



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DE COMPRA DE REPUESTOS  
EN BASE A UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA  
MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE ALZADORAS DE CAÑA  
JOHN DEERE SP-2254 DE LA EMPRESA CASA GRANDE S.A.A.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

Jave Zelada, Manuel Federico

**ASESOR:**

Ing. Julio Panta Mesones

**LINEA DE INVESTIGACION**  
Gestión Productiva y Empresarial

TRUJILLO – PERÚ  
2017

## PÁGINA DEL JURADO

---

Ing. Elmer Tello De la Cruz  
PRESIDENTE

---

Ing. Julio Panta Mesones  
SECRETARIO

---

Ing. Gonzalo Pérez Rodríguez  
VOCAL

## DEDICATORIA

*Esta Tesis se la dedico a mi único y gran Dios quien supo guiarme siempre por el buen camino por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades de la vida sin perder nunca ni tampoco desfallecer en el intento.*

*A mis amados Padres por ser los pilares fundamentales en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto en mi vida, como en la académica, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido y aleccionado a través del tiempo.*

*A los maestros que, en este andar de la vida, tanto desde inicial, primaria , secundaria y superior, influyeron con sus lecciones y expertos en el vivir, me ayudaron a formar como persona de bien y preparada para los grandes retos.*

*Manuel*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco a Dios Padre Celestial y Eterno, que me guía y acompaña siempre, permitiéndome ser cada día mejor persona y profesional.

En segundo lugar agradezco a mi familia porque son los pilares que me sostienen y acompañan siempre, brindándome su apoyo incondicional que me permite superar cualquier vicisitud que se me presente en el camino.

En tercer lugar agradezco a todos los docentes de la Universidad Cesar Vallejo, porque mediante todos sus conocimientos impartidos durante las horas de clase han permitido ver cristalizado mi anhelo de seguir; cuyos conocimientos serán aplicados durante el desarrollo de mis actividades profesionales y servirán como guía en el futuro, coadyuvando al beneficio y engrandecimiento de nuestra sociedad.

¡Gracias ¡

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Manuel Federico Jave Zelada, con DNI N° 41546725 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

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

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, julio del 2017

---

Manuel Federico Jave Zelada  
DNI N° 41546725

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada “MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DE COMPRA DE REPUESTOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD, TIEMPO Y COSTOS DE ALZADORAS DE CAÑA JOHN DEERE SP-2254 DE LA EMPRESA CASA GRANDE S.A.A” en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación, confío en que ustedes sabrán valorar el esfuerzo desplegado en su elaboración. En espera de su justo criterio al emitir su dictamen correspondiente al contenido de este trabajo, expreso mi más sincera gratitud

Trujillo, julio del 2017

---

Manuel Federico Jave Zelada  
DNI N°41546725

## ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
PRESENTACIÓN .....	vi
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICES DE TABLAS .....	xii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
I. INTRODUCCIÓN .....	17
1.1 Realidad problemática .....	17
Jefatura de Mantenimiento Maquinaria Agrícola.....	19
1.2 Trabajos previos .....	21
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	25
1.3.1 Criticidad .....	25
1.3.1 Stock de Repuestos .....	29
1.3.2 El mantenimiento.....	35
1.3.3 Alzadora de Caña John Deere SP-2254 en Funcionamiento en la Empresa Casa Grande S.A.A.....	47
1.4 Formulación del problema. ....	52
1.5 Justificación del estudio.....	53
1.6 Hipótesis .....	53
1.7 Objetivos.....	54
1.7.1 General.....	54
1.7.2 Específicos.....	54
II. MÉTODO .....	56
2.1. Diseño de la Investigación. ....	56
2.2 Variables, Operacionalización .....	56
2.2.1 Variable dependiente:.....	56
2.2.2 Variable 2: .....	56

2.2. Operacionalización de variables.....	56
2.3. Población y muestra .....	58
2.3.1 Población – Muestra.....	58
2.3.3 Unidad de análisis: .....	59
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	59
<b>ETAPA</b> .....	59
<b>TÉCNICA</b> .....	59
<b>INSTRUMENTO</b> .....	59
<b>FUENTE</b> .....	59
<b>RESULTADOS</b> .....	59
Análisis Documental .....	59
Ficha de recojo de datos.....	59
Registros del área de maquinaria de campo .....	59
Nivel de disponibilidad de maquinaria de cosecha. ....	59
Análisis de Costos .....	59
Ficha recojo y consolidación de datos .....	59
Reportes en Área de Cosecha de la Emp. Casa Grande .....	59
Sobre costos o perdidas ocasionada por las paradas de maquinaria .....	59
Análisis documental .....	59
Ficha de recoger de datos de registros de mantenimiento de las cosechadoras .....	59
Registros de mantenimiento de maquinaria de campo .....	59
Lista de necesidad de repuestos .....	59
Cronograma de necesidad de repuestos .....	59
Lista de necesidad de repuestos .....	59
Reportes anteriores y posteriores .....	59
2.5. Métodos de análisis de datos .....	60
2.6. Aspectos éticos.....	60
III. RESULTADOS.....	62
3.1 Datos de la Empresa. ....	62
3.1.1 Historial. ....	62
3.2 Determinar la disponibilidad Inicial de las Alzadoras de Caña.....	64



3.2.1	Categorización de la disponibilidad mensual.....	64
3.2.2	Disponibilidad mensual de las Alzadoras de Caña John Deere. ....	64
3.2.3	Número de fallas mensuales .....	65
3.2.4	Tiempo medio entre fallas (TMEF) .....	65
3.2.5	Tiempo Medio de reparación TMDR .....	66
3.2.6	Disponibilidad .....	67
3.3	Determinar la criticidad y los Costos de Parada antes de la Propuesta.....	67
3.3.1	Determinación de la criticidad .....	67
3.3.2	Determinación de costos de parada.....	68
3.3.3	Selección del modelo de gestión de compra .....	71
3.4	Aplicar mejoras en el plan de mantenimiento preventivo a fin de determinar la necesidad de repuestos y mejorar su gestión de compra. ....	77
3.4.1	Características del plan .....	77
	Permite desarrollar un modelo de gestión de compra donde ya está notificado el proveedor (mediante orden de compra) un mes antes para que el repuesto este en almacén y se lo cambie .....	77
	Fecha de reposición (equivalente a punto de reposición) .....	80
3.5	Determinar la disponibilidad Final de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A. ....	83
3.5.1	Disponibilidad mensual de las Alzadoras de Caña John Deere .....	83
3.5.2	Número de fallas mensuales .....	84
3.5.3	Tiempo medio entre fallas (TMEF) .....	84
3.5.3	Tiempo Medio de reparación TMDR .....	85
3.5.4	Disponibilidad .....	85
3.6	Determinar los Costos de Parada antes de la Propuesta. ....	86
3.7	Determinar el impacto.....	86
3.7.1	Impacto en costos de parada .....	86
3.8	Validar económicamente el modelo Propuesta.....	87
3.8.1	Determinación de la inversión .....	87
3.8.2	Determinación del flujo de caja .....	88
3.8.3	Determinación del beneficio /costo.....	88

IV. DISCUSIÓN .....	90
V. CONCLUSIONES.....	95
VI. RECOMENDACIONES .....	97
VIII. REFERENCIAS .....	99
ANEXOS .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Niveles análisis para evaluar la criticidad de información necesaria.....	26
Figura 2. Impactos en la Producción .....	27
Figura 3. Proceso de planificación de materiales. ....	31
Figura 4. Concepto de Mantenimiento.....	35
Figura 5. Tipos de mantenimiento .....	38
Figura 6. Indicadores de Mantenimiento .....	44
Figura 7. Formulación de la Disponibilidad.....	46
Figura 8. Alzadora de Caña John Deere SP-2254. Parada en Campo. ....	47
Figura 9. Alzadora de Caña John Deere en campo. ....	49
Figura 10. Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de Empres Casa Grande...	58
Figura 11 Diagrama causa – efecto de la falta de la disponibilidad por deficiencia en gestión de compras de repuestos .....	63
Figura 12. Determinación de la criticidad .....	67
Figura 13. Determinación de los costos de inventario de repuestos .....	75
Figura 14. Impacto en costos de parada .....	87
Figura 15. Formato atención Mecánicos .....	103
Figura 16. Formato atención Mecánicos de Alzadoras .....	103
Figura 17. Formato Requerimiento de Repuestos.....	104
Figura 18. Formato Recepción de Equipos .....	104
Figura 19. Formato Recepción de Alzadoras .....	105
Figura 20. Alzadora de caña. Presentación.....	105
Figura 21. Alzadora de caña cargando.....	106
Figura 22. Alzadora de caña en mal estado.....	106
Figura 23. Alzadora de caña en campo.....	107

## ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1.	Costos de Reparación + Costos de Reposición de Equipos .....	28
Tabla 2	Mantenimientos Programados de Alzadoras de Caña John Deere en la Empresa .....	41
Tabla 3	Indicadores de necesidad de mantenimiento .....	43
Tabla 4	Operación de variables.....	57
Tabla 5	Población de Alzadoras Numero interno y Código SAP de la población muestra .....	58
Tabla 6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	59
Tabla 7	Categorías de disponibilidad de las Alzadoras John Deere de la Empresa Casa Grande .....	64
Tabla 8	Tiempo de funcionamiento mensual (hr/mes) de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande.....	64
Tabla 9	Fallas mensuales por unidad año 2014 de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande.....	65
Tabla 10	Tiempo medio entre fallas año 2014 de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande.....	65
Tabla 11	Tiempo Medio de reparación TMDR (horas) .....	66
Tabla 12	Disponibilidad en Porcentaje de máxima disponibilidad .....	67
Tabla 13	Fallas mensuales por unidad año 2014 de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande.....	68
Tabla 14	Costos de parada año 2014 de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande .....	69
Tabla 15	Costos de parada según origen año 2014.....	70
Tabla 16	Parámetros de inventarios en la empresa. ....	71
Tabla 17	Producto modelo de cálculo. ....	72
Tabla 18	Fallas y frecuencia por unidad.....	78
Tabla 19	Repuestos Requeridos de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande .....	79
Tabla 20	Fecha de compra/reposición de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande .....	80
Tabla 21	Cronograma de pronóstico de fallas.....	81

Tabla 22	Costo de inventario.....	82
Tabla 23	Tiempo de funcionamiento mensual (hr/mes) año 2015 de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande .....	83
Tabla 24	Fallas mensuales por unidad año 2015.....	84
Tabla 25	TMEF año 2015 por unidad.....	84
Tabla 26	TMDR año 2015 (cambio directo de repuesto) de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande.....	85
Tabla 27	Disponibilidad en % de máxima disponibilidad de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande.....	85
Tabla 28	Costos de parada año 2015 de las Alzadoras John Deere de la Empresa Casa Grande.....	86
Tabla 29	Impacto en costos de parada .....	86
Tabla 30	Determinación de la inversión en las Alzadoras de la Empresa Casa Grande .....	87
Tabla 31	Determinación del flujo de caja.....	88

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objeto mejorar la disponibilidad de alzadoras de caña John Deere Sp-2254 de la empresa Casa Grande S.A.A, mediante una gestión de compra de repuestos en base a un plan de mantenimiento preventivo. La muestra estuvo constituida por 5 Alzadoras John Deere SP-2254. Los resultados hallados nos llevan a las siguientes conclusiones: 1) Se determinó la línea base de disponibilidad de los equipos en el año 2014 y fue de Los promedios de disponibilidad encontrados fueron 698 = 89%, 699 = 95%, 700 = 92%, 701=93% y 702 95% el promedio de todos fue 92.8%; 2) Los costos de parada en el año 2014 fueron de S/. 2'390,78, a pesar que la disponibilidad promedio de todos los equipos fue 92.8% su incidencia es grande. 3) El problema de disponibilidad ante falla es resultado de la lejanía de operación de los equipos y la no disponibilidad inmediata de los repuestos, por lo que se hace necesario pronosticarlos y comprarlos con anticipación, 4) Se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo y se determinó las fallas que requieren repuestos que no tienen disponibilidad inmediata y que se los pide a Lima y a su vez los proveedores lo piden al extranjero. El plan de mantenimiento preventivo permite que se gestione la compra y esta no sea afectada por el tiempo de entrega, estando en el almacén un mes antes de que sea requerido; 5) La disponibilidad de las alzadoras de caña mejoro sustancialmente a un 99.7% y redujo los costos de parada de S/. 28, 689,375 a S. 1, 804,688; finalmente la evaluación económica determinó una relación B/C 163.66

**Palabras Clave:** Mejoramiento de gestión, mantenimiento preventivo, disponibilidad de alzadoras de caña.

## ABSTRACT

This research aimed to improve the availability of cane Alzadoras Sp-2254 John Deere Company Casa Grande S.A.A through a purchase of spare parts management based on a preventive maintenance plan. The sample consisted of five Alzadoras John Deere SP-2254. The found results lead to the following conclusions: 1) the basis of availability of equipment online in 2014 I was determined and was of average availability found were 698 = 89%, 699 = 95%, 700 = 92%, 701=93% and 702 = 95% average of all was 92.8%; 2) Costs stop in 2014 were S / . 2'390, 78, although the average availability of all equipment was 92.8% incidence is high. 3) The problem of availability to failure is a result of the remoteness of operation of equipment and non-immediate availability of spare parts, so it is necessary to forecast them and buy them in advance, 4) development plan preventive maintenance and determined failures requiring parts that do not have immediate availability and send orders to Lima and in turn they ask suppliers overseas. The maintenance plan allows the purchase is managed and this is not affected by the delivery time, being in the store a month before being required; 5) The availability of cane Alzadoras improved substantially to 99.7% and reduced costs stop S / . S. 1,804,688 to 28,689,375; finally economic evaluation found a relationship B / C 163.66

**Keywords:** Improving management, preventive maintenance, and availability of cane lifters.

# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**



## I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tuvo por objeto Mejorar la Disponibilidad de Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de La Empresa Casa Grande S.A.A., mediante una gestión de compra de repuestos en base a un plan de mantenimiento preventivo que buscaba reducir los elevados costos de parada.

