTAJE 24-12 V		0	\$228,00	1		0		0		0
76	REDUCTOR DE VOLTAJE DC-DC 24-12 VDC		0		0		0		0	\$228,00	1
77	BOWL AS FUEL (270-5320)		0		0	\$106,46	1	\$106,46	1		0
78	REGULATOR AS		0		0	\$212,33	1		0		0
79	FOCO NARVA PAST. 24V 70W H3	\$209,99	1		0		0		0		0
80	CINTA 3M REFLECTIVA 2"	\$199,99	1		0		0		0		0
81	FILTER A- OIL		0		0		0	\$191,70	1		0
82	REVISION TECNICA		0	\$180,00	1		0		0		0
83	FITTING		0		0		0	\$177,41	1		0
84	BOLT		0	\$145,65	1		0	\$27,18	2		0
85	PLATE		0		0		0	\$163,47	1		0
86	PIN-GET		0		0		0	\$158,94	3		0
87	SEAL / SELLO		0		0		0	\$148,15	1		0
88	FILTER AS (**1R-0769)		0		0		0	\$142,72	1		0
89	FILTER AS 326-1642		0		0		0	\$142,72	1		0
90	FILTER AS 326-1644		0		0	\$138,88	1		0		0
91	ALARMA - RELAY		0	\$138,50	1		0		0		0
92	SPACER		0	\$132,45	1		0		0		0
93	FILTER AS -LU	\$127,49	1		0		0		0		0
94	FILTER AS-LU 1R-1808		0		0	\$127,49	1		0		0
95	FILTER A-FUE 1R-0762		0		0	\$126,27	1		0		0
96	FILTER AS FUE		0		0	\$126,27	1		0		0
97	SEAL-O-RING	\$87,99	1		0	\$14,32	1	\$19,10	1		0
98	GASKET		0		0		0	\$121,30	2		0
99	SWITCH AS-RO		0		0		0	\$117,76	1		0
100	ANTENA VHF MOVIL 5/8 MARCA HUSTLER LMG-150		0	\$114,00	1		0		0		0
101	ANTENA VHF MOVIL MARCA HUSTLER		0		0		0		0	\$114,00	1
102	NIPPLE AS		0		0		0	\$112,01	1		0
103	NIPPLE		0		0	\$49,67	2	\$49,67	1		0
104	SEAL	\$9,87	2		0	\$20,62	1	\$67,27	8		0
105	FILTER A OIL 1R-0716		0		0		0	\$95,85	1		0
106	FILTER AS OIL		0		0		0	\$95,85	1		0
107	SEAL -O-RING		0		0	\$10,92	0	\$84,09	1		0
108	PLUG	\$89,87	1		0		0		0		0
109	FILTER AS FU 1R0749		0		0		0	\$79,72	1		0
110	NIPPLE A		0		0		0	\$74,79	1		0
111	CLAMP		0		0		0	\$71,76	1		0
112	SIRENA RETRO TW 12V 97DB HYF-689		0	\$65,00	1		0		0		0
113	CLIP		0		0		0	\$62,06	2		0
114	SEAL -O -RING		0		0		0	\$61,47	1		0
115	SEAL-O-RING / AROSEL		0		0		0	\$55,41	2		0

116	SEAL O RING / AROSEL		0		0		\$49,17	1		0		100%
117	SELLO ORING	\$47,48	1		0			0		0		100%
118	REPUESTO		0		0	\$45,00		1		0		100%
119	SEAL/SELLO		0		0			0	\$41,62	2		100%
120	SILICONAS	\$10,00	0		0	\$26,00		1		0		100%
121	CAP		0		0			0	\$33,76	1		100%
122	GASKET / EMPAQUETADURA		0		0			0	\$33,51	1		100%
123	FOCO NARVA PAST. 24V 100W H3		0		0			0		\$27,99	1	100%
124	BOTIQUIN		0	\$25,00	1			0		0		100%
125	PAGO POR DESCARGA		0	\$25,00	1			0		0		100%
126	CAP AS-FILL		0		0	\$18,66		1		0		100%
127	CONNECTOR		0		0			0	\$18,13	1		100%
128	RING	\$14,17	1		0			0		0		100%
129	CABLE ELECTRICO		0		0			0		\$6,00	1	100%
130	SEAL 220-8678		0		0	\$3,56		1		0		100%
		\$21.441,40		\$38.170,56		\$44.971,81		\$37.251,82		\$6.285,82		