Para el logro de este objetivo se cambió la filosofía de reparar los repuestos pues este sistema demora mucho tiempo y si bien se ahorraba en repuestos se perdía demasiado en costos de parada. Nosotros encontramos que es mucho más rentable cambiar la pieza que reparar. El mantenimiento por cambio de pieza es mucho más veloz y rápido e incluso se hace en el campo sin necesidad de llevar la unidad al taller.

Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de La Empresa Casa Grande S.A.A., son las que abastecen a la fábrica de materia prima que se convierte en azúcar, estas abastecen 75 TM por unidad por hora que se convierten en 7.5 TM de azúcar que se deja de vender en la empresa reduciendo su capacidad y aumentando sus costos fijos. Estos costos son muy elevados frente a los ahorros de arreglar los repuestos.

### 1.1 Realidad problemática

El manejo de los Lotes de compra de repuestos representa un tema crucial en la administración de los suministros dentro de la Empresa Casa Grande S.A.A., pues como componente fundamental de la productividad se hace necesario mantener un mínimo de existencias con altos niveles de servicio. Sin embargo, estos Lotes de compra han crecido con el tiempo. En algunos casos se presentan como excedentarios, en los cuales las cantidades actuales se encuentran por encima de los niveles máximos planificados. En otros aumenta el número de repuestos en desuso y obsoletos, generando costos de mantenimiento y almacén.

En la actualidad el mantenimiento preventivo de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande, tienen una gran incidencia en la producción, ya que estos equipos generan el 70% de la producción total de las operaciones, el costo operativo de la Empresa Casa

Grande depende mucho de la disponibilidad de sus equipos, la parada de equipos por fallas inesperadas genera retrasos en todo el ciclo de cosecha y eleva los costos operación causando pérdidas a las empresas.

La dinámica interna de un proceso de producción se acelera conforme los progresos tecnológicos permiten avances en pro de mayores volúmenes de producción a menores costos. Una consecuencia es, precisamente, lo relacionado a los Lotes de compra de repuestos, conforme una maquina deja de ser utilizada sus repuestos también se vuelven obsoletos.

Por otro lado, los artículos excedentarios pueden originarse debido a un escenario más diverso: Traspasos de otras compañías.; Proyecto no concluidos o sobreestimados.

La ocurrencia de los dos escenarios explicados anteriormente apunta hacia otra situación preocupante dentro del Almacén de Repuestos, los materiales con baja rotación. Existe un volumen considerable de piezas con más de un año sin ningún tipo de consumo, también materiales cuyos movimientos han sido realmente bajos en comparación a las cantidades que se tienen actualmente en el almacén.

La competitividad en los últimos años se ha convertido en un tema obligado de empresarios, políticos y académicos. Los nuevos esquemas de negocios y producción exigen a los protagonistas de la economía empresarial una apertura mental hacia las nuevas técnicas sobre productividad, trabajo y competitividad. La competitividad se manifiesta a través de los aumentos en la producción y productividad en la que emplea los recursos, ya sea estos humanos, tecnológicos o financieros.

Actualmente, las empresas que apuntan a la mejora continua analizan sus procesos industriales y sus diferentes áreas de trabajo, para detectar las fuentes generadoras de pérdidas; las cuales pueden ser de tiempo, de mala distribución de personal, de mal manejo y otros, lo que genera un incumplimiento de metas y plazos que se traducen en pérdidas económicas para la organización, afectando su productividad y competitividad frente a las demás empresas del medio.

El Área de Tractores Taller de la Empresa CASA GRANDE S.A.A. tiene como función principal garantizar que todos los equipos del Sistema de Servicios y Productivo, estén al nivel máximo de funcionamiento y efectividad, se propone para el personal altos estándares de seguridad, menor contaminación al medio ambiente y al costo menor posible utilizando nuevas tecnologías.

#### Jefatura de Planeamiento

- Se encarga de elaborar, controlar y ejecutar el presupuesto anual del área de mantenimiento (repuestos, materiales, servicio de terceros y mano de obra).
- Analiza los índices de Gestión de Mantenimiento como son la fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de todos los equipos que operan en la unidad.
- Realiza el programa de mantenimiento preventivo mensual de todos los equipos y lleva el control de las horas de operación, mantenimientos y costos por flota de equipos.

#### **Jefatura de Mantenimiento Maquinaria Agrícola**

- Realiza el mantenimiento de los equipos y máquinas que operan dentro y fuera la Empresa Casa Grande S.A.A., como Alzadoras de Caña. Cargadoras frontales, Tractores Orugas y de Llanta, Motoniveladoras, Cosechadoras, etc.
- Elabora los programas de Mantenimiento y Reparación de componentes mayores.

La rentabilidad económica de la Empresa Casa Grande depende de cerciorar que cada máquina trabaje al máximo durante todas las horas de operación, en consecuencia, el mantenimiento se debe orientar a lograr la máxima disponibilidad y la productividad del equipo con el menor costo posible.

La Empresa Casa Grande S.A.A., es una empresa cuya actividad económica principal consiste en el cultivo, industrialización y comercialización de la caña de azúcar, sus operaciones de Cosecha las realiza con Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 para lo cual posee terrenos muy ricos y fértiles, por lo que la producción de Cosecha depende mucho de la disponibilidad y eficiencia mecánica de estos equipos. En la actualidad el departamento de mantenimiento, realiza mantenimientos preventivos y correctivos con un programa mensual, en base a las indicaciones del catálogo del fabricante y en base al cumplimiento de horas de operación. Se realiza técnicas predictivas (mediante análisis de aceite y medición de desgaste de neumáticos), que pronostiquen futuras fallas en los componentes y sistemas críticos de los equipos (motor, transmisión, dirección, sistema hidráulico, neumático, chasis y rodamiento), que generan paradas imprevistas, elevando los costos de mantenimiento (repuestos, materiales y mano de obra), accidentes personales, ambientales y pérdidas en la producción.

Actualmente el servicio de mantenimiento tiene problemas por las constantes quejas de los operadores de maquinaria por incumplimientos e insatisfacciones.

Por lo expuesto se propone elaborar el uso de cálculos de lotes de compras de repuestos del plan de mantenimiento preventivo para mejorar La disponibilidad de Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A.

## 1.2 Trabajos previos

Pesantez Huerta (2007) Guayaquil – Ecuador. Aprobaron su tesis para la obtención del Título de Ingeniero Industrial. Elabora un plan anual de Mantenimiento Predictivo y preventivo de los equipos del proceso productivo que presenten un mayor índice de criticidad de una empresa empacadora de camarón, basados en las recomendaciones directas realizadas por los fabricantes de los equipos, así como de las mejores prácticas de los mercados. Da a conocer cuáles son los equipos preferentes y/o críticos para las diversas actividades del proceso productivo estudiado. También nos enseña el aspecto y la condición de las tareas y actividades de mantenimiento que se realizan en la empresa. Establecer los equipos de mayor criticidad, sobre los parámetros constituidos para el estudio. Recopila la información de las repeticiones de mantenimiento preventivo según los fabricantes de los equipos y/o de las recomendadas por los técnicos, tanto internos como externos en la planta así como de las mejores prácticas desarrolladas en el mercado y las recomendaciones de expertos de este tipo de equipamiento donde concluye que dada las implicaciones que su falta de disponibilidad tiene sobre la cadena productiva en industrias que producen volúmenes de escala, el costo de mantenimiento es irrisoria frente a las consecuencias de su indisponibilidad. (Pesantez, 2007:6)

Molano (2010), en Bogotá, Colombia, denomina su estudio propuesta para la Optimización y redefinición de la cadena de logística para el suministro de repuestos aeronáuticos A.O.G. (Aircraft On Ground). Realiza el estudio y rediseño de la cadena logística para el abastecimiento, distribución y entrega de repuestos aeronáuticos A.O.G. (Aircraft On Ground) a fin de mejorar la calidad en el servicio y de optimizar costos integrados a la cadena de abastecimiento. (Molano, 2010:1),

Rojas (2009). Barcelona. “Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la filosofía actual que más se adapte al taladro de servicios a pozos h-643” caso: pdvsa, Distrito San Tomé. En este estudio de tesis

Identifica el contexto operacional del Taladro H-643. También ejecutar el estudio y análisis de criticidad a los equipos que pertenecen al Taladro de Servicios a Pozos H-643. Escoge la ideología del mantenimiento actual que más se acomode al contexto situacional de la Superintendencia de Mantenimiento y Logística de Taladros. Al final del trabajo elabora un análisis de beneficios económicos que evalúa el plan de mantenimiento propuesto. (Rojas, 2009:3).

Alva (2009) Lima, Análisis de optimización de costos de operación de una flota de Scooptrams en una mina subterránea, tiene como fin suministrar y proveer una herramienta de orientación para mejorar el costo de operación de la flota de equipos Trackless, considerando los costos de operación, mantenimiento, repotenciación y reemplazo. Optimiza el costo total de la flota de Scooptrams de la empresa Consorcio Minero Horizonte S.A. que posee 16 unidades con una potencia comprendida entre 47 y 147 HP por medio de la elaboración de un PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y REEMPLAZO DE 5 EQUIPOS DE LA FLOTA DE SCOOPTRAMS, con el que se obtenga el costo anual mínimo. Comprende la flota de Scooptrams de Consorcio Minero Horizonte, quien posee 16 unidades y considera los aspectos relacionados con el reemplazo o repotenciación, la operación y el mantenimiento de la flota para optimizar los costos totales de operación. (Alva, 2009:11)

Bernal (2012) “Manejo y Optimización de las Operaciones de Mantenimiento Preventivo y Correctivo en un Taller Automotriz” para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico de la Escuela Superior Politécnica del Litoral Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción Guayaquil – Ecuador. Este trabajo se lo realizó con la idea de darles más facilidad y control a los delegados o encargados de administrar Talleres Automotrices pequeños, además de darle al taller una forma más óptima a las operaciones de mantenimiento. En este trabajo se observó problemas en la administración como en la mayoría de los talleres automotrices en el país, en la cual se hizo un diagnostico se pudo observar

que con unos pequeños cambios propuestos en las herramientas y métodos se mejoró la misma administración. Se obtuvo un plan para el mantenimiento preventivo, otro plan para minimizar el tiempo de parada del vehículo en el taller y un plan de software para mejorar la administración, además, se controla por medio del software el almacén de repuestos. Con esto el propietario obtuvo un total control del ingreso y reparación de vehículos, el ingreso y venta de repuestos, el control de las reparaciones y mantenimiento preventivo del vehículo, los técnicos asignados a la reparación, como los trabajos externos practicados, con esto, se puede saber más fácilmente que vehículo necesita de mantenimiento preventivo, que se debe y no se debe inspeccionar, como inspeccionarlo y que parte o accesorio inspeccionar y también en el menor tiempo posible. También se le permitió llevar un control de gastos y recortar el tiempo de presupuestos y facturación los resultados del trabajo tuvieron beneficios económicos para los clientes pues redujeron en forma significativa el remplazo de repuestos y el costo de horas hombres, logrando en promedio reducir en un 45% los costos y en un 60% la incidencia de fallas en los vehículos. Consecuencia de esto fueron menores costos para el cliente, mayores ingresos para la empresa, pues está más gana por servicio y este disminuyó el tiempo de servicio, pudiendo hacer más servicios con el mismo personal. (Bernal, 2012:11-12)

Abad (2004) nos dice que en su tesis “Implementación de la Metodología de mantenimiento preventivo Total (mpt)” para el manejo eficiente de un departamento de mantenimiento” para obtener el grado ingeniero mecánico Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil – Ecuador señala que la aparición de fallas y averías en los componentes de una instalación industrial de detergentes trae consigo la disminución de los beneficios que pudieran proceder del proceso productivo en mención, los desperfectos que ocasionan la detención del proceso productivo provocando una disminución de ingresos y así mismo, incrementando los costes de producción, ya que, inclusive podría necesitarse reparar el equipo averiado

o deben pagarse indemnizaciones por incumplimiento de contratos. (Abad, 2004:4,168-171)

Hernández (2010) en su tesis titulada “Plan de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada en funcionamiento de la zona vial no. 14, Dirección General de Caminos, Salame, Baja Verapaz” esta tesis fue realizada para obtener el título de Ing. Mecánico Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica Guatemala, junio de 2010 presenta un el plan de mantenimiento para los diferentes tipos de maquinaria y equipos de construcción de las carreteras. En este contenido se puede observar la información sobre la zona vial, la descripción de la maquinaria, los tipos de mantenimiento de las maquinas, periodos de servicio, consistiendo en la organización de planes; que es necesario ejecutar en el equipo, siempre que se cumplió un tiempo de servicio según calendario y horas de trabajo. Esto ayuda a prevenir fallas prematuras. De esta forma su trabajo sienta precedente que se puede mantener operativa la flota de maquinaria (motoniveladoras, cargador frontal, compactadoras entre otros) en un 100%;

En nuestro país sobre este tema de investigación destacan las siguientes investigaciones (Santivañez, 2003) “Gestión del Plan de mantenimiento de maquinaria pesada Caterpillar en minera Yanacocha S.R.L”Informe de Ingeniería Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica, Especialidad de Ingeniería Mecánica, 2003. Tuvo por objetivos, presentar las técnicas empleadas, en los diferentes Proyectos Mineros tipo MARC, por Caterpillar para la mejora de su administración en el mantenimiento de la maquinaria pesada con metas logradas como la confianza del cliente por un soporte que se mejore la gestión del mantenimiento mediante el adecuado manejo de técnicas computacionales que el cliente provee como MIMS y Dispatch", (Santivañez, 2003:3)

Así mismo el autor García y Sotomayor (2013) “ Modelo de mejora de la competitividad basada en indicadores críticos de gestión en las pequeñas



empresas de servicios de mantenimiento de equipos pesados”, tesis para optar el título de Ing. industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, busca aumentar la competitividad de las pymes que ofrecen el servicio de mantenimiento de la maquinaria pesada, a través de un modelo basado en indicadores de gestión que derivan de los procesos críticos de este servicio; es decir, aquellos procesos de la cadena de valor que generan mayor competitividad para la empresa. García y Sotomayor, 2013:3)

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Criticidad**

Un factor importante a tomar en cuenta en la administración de inventario de repuestos es la criticidad, esto es el impacto que produce la falta del material para las actividades de mantenimiento o del proceso de producción [Duffuaa, 2000].

La criticidad posee propiedades múltiples, pues un artículo puede ser considerado crítico dependiendo del efecto que una ruptura de inventario tenga en el sistema de producción de mantenimiento, pero también depende de cuán difícil de adquirir, de su impacto sobre la seguridad, del tiempo de entrega, entre otros (Díaz, 1999).

Este análisis de criticidad permite cuantificar el riesgo, sustentando primordialmente en la opinión de expertos, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de una falla y su impacto, así se jerarquizan opciones como oportunidades, componentes, equipos, sistemas o procesos relacionados a esa falla y su solución. De esta forma, se logra medir el indicador proporcional a riesgo asignado o criticidad. La técnica de criticidad es de carácter semicuantitativo, rápido, de fácil manejo que debe usarse como primer filtro para dirigir los esfuerzos de toda gestión de mantenimiento (Cáceres, 2004).

El Análisis de Criticidad establece la jerarquía de procedimientos, sistemas de equipos, deviniendo en una estructura facilitadora de la toma de

decisiones acertadas y efectivas, para el logro y mejoramiento de la Confiabilidad, basado en la realidad basándose en la utilización de modelos matemáticos contextualizados. La inobservancia de esta cualidad trae como riesgo la posibilidad de obtener resultados no representativos del campo analizado (Moubray, 2004), (Riveros M, 2009).

El proceso de análisis de criticidad requiere los siguientes pasos:

**Primer paso-Definir el nivel de análisis:**

Definición de los niveles donde se efectuara análisis: instalación, sistema, equipo o elemento, de acuerdo con los requerimientos o necesidades:

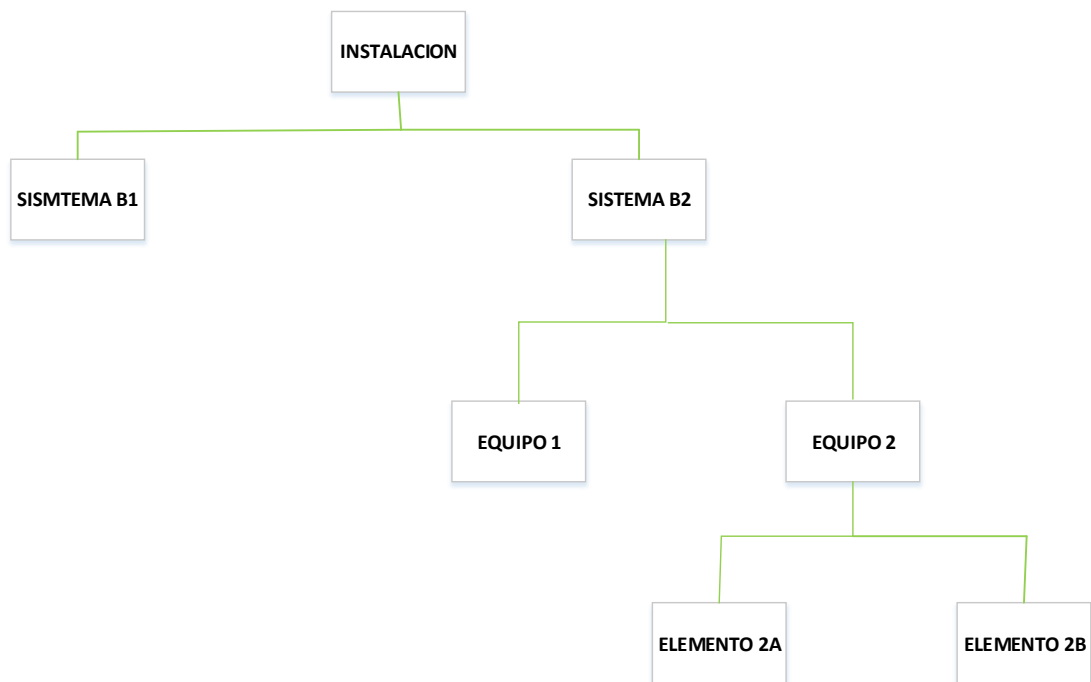


Figura 1: **Niveles análisis para evaluar la criticidad de información necesaria.**

Fuente: Registros Área Mantenimiento. Empresa Casa Grande

Es necesario incluir la siguiente información para efectuar el análisis.

- Dependencia de las instalaciones.
- Dependencia de sistema y equipo en todas las áreas.
- Diagramas de flujo de Proceso.
- Base de datos de eventos no deseados o fallas funcionales.
- Base de datos de impactos en producción
- Base de datos de impactos en la seguridad de los procesos.

## Segundo paso-Definir la Criticidad:

Estimar la frecuencia de fallas e impacto:

Estimar la frecuencia de la falla funcional.

Utilizar el Tiempo Promedio entre Fallas (TPEF) o la frecuencia de falla en número de eventos por año, Categoría de los Impactos.

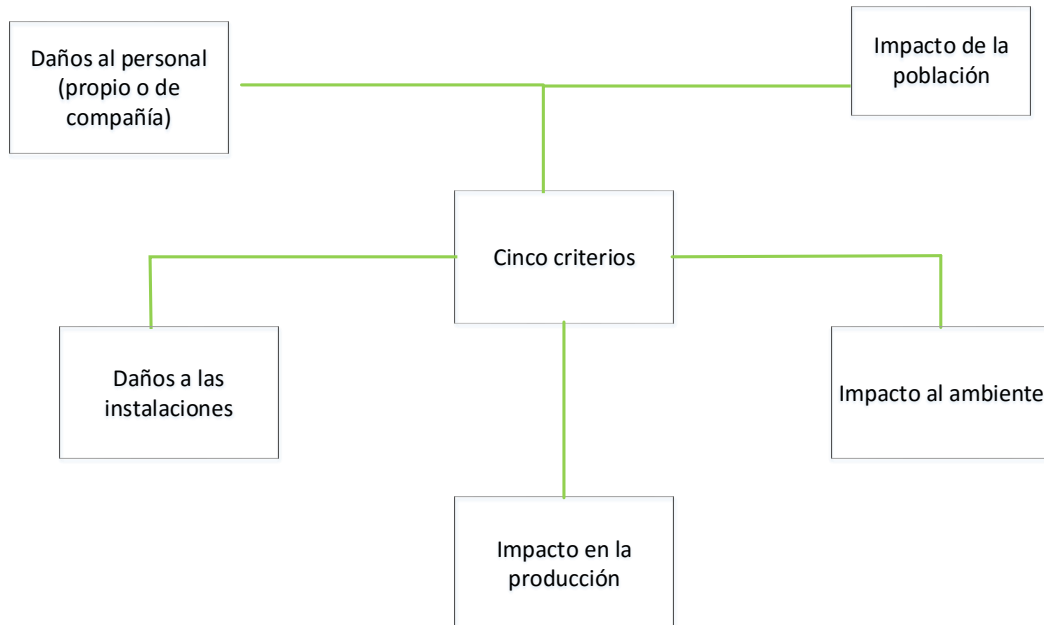


Figura 2. Impactos en la Producción  
Fuente: Registros Área Mantenimiento. Empresa Casa Grande

El impacto productivo (**IP**) cuantifica los eventos no deseados junto con las consecuencias sobre el negocio, considerando los siguientes factores:

- Tiempo Promedio para Reparar (TPPR),
- Producción Diferida
- Costos de Producción (aceite y gas)

$$\mathbf{IP = (Producción Diferida \times TPPR \times Costo Unitario del Producto)}$$

El valor resultante sirve para categorizar el IP con los criterios de la tabla categoría de Impactos.

Los impactos asociados a Daños de las instalaciones (DI) se evaluarán considerando los siguientes factores:

- Equipos afectados.
- Costos de Reparación.
- Costos de Reposición de Equipos.

**DI = (Costos de Reparación + Costos de Reposición de Equipos)**

El valor resultante nos permite categorizar el DI de acuerdo con los criterios de la tabla Categoría de los Impactos

**Tabla 1. Costos de Reparación + Costos de Reposición de Equipos**

CAT.	DAÑOS AL PERSONAL	EFEECTO EN LA POBLACION	IMPACTO AMBIENTAL	PERDIDAD DE PRODUCCION (USO)	DAÑOS A LA INSTALACION (USO)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa	Muerte o incapacidad temporal, daños severos en uno o más miembros de la comunidad	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial permanente heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas	Daños ambientales regulables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Pueden resultar con heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta	Sin efecto en la población	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

Fuente: Registros Área Mantenimiento. Empresa Casa Grande

### 1.3.1 Stock de Repuestos

En el caso específico de mantenimiento, el inventario de materiales y repuestos tiene como fin proporcionar oportunamente, a las unidades de ejecución de mantenimiento, los materiales, piezas y repuestos que se necesiten (Duffuaa, 2000).

Las gestiones de los inventarios de repuestos poseen características peculiares que ameritan un tratamiento especial (Díaz, 1999).

- Existen grandes cantidades de artículos con poco movimiento.
- El movimiento de los materiales es lento.
- La mayoría de los materiales y repuestos son importados, esto produce tiempos de reposición importantes.
- En mantenimiento se utiliza una gran cantidad de materiales que entran en la categoría de reparables, puesto que pueden ser reparados y vueltos a usar.

#### **Clasificación de Materiales aplicadas en los almacenes de repuestos**

Como se señaló, anteriormente, en un almacén de repuestos se anejan materiales considerados como reparables, es decir cuando un material puede ser restituido a la condición original después que presenta una falla. Este tipo de materiales posee un valor de rescate y puede ser considerado como activos fijos de la empresa sujetos a las políticas de depreciación.

Ejemplos típicos son (Duffuaa, 2000):

- Un motor de arranque.
- Una bomba de inyección de combustible.
- 

La existencia de materiales reparables, renovables, se calcula mediante la suma de la existencia en almacén, más la cantidad de reparación, más los que se encuentran en funcionamiento. La gestión de este tipo de materiales se limita a adquirir la porción necesaria para sustituir los que están en reparación y los que se desincorporan.

Como contraparte, los materiales consumibles pierden su valor una vez que fallan en su primer uso y una vez que salen del almacén pierden su valor contable. Por ejemplo:

- Empaquetaduras de Motores.
- Lubricantes.

Para la realización de la gestión de este tipo de materiales es común y muy útil agruparlos también de la siguiente manera (Duffuaa, 2000).

- Material de alto volumen de consumo, bajo valor y bajo efecto de agotamiento, como por ejemplo papelería y efectos de oficina, clavos, etc.
- Material de alto volumen de consumo, bajo valor y moderado efecto de agotamiento, por ejemplo, combustibles y lubricantes.
- Repuestos de todo tipo de, como, por ejemplo, repuestos de equipos de producción, de equipos de transporte, etc.
- Materiales de reabastecimiento inmediato en los cuales su característica determinante es su alto efecto de agotamiento.

### **Modelos de Stock.**

Los modelos sobre los cuales se sustenta un sistema de inventario están fundamentados sobre las diferencias entre demanda dependiente e independiente. Como demanda dependiente se entiende aquella donde la necesidad de cualquier artículo es resultado directo de la necesidad de otro artículo, usualmente uno de, mayor nivel del cual forma parte. La demanda independiente es cuando las necesidades de diferentes materiales no se encuentran asociadas entre sí (Chase, 2000).

### **Planificación de materiales**

La planificación de necesidades de materiales en el almacén de Repuestos y Suministros se define como la medida técnica para identificar, los niveles de stock, cantidades y fechas de necesidad de los materiales de un centro, con el propósito de satisfacer las necesidades de la Planta.



Figura 3. Proceso de planificación de materiales.

Fuente: Registros Área Mantenimiento. Empresa Casa Grande

De acuerdo a la figura 1, se hace necesario definir ciertos parámetros tales como (Políticas Alimentos Polar, 2003):

- Stock de materiales/ Material de stock: Materiales que poseen registro en el maestro de materiales y están disponibles en el almacén, son manejados sobre un valor promedio en una cuenta de materiales de stock.
- Reservas: Es un apartado de material de stock para ser utilizado por un centro de costo o proyecto, en un tiempo establecido por el usuario. Esta reserva no bloquea al material para su uso.
- Demandas: Son necesidades de un material para satisfacer órdenes de fabricación, mantenimiento o proyecto. El costo de esta necesidad se carga a la orden o al centro de costo que así lo requiera.

- Consumo directo: Se cargan al centro de costos correspondiente o a la orden que lo haya requerido.
- Datos maestros de materiales: Son todos los datos que identifican los niveles de inventario de material, su tipo de necesidad, tiempos de entrega, entre otros.
- Gestión de compras: Área encargada de la procura, adquisición y llegada del material conforme a las especificaciones, cantidades y tiempos solicitados por los usuarios.
- Pedidos de compras: Es el documento emitido por la gestión de compras, a fin de aceptar un compromiso de recepción del material en las cantidades, precios, calidad, tiempo de entrega y condiciones de pago preestablecidas en el mismo.
- Solicitudes de pedido: Mecanismo utilizado para informar de las necesidades del material por parte de los usuarios. Estas necesidades pueden ser manuales o automáticas a través de órdenes de mantenimiento que generan reserva o solicitud de pedido en el sistema SAP R/3. Estas necesidades son transmitidas a compras para la procura de los materiales.
- Listado de planificación: Es el resultado que genera el sistema para ser analizado por el planificador, donde se indica el estado en que se encuentra para el momento de la ejecución, señalando las ordenes previsionales, reservas, solicitudes de pedido y pedidos.
- Orden previsual: Es la cantidad que propone el sistema a ser solicitada por el material luego de ser ejecutada la planificación.
- Centro o establecimiento: Se refiere al centro de producción o subsidiaria de la empresa. Un centro puede tener uno o varios almacenes.
- Niveles de seguridad: Son los valores de stock máximo y de seguridad suministrados al sistema para garantizar la adecuada y oportuna adquisición de los materiales de stock mediante la ejecución de la planificación.
- Stock de seguridad: Nivel de stock mínimo asignado a cada



material para ser tomado como punto de reposición por el sistema al correr la planificación. Todo material al alcanzar este punto es tomado por la planificación emitiéndose una orden previsional para su reposición, garantizando así su existencia en el almacén.

- Centro de costos: Unidad organizativa a la cual se le imputara el cargo de los materiales solicitados al almacén.

Con estos parámetros ya definidos, el proceso de planificación recibe como entradas las demandas, reservas o los consumos directos de un material, compara esos datos con las existencias en stock de materiales, allí verifica la disponibilidad del mismo. De ser así este puede ser retirado o en el caso de la reserva, el sistema identifica tal cantidad como “reservado”. Paralelamente se cotejan los datos concernientes a la planificación del material en el maestro de materiales y con la gestión de compras si ya se han realizado pedidos de este material. Como resultado de este proceso se deriva el listado de planificación, tal como se explicó anteriormente, contiene las ordenes previsionales, las ordenes a satisfacer, los repuestos reservados, las solicitudes de pedido y los pedidos de compra.

Es válido acotar que las ordenes previsionales pueden convertirse en solicitudes de pedido de acuerdo a lo que el planificador apruebe, en consulta con los usuarios del material, como ya se mencionó este tipo de mecanismos representa solo sugerencias del sistema frente a los consumos y reservas del artículo.

### **Datos de planificación de materiales.**

En las vistas de planificación que contienen los datos del Maestro de materiales se definen los siguientes parámetros para caracterizar la logística de cada repuesto (Políticas Alimentos Polar, 2003):

- Grupo de compras: Clave que identifica al comprador o grupo de compradores responsable de la procura de materiales y servicios. Internamente se encarga del acopio de material, y de forma externa

sirve de interlocutor entre los usuarios del artículo y el proveedor.

- Indicador ABC: Este indicador refiere a una clasificación interna en la Empresa Casa Grande, donde A representa un material estratégico o que detiene el proceso de producción. B, significa que tiene una moderada relevancia dentro del proceso, y C, que no es relevante para el proceso.
- Características de planificación de necesidades: Es una clave que determina si para un material se planifican las necesidades y de qué forma:
  - PD: Clave que identifica planificación de necesidades sobre previsión. En este caso una reserva de material y/o un consumo directo del material representan datos utilizados para realizar el pronóstico de las cantidades a requerir en las órdenes previsionales, o, solicitudes de pedido.
  - VI: Planificación de necesidades por punto de pedido. En este caso únicamente el consumo directo del material representa una señal de entrada para generar ordenes previsionales.
  - ND: Sin planificación de necesidades.
- Punto de pedido: Cuando el inventario cae a una unidad por debajo de esta cantidad se emite una orden previsual, o solicitud de pedido.
- Tamaño de lote: Cantidad de aprovisionamiento de un material determinado en el marco de la planificación de necesidades.
  - HB: Reposición del material hasta el nivel máximo de inventario.
  - EX: Cálculo del Lote exacto, la cantidad de aprovisionamiento es la precisa para asegurar el nivel mínimo en almacén y las necesidades a cubrir.
- Plazo de entrega: Número de días requeridos para la llegada de una materia una vez se le ha solicitado al proveedor.
- Tiempo de tratamiento: Plazo de días que posee el grupo de compras asignado para convertir las solicitudes de pedido en

pedidos a proveedores.

- Stock de seguridad: Es la cantidad de material mantenida en almacén para cubrir necesidades no previstas.
- Stock de seguridad mínimo: Cantidad mínima que debe existir de un determinado material, para los casos de planificaciones.

### 1.3.2 El mantenimiento

El Mantenimiento es una reunión de acciones que finalizan con la obtención de poder dilatar o alargar el funcionamiento continuo de los equipos, minimiza los costos de producción, alarga la vida útil de los equipos, esquivar y librarse de pérdidas por paros inesperados de los equipos para una producción con mayor calidad ". Pastor, 1997:67).

"Es un grupo o reunión de actividades destinadas a mantener y restablecer un bien a un estado de seguridad en el funcionamiento, para realizar y ejecutar una función requerida". (Boucly Francis, 1999:43)

"Posibilita mantener y restablecer un sistema para garantizar el funcionamiento a un bajo costo." Autor.



Figura 4. Concepto de Mantenimiento

Fuente: Maldonado Villavicencio, Herman & Sigüenza Maldonado, Luis.  
Propuesta de un Plan de Mantenimiento para Maquinaria Pesada de la Empresa  
Minera DynastyMining del cantón Portovelo

## **Plan de mantenimiento**

“El plan de mantenimiento es una consecuencia del diseño. A diferencia del concepto de mantenimiento, que era un input para el proceso de diseño, el plan de mantenimiento es un resultado de dicho proceso. Aunque de lo anterior se desprende que el concepto de mantenimiento tiene una incidencia clara en el plan de mantenimiento, ya que el primero influye en el diseño, del que el segundo es una consecuencia, también el plan de mantenimiento incide en el concepto de mantenimiento. Por la naturaleza iterativa del diseño, es posible que durante el proceso de diseño de un sistema el plan de mantenimiento que resultaría sea incompatible con otros requisitos expresados por el usuario, por lo que ello puede motivar una revisión del concepto de mantenimiento (y tal vez de otros requisitos específicos). (Rodríguez Alberto, 2000) “El Plan de mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, pues sufre continuas modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y del análisis de los diversos indicadores de gestión”. (García, Santiago, 2003).

## **Objetivos del Mantenimiento**

El Mantenimiento tiene como objetivo principal avalar y respaldar la producción necesaria en el momento preciso y con el bajo costo.

- Asegurar que el sistema de protección funcione correctamente para salvaguardar la integridad de las personas y el buen estado de los equipos.
- Alcanzar la calidad reclamada en la producción al mantener en perfecto estado los equipos que intervienen en este proceso.
- Conservar la energía mediante el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas y elementos de las maquinas.
- Reducir al máximo las averías para obtener un mínimo costo generado en las actividades de mantenimiento

- Conservar el medio ambiente asegurando la estanqueidad de los diferentes sistemas.
- Producir el máximo necesario con la disponibilidad necesaria de los equipos para cumplir con las aspiraciones propuestas

### **Tipos de mantenimiento**

Para su estudio, el Mantenimiento se ha dividido en 3 grandes grupos que se señalan a continuación:



Figura 5. Tipos de mantenimiento

Fuente: Registros Área Mantenimiento. Empresa Casa Grande

## **Mantenimiento Correctivo**

Según Boucly, Francis (1999) “Es el conjunto de actividades realizadas tras el fallo de un bien o el deterioro de su función, para permitirle cumplir con una función requerida, al menos de manera provisional”.

- Repara averías a medida que se van produciendo.
- Resulta más costoso y demandas.
- Un mayor tiempo para su realización.

Este tipo de mantenimiento considera dos tipos de enfoques:

### **Mantenimiento Paliativo o de Campo (de arreglo)**

Determinado arreglo compuesto de una sucesión de acciones de carácter provisional seguidas de acciones definitivas. No se paraliza la producción y el tiempo de reparación es corto.

### **Mantenimiento Curativo (de reparación)**

Son acciones que llevan a restablecer un bien a un estado específico obteniendo el máximo desempeño. La producción es paralizada y el tiempo que se emplea para la reparación es mayor.

### **Ventajas del mantenimiento correctivo**

- No necesita gran infraestructura, ni elevada capacidad de análisis.
- Aprovechamiento máximo de la vida útil.

### **Desventajas del Mantenimiento Correctivo**

- Riesgo de fallos de elementos difíciles de reparar o adquirir.
- Baja calidad del mantenimiento debido al poco tiempo disponible para reparar, predisponiendo falla prematura.
- Los desperfectos son imprevistos y afectan a la producción.

## **Mantenimiento Preventivo**

Según Rey (2001: 67) “es el conjunto de todas las acciones sobre revisiones, rectificaciones, modificaciones y mejoras dirigidas a evitar averías y las consecuencias en la producción. Se desarrolla en todo tipo de maquinaria de la empresa con el fin de programar el mantenimiento llevando controles periódicos de los diferentes sistemas y equipos de cada máquina.

### **Ventajas del mantenimiento Preventivo**

- Disminuye el número de paradas realizando varias reparaciones en un solo paro de los equipos.
- Aprovecha el momento más oportuno sin interferir en el proceso de producción para realizar en mantenimiento.
- Prepara implementos y repuestos disminuyendo la indisponibilidad de los equipos.
- Evita averías mayores producidas por pequeñas fallas provocadas con el paso del tiempo.
- Reduce el stock de repuestos costosos por tener la vida útil de cada componente



**Los Tipos de Mantenimiento Preventivo de la Empresa CASA GRANDE son 4:**

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DURACIÓN</b>
<b>PM1</b>	Mantenimiento cada 250 horas	4 horas
<b>PM2</b>	Mantenimiento cada 500 horas	5 horas
<b>PM3</b>	Mantenimiento cada 750 horas	6 horas
<b>PM4</b>	Mantenimiento cada 1000 horas	8 horas

Tabla 2 : Mantenimientos Programados de Alzadoras de Caña John Deere

Fuente: Registros Área Mantenimiento. Empresa Casa Grande

**Tipos de Mantenimiento Preventivo**

Para su estudio se ha dividido el mantenimiento preventivo en tres subgrupos:

- **Mantenimiento Sistemático** Consiste en inspeccionar y controlar periódicamente el equipo o instalaciones antes de que se produzca la avería. Es realizado por el operador del equipo diariamente con ayuda de un checklis.
- **Mantenimiento hard time** Revisión del equipo a intervalos programados sustituyendo o reparando elementos o piezas de acuerdo a un programa de mantenimiento. Es efectuado por el personal técnico de mantenimiento con ayuda de una orden de trabajo detallada.
- **Mantenimiento Predictivo** Es un mantenimiento planificado y programado que se fundamenta en el análisis técnico, programas de inspección y reparación de equipos, en el cual se adelanta al suceso de las fallas, es decir, es un mantenimiento que detecta fallas potenciales con el sistema de funcionamiento.

Las técnicas predictivas más usuales y aplicadas son:

### **Mantenimiento Modificado**

Es el conjunto de acciones que se lleva a cabo la modificación de las características de la producción en los equipos, logrando mayor fiabilidad o mantenibilidad de los equipos de acuerdo con las características reales de la zona de trabajo.

Se ha dividido en tres subgrupos:

- **Mantenimiento de proyecto**  
Consiste en acondicionar una maquina estándar para adaptarse a un trabajo específico.
- **Mantenimiento de prevención**  
Modificar sistemas y elementos para eliminar fallas más frecuentes.
- **Mantenimiento de reacondicionamiento**  
Reconstruir el equipo para mejorar la producción y facilitar el mantenimiento.

### **Indicadores de Mantenimiento**

Son Parámetros numéricos que convenientemente utilizadas, pueden ofrecernos una oportunidad de mejora continua en el resultado o desarrollo, aplicación de nuestros métodos y técnicas específicas de mantenimiento.

Tabla 3. Indicadores de necesidad de mantenimiento

<b>Variable indicadora a medida</b>	<b>Técnicas de diagnóstico</b>	<b>Tipo de instalación y equipo</b>
Vibraciones	Medición de Vibraciones Impulsos de choque Analizador de Frecuencia	Maquinaria Rotativa
Viscosidad, partículas y degradación de lubricantes	Monitorización del color Oxidación Análisis espectro químico	Reductores, caja de cambios, motores térmicos, compresores
Temperatura	Termografía Pintura térmica Adhesivos de bandas	Sistemas estáticos, térmicos, eléctricos y electrónicos
Fugas	Detectores de ultrasonidos Gases halógenos Líquidos coloreados	Depósitos y tuberías
Grietas	Fluido magnético Resistencia eléctrica Corrientes inducidas Ondas ultrasónicas Ondas de radiación	Estructuras metálicas y equipos estáticos
Ruidos	Estetoscopio Radioscopia	Maquinaria rotativa
Corrosión	Ultrasonido Detector de gases Radioscopia Magnetoscopio	Depósitos, tuberías, cráteres, calderas, etc.
Obstrucciones	Radioscopia Indicador de presión	Tuberías, válvulas, depósitos racores

Fuente: Gonzales (2004)

Los indicadores se comparan con un valor o nivel de referencia adoptando acciones correctivas, modificativas, predictivas según sea el caso.

Según Gonzales (2004) “Son aquellos que, normalmente surgen de inter relacionar dos ratios o valores, nos aportan una visión complementaria que evalúa diversos aspectos de la gestión de nuestro departamento”.

La fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad son las únicas medidas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculo matemático, estadístico y probabilístico, que tiene el mantenimiento para su análisis.



Figura 6. Indicadores de Mantenimiento

Fuente: Tomado del libro Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado 4ª Edición 2011.

### **La Fiabilidad**

Según Gonzales, Francisco (2004) lo define como la probabilidad, en un periodo de tiempo determinado, de que el equipo o maquinaria pueda realizar su función en condiciones de utilización óptima, o sin avería. “Medida de los tiempos de buen funcionamiento. Está intrínsecamente vinculada con la “medida de tiempo para revisar o para reparar”. El MTBF (Mean Time Between Failures) debe extenderse a la medida de tiempos entre paralizaciones (preventivas y correctivas). Por esta razón hay dos posibles disponibilidades; una asociada a paralizaciones por preventivos, y otra asociada a correctivos.

El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de lo sistema, para ello se utiliza lo que denominamos la tasa de falla, por lo tanto, el Tiempo Medio Entre Falla (TMEF)

**TMEF (Tiempo Medio Entre Fallos)**, mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio.

$$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

**Dónde:**

**HROP** = Horas de operación

**NTFALLAS** = Número de fallas detectadas.

### **Mantenibilidad**

Según Gonzales, Francisco (2004) “Es la probabilidad que una maquinaria que está en falla, pueda ser reparado o una condición especificada en un periodo de tiempo dado, y usando unos recursos determinados”.

La medida de la mantenibilidad es el MTTR (Mean Time to Repair) o en castellano TMDR (Tiempo Medio de Reparación).

$$TMDR = \frac{TTR}{\sum NTFALLAS}$$

**Donde:**

**TTR** = Tiempo Total de Reparación.

**NTFALLAS** = Numero de fallas detectadas.

### **Disponibilidad**

Según Gonzales, Francisco (2004) “El porcentaje de tiempo que la maquinaria esta útil (disponible) para producción. El tiempo fuera de

servicio (indisponible) debe de contemplar toda la paralización por mantenimiento preventivo o correctivo. Desde el momento en que queda fuera de servicio hasta que se devuelva a entregar operativo a Producción o Explotación”

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$$

**Dónde:**

**TMEF** = Tiempo Medio Entre Fallos.

**TMDR** = Tiempo Medio de Reparación

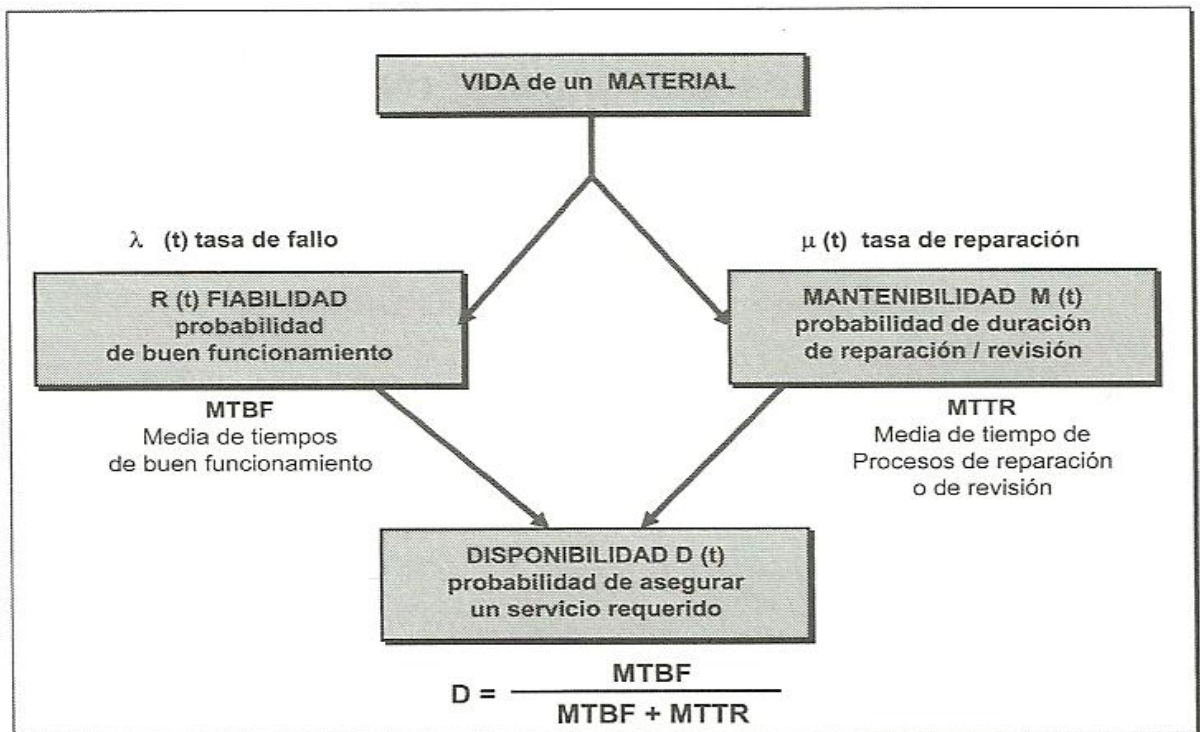


Figura 7. Formulación de la Disponibilidad

Fuente: Tomado del libro Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado 4ª Edición 2011 p. 77

### 1.3.3 Alzadora de Caña John Deere SP-2254 en Funcionamiento en la Empresa Casa Grande S.A.A.

#### Generalidades

La Alzadora de caña John Deere SP-2254 es la mejor cargadora del mercado. Posee un motor muy potente. Su gran estabilidad permite el mayor alcance y la mayor capacidad de agarre. Y al añadir la capacidad de carga a 180 grados se tiene el cargador más productivo y versátil del mercado.

La Alzadora 2254 John Deere posee una cabina muy confortable y es de fácil acceso para su mantenimiento, lo que hace que sea agradable la operación y más fácil de mantener. Esto reduce la fatiga del operador y el tiempo de inactividad de la máquina. La Alzadora 2254 puede aumentar la productividad y reducir los costos del operador, lo que significa más dinero en el bolsillo del cliente.



Figura 8. Alzadora de Caña John Deere SP-2254. Parada en Campo.

Fuente: Manual de Mantenimiento Alzadora John Deere.

### **Características:**

- La SP-2254 es una Alzadora de caña de doble tracción con un giro de pluma de 180 grados.
- Una de sus características es un despeje máximo de la tenaza de 2 pies (6000 mm) y 15 pies (4180 mm) de alcance tomando del centro de la máquina. Estas características permiten cargar equipos altos para transporte de caña de azúcar.
- La capacidad de la tenaza es de 50% más que la de una cargadora convencional.
- La Alzadora 2254 corre a la par de la carreta a cargar dejando un surco de por medio entre la cargadora, impidiendo la contaminación de la caña cosechada por salpique de lodo y tierra. El operador está localizado en el centro de la cabina de la Alzadora lo cual le permite una total visión de operación. La característica de la pluma de giro de 180 grados, permite maniobra eficiente cargando a la izquierda o a la derecha de la Alzadora, mientras que las 120" (3m) de ancho de base entre ruedas, brinda una excelente estabilidad.
- Doble tracción con un giro de pluma e 180 grados.
- Despeje máximo de la tenaza de 2 pies (6000 mm) y 15 pies (4180 mm) de alcance tomando del centro de la máquina.
- La capacidad de la tenaza es de 59% más que de la de una cargadora convencional.





Figura 9. Alzadora de Caña John Deere en campo.  
Fuente: [www.jhondeere.com/](http://www.jhondeere.com/)

Las Alzadoras de caña de azúcar, son una alternativa a las cosechadoras combinadas cuando la irregularidad del terreno, el peso de las cosechadoras o la capacidad adquisitiva del agricultor hacen inviable el cosechado automático. En este caso se recurre al corte manual con recolección mediante la Alzadora. Un cortador (machetero o zafrero) es capaz de llegar a cortar 7 toneladas de caña de azúcar diariamente, la cual es depositada en hileras o tendales y luego la maquina Alzadora con la garra las atrapa, las levanta y las deposita en la canasta de auto volteo. La Alzadora es también útil para recoger el cogollo que trae la cosechadora combinada.

La Garra o Grafio eta compuesta por: dos garras (fija y móvil), un cilindro situado en la parte media de las dos garra que se utiliza para la apertura y un cilindro a cada lado para el movimiento de rotación, además de uniones y elementos que permiten el correcto ensamblaje del conjunto.

**Equipo:** Es un conjunto de componentes interconectados que realizan determinados trabajos dentro de un sistema operativo.

**Defecto:** Ocurrencia de un ítem que, aunque compromete al equipo al desencadenamiento de algún tipo de falla no impide el funcionamiento del mismo.

**Falla:** Disminución o pérdida de funcionalidad respecto a las necesidades de operación. Es una incapacidad de cumplir con el criterio de funcionamiento esperado.

**Falla funcional:** Es la capacidad de los equipos para satisfacer un criterio de funcionamiento deseado.

**Fallas Parciales (Potenciales):** Son condiciones físicas que indican posible ocurrencia de una falla funcional. Se manifiesta cuando su desempeño está por encima o por debajo de los parámetros identificados para cada función.

**Tareas de Inspección** Consisten en verificar si los equipos están fallando, con el fin de tomar medidas, ya que sea para prevención de fallas funcionales o para evitar consecuencias.

**Tareas Cíclicas:** Consiste en revisar a intervalos fijos el funcionamiento de las partes y piezas de la maquinaria, independientemente de su estado original. La frecuencia de una tarea cíclica está determinada por un incremento rápido de la probabilidad condicional de falla.

**Tareas de Sustitución Cíclicas:** es el reemplazo de piezas o maquinarias en determinados intervalos de tiempo, independientemente de su estado en ese momento.

**Posibilidad de Falla:** es la posibilidad de ocurrencia de un evento en función del número de veces que ha ocurrido en la maquinaria o en sus piezas y componentes en un periodo específico.

**Mantenimiento:** Es una serie de actividades en donde la ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos y maquinas.

**Tero tecnología:** Palabra derivada de dos palabras griegas teros y logos, la tecnología y medios de conservación.

## OBSERVACIONES

- En el Área de Tractores Taller de la Empresa Casa Grande, los equipos son atendidos por mantenimientos programados y también por averías.
- Está organizado por procesos a través de los cuales se aprovecha la especialidad de los colaboradores.
- Mantenimiento. en este proceso se atender las maquinas auto propulsadas
- Aquí se atiende los mantenimientos de Equipos de cosechadoras, Alzadoras y tractores de carretas auto volteos.
- Se da mantenimiento a los implementos de conservación del campo y bombas de agua.
- También se atiende equipos de terceros.

Para evaluar el desempeño de las alzadoras de caña se siguió una metodología establecida por la Empresa Casa Grande para describir los tiempos y movimientos en la cual se registra la duración de todos los eventos que ocurren en el campo, tomando como tiempo 0 el momento cuando la maquina llega al campo. A partir de ese momento se registra el tiempo de trabajo alzando caña, los tiempos de giros en los extremos del campo, el tiempo de paso de callejones cuando la máquina pasa de un tendal a otro, el número de uñadas requeridas para cargar la carreta, el tiempo de ciclo por uñada, desde el momento cuando el arrumador empieza amontonar la caña hasta cuando la caña es recogida por la uña y depositada en la carreta de auto volteo. Con la información de tiempos y el peso de caña cargada se procede a calcular:

**Tiempo efectivo de trabajo:** corresponde al tiempo que la maquina emplea en la operación de lace de la caña.

**Tiempos en giros:** corresponde el tiempo empleado por la lazadora para girar en los extremos del campo.

**Tiempo de espera de Carretas:** corresponde el tiempo que la maquina debe estar quieta por la falta de carretas en el campo para ser

cargados.

**Otros tiempos perdidos:** son aquellos tiempos de mantenimiento, cambios de aceite, suministros de combustible y otros tiempos imprevistos durante la operación de campo.

**Tiempo total de campo:** corresponde al tiempo que la maquina ha estado disponible en el campo para realizar el trabajo de alce y es equivalente a la suma de los tiempos anteriores.

**Capacidad teórica de campo (t/h):** corresponde a la cantidad de caña que carga la maquina por hora de trabajo efectivo.

**Capacidad real de campo (t/h):** corresponde a la cantidad de caña que carga la maquina por hora de trabajo, incluyendo los tiempos perdidos.

**Velocidad de avances (Km/h):** es la velocidad promedio con la cual se desplaza la maquina dentro del campo.

**Eficiencia de campo (%):** corresponde a la relación entre la capacidad de campo y la capacidad teórica de campo.

La información presentada en el Cuadro de Parámetros, resume las evaluaciones de diferentes modelos y marcas de Alzadoras cosechando la variedad MZC74-275 en diferentes campos para el caso de la Alzadora 2254 fu evaluada recientemente en la Empresa Casa Grande, en condiciones de caña quemada en este caso el interés primordial fue evaluar el impacto de la operación de las cadenas de la mesa limpiadora en el desempeño y en el contenido de materia extraña en la caña cosechada en periodo húmedo.

#### 1.4 Formulación del problema.

¿En qué medida el mejoramiento de la gestión de compra de repuestos en base a un plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la empresa Casa Grande S.A.A.?

## **1.5 Justificación del estudio**

La exigencia de las políticas internas de la Empresa Casa Grande, administrada hoy por el Grupo Gloria, es una motivación importante para iniciar el presente proyecto, gracias a la política concerniente al área de Logística.

El presente trabajo de investigación tiene una justificación práctica, porque va a permitir aumentar la disponibilidad de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A., que en el año 2014 fue de 67.31%, con la aplicación de este plan se pretende aumentar significativamente en un 20% la disponibilidad, ampliando la eficiencia operativa, reduciendo los costos de mantenimiento, optimizando los tiempos de trabajos programados en operaciones.

Gracias a la aplicación del Uso de Cálculos de Lotes de compra, se logrará disminuir los tiempos y costos de paralización, con la finalidad de mejorar la Disponibilidad de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A.

## **1.6 Hipótesis**

H<sub>0</sub>: Una gestión de compra de repuestos en base a un plan de mantenimiento preventivo NO mejora significativamente la disponibilidad de alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A.

H<sub>a</sub>: Una gestión de compra de repuestos en base a un plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad de alzadoras de Caña John Deere sp-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 General**

Mejorar la Disponibilidad de Alzadoras de Caña John Deere Sp-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A., mediante una mejora de la gestión de compra de repuestos en base a un plan de mantenimiento preventivo.

### **1.7.2 Específicos**

- 1) Determinar la disponibilidad Inicial de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A.,
- 2) Determinar la criticidad y los Costos de Parada antes de la Propuesta.
- 3) Determinar junto con los Usuarios la problemática de disponibilidad de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A.
- 4) Aplicar mejoras en el plan de mantenimiento preventivo a fin de determinar la necesidad de repuestos y mejorar su gestión de compra.
- 5) Determinar la disponibilidad final de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A.
- 6) Determinar los Costos de Parada después de la Propuesta.
- 7) Validar económicamente el modelo

# **CAPÍTULO II: MÉTODO**

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de la Investigación.

El Diseño de investigación utilizado para esta investigación es pre-experimental, el cual utilizara un grupo único para la aplicación del pre test y post test. Hernández et al (2010)

El diseño de investigación a utilizar es el Pre Experimental

$$M: O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$$

Dónde:

M: Muestra, Alzadoras de Caña John Deere SP-2254. (5)

O<sub>1</sub>: Disponibilidad antes.

X: Gestión de compra.

O<sub>2</sub>: Disponibilidad después.

### 2.2 Variables, Operacionalización

#### 2.2.1 Variable dependiente:

Costos de parada

#### 2.2.2 Variable 2:

Gestión de compra en base a mantenimiento preventivo

### 2.2. Operacionalización de variables.



**Tabla 4 Operacionalización de variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL		INDICADORES		ESCALA
Disponibilidad de Alzadoras	Es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado.	Es el resultado de los tiempos de operación y los tiempos fuera de servicio, éstos últimos pueden o no tomar en cuenta a los tiempos dedicados a los mantenimientos preventivos, las actividades de mantenimiento correctivos programados y las reparaciones de fallas de los componentes.	<b>TMEF (Tiempo Medio Entre Fallos),</b>	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	Escalar
			<b>TMDR (Tiempo Medio de Reparación).</b>	$TMDR = \frac{TTR}{\sum NTFALLAS}$	Escalar
			Disponibilidad	$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$	Escalar
			Criticidad	Impacto económico	Nominal
			Costo de ordenar	Definido por la empresa	Escalar
			Costo de pedir	TEA (28%) /12	Escalar

Variable independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
<b>Gestión de compra en base a mantenimiento preventivo</b>	Programa de compra de repuestos para que sean reemplazados antes que la maquina falle	Cronograma de compra de repuestos para mantenimiento preventivo	Frecuencia de repuestos Cronograma de mantenimiento preventivo Costo de ordenar Costo de mantener	Intervalo

Fuente: Elaboración propia

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1 Población – Muestra

La población muestra está constituida de las 5 unidades alzadora de caña John Deere SP-2254 que posee la empresa.

La Empresa Casa Grande, actualmente posee una flota de maquinaria pesada muy diversa, entre ellas las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254, de gran utilidad para la labor de Cosecha. Son 5 Alzadoras de Caña. A continuación, se detalla con número interno y código SAP.



Figura 10. Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de Empres Casa Grande.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5 Población de Alzadoras Numero interno y Código SAP de la población muestra

ALZADORA DE CAÑA JOHN DEERE SP-2254	
Numero Interno	Código SAP
698	400181
699	400182
700	400183
701	400184
702	400185

Fuente: Registros Área Mantenimiento. Empresa Casa Grande

### 2.3.3 Unidad de análisis:

Está conformado por cada unidad alzadora de caña John Deere SP-2254

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

ETAPA	TÉCNICA	INSTRUMENTO	FUENTE	RESULTADOS
Determinar la disponibilidad Inicial de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A.	Análisis Documental	Ficha de recojo de datos	Registros del área de maquinaria de campo	Nivel de disponibilidad de maquinaria de cosecha.
Determinar los Costos de Parada antes de la Propuesta	Análisis de Costos	Ficha recojo y consolidación de datos	Reportes en Área de Cosecha de la Emp. Casa Grande	Sobre costos o perdidas ocasionada por las paradas de maquinaria
Determinar análisis de fallas y repuestos	Análisis documental	Ficha de recoger de datos de registros de mantenimiento de las cosechadoras	Registros de mantenimiento de maquinaria de campo	Lista de necesidad de repuestos Cronograma de necesidad de repuestos
Determinar plan de mantenimiento preventivo y gestión de compra	Lista de necesidad de repuestos Cronograma de necesidad de repuestos	Diagram de grant de mantenimienot y suministro de requests	Área de mantenimiento de maquinaria de campo	Plan de compra de repuestos Plan de mantenimiento preventivo
Determinar la disponibilidad final de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A.	Medición	Cuadros comparativos	Reportes anteriores y posteriores	% de incremento

**Tabla 6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Fuente: Elaboración el autor

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

### **Análisis descriptivos:**

Se analizó el comportamiento de las variables clasificación y control de inventario, presentando los datos en tablas de contingencia, calculando su promedio y proporción como medidas de tendencia central.

### **Análisis ligados a las hipótesis:**

Para probar la hipótesis sobre el impacto del sistema de clasificación logística en la clasificación y control de inventarios, se realizó el análisis estadístico mediante el uso de la prueba estadística t- student si los datos tienen comportamiento normal, lo cual se prueba con la prueba de Shapiro Wilk y si no es normal se procede a usar la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

## **2.6. Aspectos éticos**

La información proporcionada se guardará con confidencialidad y reserva y serán utilizados solo para efectos académicos.

# **CAPITULO III: RESULTADOS**

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1 Datos de la Empresa.**

##### **3.1.1 Historial.**

La Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A., tiene como actividad la siembra y el procesamiento de caña de azúcar y comercialización de sus derivados como azúcar, alcohol, melaza y bagazo. Fue, en siglos pasados, la primera y más grande industria azucarera del Perú y actualmente forma parte del Grupo Gloria desde el 29 de enero del año 2006.

Casa Grande está ubicada a 50 km al norte de Trujillo en la provincia de Ascope, departamento de La Libertad. La Empresa Casa Grande posee 29 383 hectáreas. La principal fuente de riego en Casa Grande es el río Chicama, el cual descarga en el terreno 400 millones de metros cúbicos al año.

Tiene como misión y visión mejorar los procesos agroindustriales adquiriendo nueva maquinaria y modernizando la ya existente para alcanzar los estándares máximos de calidad y seguridad.

Deficiencia en la Gestión de compra de Repuestos. Diagrama de Ishikawa.

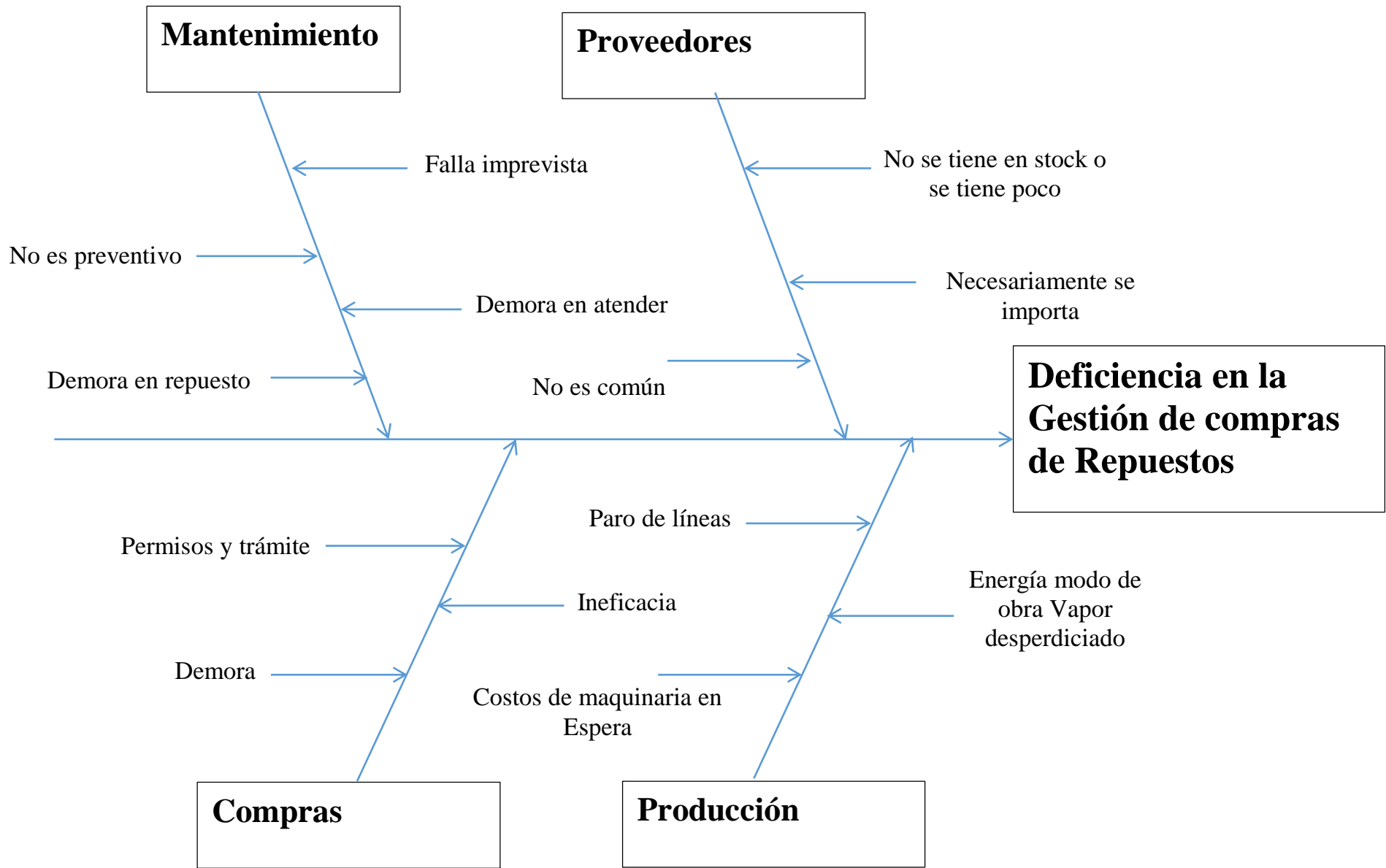


Figura 11 Diagrama causa – efecto de la falta de la disponibilidad por deficiencia en gestión de compras de repuestos

### 3.2 Determinar la disponibilidad Inicial de las Alzadoras de Caña.

#### 3.2.1 Categorización de la disponibilidad mensual

La disponibilidad mensual esta categorizada en función a las horas de trabajo de la cortadora. Las horas de trabajo al mes estimadas es de 684 horas que constituye el máximo que la alzadora puede funcionar. Las categorías se muestran en la tabla 8

Tabla 7 Categorías de disponibilidad de maquinaria de campo

Categoría	%	Horas mensuales
Excelente	>90% - 100%	<b>684</b>
Buena	>80% - 90%	<b>616</b>
Regular	>75%- 80%	<b>547</b>
Mala	70% - 75%	<b>513</b>
Inaceptable	< 70%	<b>479</b>

Fuente: Políticas del área de producción de campo

#### 3.2.2 Disponibilidad mensual de las Alzadoras de Caña John Deere.

Tabla 8 Tiempo de funcionamiento mensual (hr/mes)

MES	698		699		700		701		702	
Ene-14	517	Regular	555	Buena	522	Regular	605	Buena	551	Buena
Feb-14	601	Buena	522	Regular	584	Buena	487	Mala	538	Regular
Mar-14	506	Mala	584	Buena	559	Buena	551	Buena	511	Mala
Abr-14	601	Buena	559	Buena	599	Buena	538	Regular	599	Buena
May-14	628	Excelente	599	Buena	482	Mala	511	Mala	603	Buena
Jun-14	487	Mala	482	Mala	625	Excelente	599	Buena	582	Buena
Jul-14	586	Buena	625	Excelente	480	Mala	603	Buena	642	Excelente
Ago-14	601	Buena	480	Mala	564	Buena	582	Buena	603	Buena
Set-14	590	Buena	533	Regular	435	Inaceptable	607	Buena	582	Buena
Oct-14	637	Excelente	465	Inaceptable	507	Mala	577	Buena	426	Inaceptable
Nov-14	493	Mala	414	Inaceptable	531	Regular	578	Buena	629	Excelente
Dic-14	449	Inaceptable	538	Regular	542	Regular	496	Mala	595	Buena
Promedio	558	Buena	530	Regular	536	Regular	561	Buena	572	Buena

Fuente: Registros de área de producción de campo. Max.684 hr/mes



### 3.2.3 Número de fallas mensuales

Tabla 9 Fallas mensuales por unidad año 2014

	698	699	700	701	702
Ene-14	1	3	2	2	3
Feb-14	3	0	1	2	0
Mar-14	3	3	1	2	1
Abr-14	1	1	2	1	1
May-14	1	3	0	1	2
Jun-14	1	1	2	3	2
Jul-14	1	3	1	0	3
Ago-14	3	0	2	1	0
Set-14	3	0	0	1	0
Oct-14	1	3	1	1	2
Nov-14	3	2	0	3	2
Dic-14	2	3	1	0	1

Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande SAA

### 3.2.4 Tiempo medio entre fallas (TMEF)

Tabla 10 Tiempo medio entre fallas año 2014

	698	699	700	701	702
Ene-14	517	185	261	303	184
Feb-14	200	684	584	244	684
Mar-14	169	684	559	276	511
Abr-14	601	559	300	538	599
May-14	628	200	684	511	302
Jun-14	487	482	313	200	291
Jul-14	586	208	480	684	214
Ago-14	200	684	282	582	684
Set-14	197	684	684	607	684
Oct-14	637	684	507	577	213
Nov-14	164	207	684	193	315
Dic-14	225	179	542	684	595
Promedio	384	453	490	450	440

Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande SAA

### 3.2.5 Tiempo Medio de reparación TMDR

Tabla 11 Tiempo Medio de reparación TMDR (horas)

	698	699	700	701	702
Ene-14	3	9	40	28	32
Feb-14	16	0	62	25	0
Mar-14	16	22	88	1	24
Abr-14	88	46	11	97	21
May-14	68	10	0	90	30
Jun-14	99	18	34	19	13
Jul-14	96	33	85	0	10
Ago-14	16	0	24	77	0
Set-14	23	0	0	13	0
Oct-14	97	10	61	20	40
Nov-14	29	43	0	16	16
Dic-14	43	1	61	0	94
	49	16	39	32	23

Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande SAA

### 3.2.6 Disponibilidad

Tabla 12 Disponibilidad en % de máxima disponibilidad

Promedio	698	699	700	701	702
Ene-14	99%	95%	87%	92%	85%
Feb-14	93%	100%	90%	91%	100%
Mar-14	91%	97%	86%	100%	96%
Abr-14	87%	92%	96%	85%	97%
May-14	90%	95%	100%	85%	91%
Jun-14	83%	96%	90%	91%	96%
Jul-14	86%	86%	85%	100%	95%
Ago-14	93%	100%	92%	88%	100%
Set-14	90%	100%	100%	98%	100%
Oct-14	87%	99%	89%	97%	84%
Nov-14	85%	83%	100%	92%	95%
Dic-14	84%	99%	90%	100%	86%
	89%	95%	92%	93%	94%

Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande SAA

### 3.3 Determinar la criticidad y los Costos de Parada antes de la Propuesta.

#### 3.3.1 Determinación de la criticidad

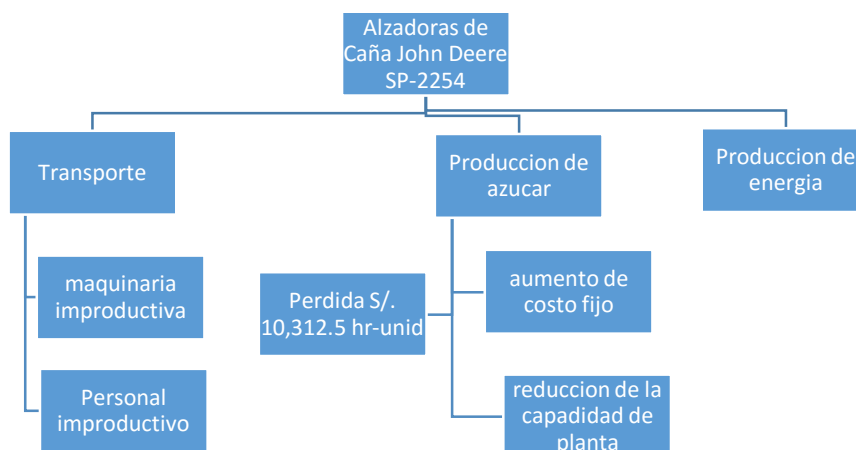


Figura 12. Determinación de la criticidad

Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande SAA

### 3.3.2 Determinación de costos de parada

Los costos de parada por hora de maquinaria se calculan como sigue:

- Cada cargador de caña procesa 1800 TM al día. Lo que por hora hace 75 TM.
- El azúcar producido por TM de caña es el 10% es decir 75 TM de caña producen 7.5 TM de azúcar.
- Estas 7.5 TM de azúcar se dejan de producir por hora cuando el tractor no está disponible para cosecharla, por lo que a 1.375 soles por TM de azúcar en plana conduce a una pérdida de S/, 10,312.5 nuevos soles por hora.
- Es decir, el costo de parada es de S/. 10,312.5 /hora.
- A partir de esto se calcula los costos de parada para el año 2014

Tabla 13 Fallas mensuales por unidad año 2014

Alzadora	TM Caña/h	Horas Trabajadas	Horas parada (Prom mensual)	Costo unitario (S/.)	Costo total (Prom mensual)
698	75	558	126	10,312.5	1,299,375.0
699	75	530	154	10,312.5	1,588,125.0
700	75	536	148	10,312.5	1,526,250.0
701	75	561	123	10,312.5	1,268,437.5
702	75	545	139	10,312.0	1'433,437.5

Fuente: Registros de área de producción de campo.

Tabla 14 Costos de parada año 2014

	698	699	700	701	702	Total/mes
Ene-14	30,938	288,750	825,000	567,188	990,000	2,701,875
Feb-14	484,688	-	639,375	505,313	-	1,629,375
Mar-14	495,000	670,313	907,500	20,625	247,500	2,340,938
Abr-14	907,500	474,375	226,875	1,000,313	216,563	2,825,625
May-14	701,250	309,375	-	928,125	608,438	2,547,188
Jun-14	1,020,938	185,625	701,250	577,500	257,813	2,743,125
Jul-14	990,000	1,031,250	876,563	-	319,688	3,217,500
Ago-14	484,688	-	495,000	794,063	-	1,773,750
Set-14	701,250	-	-	134,063	-	835,313
Oct-14	1,000,313	319,688	629,063	206,250	825,000	2,980,313
Nov-14	886,875	886,875	-	484,688	319,688	2,578,125
Dic-14	886,875	30,938	629,063	-	969,375	2,516,250
Promedio	715,859	349,766	494,141	434,844	396,172	2,390,781
Total/unidad	8,590,313	4,197,188	5,929,688	5,218,125	4,754,063	28,689,375

En el año 2014 el costo de parada fue S/. 28'689,375

Fuente: Registros de área de producción de campo.

Tabla 15: Costos de parada según origen año 2014

Causa	Monto anual	h%	H%
Motor	759,200	54%	54%
Hidráulica	247,525	18%	72%
Estructura	149,725	11%	82%
Suspensión	108,546	8%	90%
Sistema eléctrico	94,425	7%	97%
Refrigeración	45,000	3%	100%
Total	1,404,421		

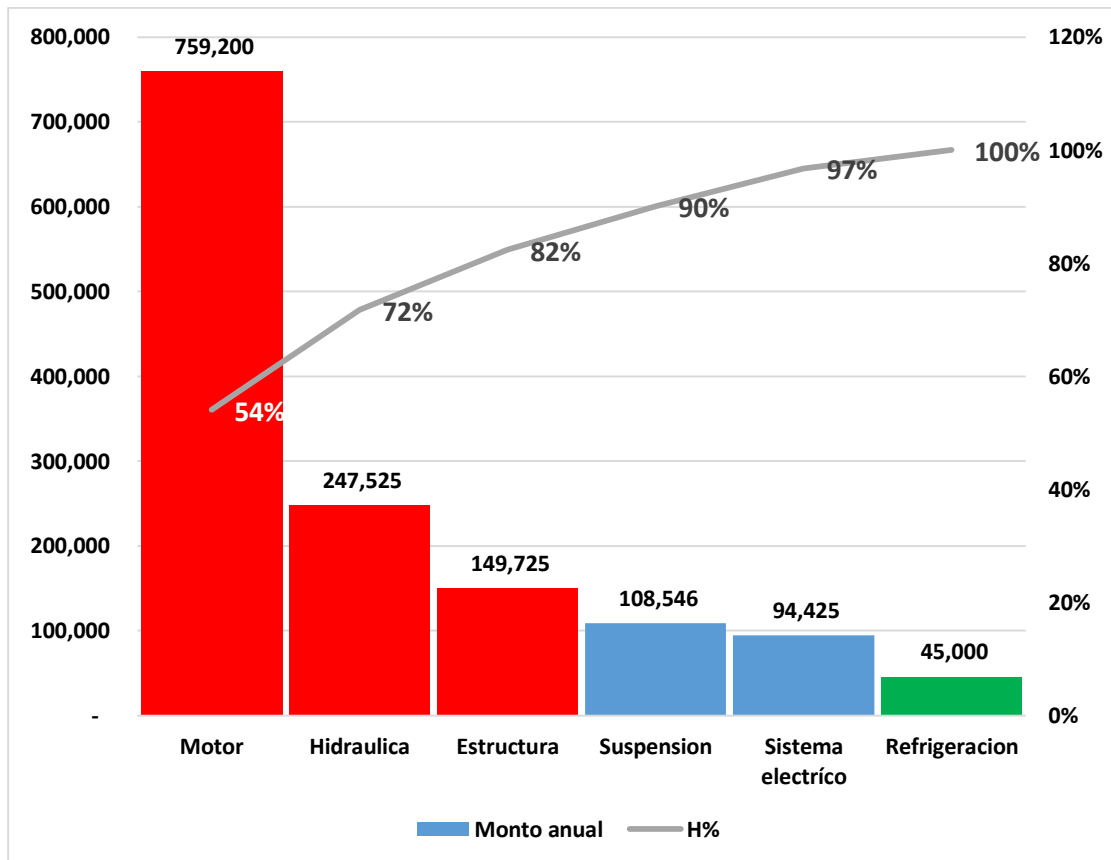


Figura 17: Gráfico de Pareto

### 3.3.3 Selección del modelo de gestión de compra

#### Modelo lote económico de compra

Tabla 16. Parámetros de inventarios en la empresa.

D	Demanda anual, dada en unidades por año.	La demanda está calculada por el promedio mensual de venta de productos, base mínima de cálculo 1 año	DATO
S CS	Costo de ordenar o alistar , dado en unidades monetarias por unidad.	Constante determinada por la empresa <b>S</b>	$CS = \frac{D}{Q} S$
C	"C" = Costo del ítem, dado en unidades monetarias por unidad	Costo promedio del ítem calculado de las órdenes de compra en el último año	S = DATO
i	"i" = Tasa anual de mantenimiento, dada en unidades porcentuales.	55% TEA tasa activa Scotiabank	DATO
H	"H" = Costo anual de mantenimiento, dado e unidades monetarias por año.	Es el costo del inventario en stock y que no rota.	$H = i * C$ individ
Q	"Q" = Tamaño del lote, en unidades.	D: demanda en unidades. S: H:	$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$
R	"R" = Punto de nueva orden o corrida, dada en unidades.	Nivel de inventario en el cual hay que hacer un nuevo pedido.	$R = \left(\frac{D}{365}\right)(L) + NMS$
N	"N" = Número de órdenes.	Número de órdenes al año para mantener el nivel deseado de inventario	$N = \frac{D}{EOQ}$
NM S	Nivel mínimo de seguridad.	Nsp = nivel de servicio del proveedor = 1.96 (95%) L= lead time: 5 días δ = desv. Estándar 5% (política de la empresa)	$NMS = nsp * \sqrt{L} * \delta$
NMI	Nivel mínimo de inventario.	Dm = Demanda mensual NMI = Nivel mínimo de inventario.	$NMI = Dm + NMI$
T	"T" = Tiempo entre cada orden.		$T = 365/N$
TRC	"TRC" = Costo total anual o Costo total relevante.		$TRC = \left(\frac{D}{Q} * s\right) + \left(\frac{Q}{2} * H\right)$
NDI	Nivel deseado de inventario.	Dm Demanda mensual NMI Nivel mínimo de inventario.	$NDI = Dm + NMI$

Fuente: Elaboración del autor.

Tomamos como muestra el primer repuesto

Tabla 17. Producto modelo de cálculo.

nombre	Precio de compra	Demanda anual unidades
	<b>C</b>	<b>D</b>
Impulsor de bomba de combustible	1800	10

Fuente: Inventario de empresa.

**a) Demanda**

D: 10 unidades.

**b) Nivel mínimo de seguridad (NMS)**

$$NMS = nsp * \sqrt{L} * \delta$$

Nsp = nivel de servicio del proveedor = 1.96 (95%)

L = lead time: 40 días

$\delta$  = desv. Estándar 50% (política empresa-pedido internacional)

Reemplazando:

$$NMS = 1.96 * \sqrt{40} * 0.5$$

6 unidades

**c) Nivel mínimo de inventario (NMI)**

$$NMI = Dm + NMI$$

Dm = Demanda mensual.

$$NMI = 10/12 + 6$$

NMI = 7 unidades mensuales

**d) Punto de reorden**

$$R = \left(\frac{D}{365}\right)(L) + NMS$$

R: Nivel de inventario donde se requiere generar una nueva orden.

D: Demanda anual = 10 unidades.

L: Lead Time = 40 días.

$$R = \left(\frac{10}{365}\right)(40) + 6$$

7 unidades



**e) Nivel deseado de inventario**

$$NDI = Dm + NMI$$

$$NDI = Dm + NMI$$

Dm Demanda mensual.

NMI Nivel mínimo de inventario.

$$NMI = 10/2 + 7$$

$$NMI = 12$$

**f) Costo de ordenar**

Costo anual de pedir o alistar (CS)

S: Costo unitario de ordenar un producto (Calculo de la empresa) = S/. 8.4

D: demanda anual.

$$CS = \frac{D}{Q} S$$

$$CS = \frac{10}{1.38} 0.6$$

$$4,347$$

**g) Costo de mantenimiento (H)**

$$h = i * Cu$$

$$H = \frac{Q}{2} h = \frac{Q}{2} Cu * i =$$

$$H = \frac{10}{2} 1800 * 0.35$$

I: Tasa de interés: 35%

C: costo del ítem: S/. 1800

Q: Cantidad de pedido: 1.4

$$H = 4,347$$

**h) Cantidad económica de pedido**

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

D: Demanda en unidades: 10

S: Costo de ordenar: S/. .6

H: Costo de mantenimiento: S/. 4,347

$$EOQ = 1.66$$

**i) Número de pedidos**

$$N = \frac{D}{EOQ}$$

Demanda: 10

EOQ = Q\* = 1.66

$$N = 10/1.66$$

$$N = 6$$

**j) Tiempo entre pedidos**

$$365/N$$

$$365/6$$

$$T = 61 \text{ días}$$

**k) Total costo de inventario anual (por repuesto)**

$$TRC = \left(\frac{D}{Q} * S\right) + \left(\frac{Q}{2} * H\right)$$

$$TRC = \left(\frac{10}{1.66} 4,347\right) + \left(\frac{1.66}{2} 4,347\right)$$

$$26.18 + 3.6$$

$$29.78$$

Figura 13. Determinación de los costos de inventario de repuestos

	Precio de compra	Cantidad (unidades)	Lead Time	$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}}$		Numero ordenes	Tiempo entre ordenes	Total Costo Anual	Nivel Minimo de seguridad (anual)	NMS mensual	Nivel minimo inventario (mensual)		Costo de ordenar			
				Lote	Reorden			$TRC = \left(\frac{D}{Q} \cdot s\right) + \left(\frac{Q}{2} \cdot H\right)$	$NMS = nsp \cdot \sqrt{L} \cdot \hat{\sigma}$		$NMI = DmR = \left(\frac{D}{365}\right)(L) + NMS$	$NMI = Dm + NMI$	$CS = \frac{D}{Q} S$	$H = \frac{Q}{2} h = \frac{Q}{2} Cu \cdot i$		
	1	2	3	9	13	14	15	16	17							
nombre	C	Cantidad	valor	L	EOQ	R	N	T	TRC							
Impulsor de b	1,800	10	18,000	40	1.66	7	6	61	29.78	6	6	7	7	8	3,614	5,229
sistema de filt	600	20	12,000	17	2	2	8	44	48,000	8	1	2	2	3	5,020	5,020
Banco alterna	748	20	14,960	32	2	3	9	39	58,360	11	1	3	3	4	5,605	5,605
Valvulas, man	4,000	5	20,000	39	1	1	5	68	19,000	3	0	1	1	1	3,240	3,240
Impulsor de b	600	5	3,000	38	2	1	2	175	4,125	3	0	1	1	1	1,255	1,255
discos de emp	300	5	1,500	19	3	0	1	247	2,813	2	0	1	0	1	887	887
Bomba hidrau	300	5	1,500	61	3	1	1	247	2,813	4	0	1	1	2	887	887
PLC actuador	222	20	4,440	22	4	2	5	72	21,540	9	1	2	2	4	3,054	3,054
Anillos y emp	700	5	3,500	60	2	1	2	162	4,563	4	0	1	1	2	1,356	1,356
Catalinas	956	10	9,560	50	2	2	5	69	19,730	7	1	1	2	3	3,168	3,168
Actuadores hi	290	10	2,900	61	3	2	3	126	8,075	8	1	1	2	3	1,745	1,745
	296	10	2,960	60	3	2	3	124	8,179	8	1	1	2	3	1,763	1,763
plaeta diferen	518	5	2,589	36	3	1	2	188	3,766	3	0	1	1	1	1,166	1,166
Mangras y acc	290	5	1,450	17	3	0	1	251	2,769	2	0	1	0	1	872	872
Radiador y ac	1,800	5	9,000	63	1	1	4	101	9,375	4	0	1	1	2	2,174	2,174
Pines y acces	2,500	5	12,500	44	1	1	4	85	12,438	3	0	1	1	1	2,562	2,562
Valvula de dis	1,458	5	7,290	19	2	0	3	112	7,879	2	0	1	0	1	1,956	1,956
Jgo de relays	225	5	1,125	15	4	0	1	285	2,484	2	0	1	0	1	769	769
Mandibulas re	3,489	5	17,445	26	1	1	5	72	16,764	2	0	1	1	1	3,026	3,026
kit de accesori	2,693	5	13,465	30	1	1	4	82	13,282	3	0	1	1	1	2,659	2,659

Fuete: Elaboración el Autor

### Modelo de plan de mantenimiento preventivo.

El modelo de plan preventivo, cambia automáticamente el repuesto para prevenir a la falla, evitando que esta suceda.

El costo del inventario de repuestos es de S/. 1'404,421 y el costo de mantener ese inventario es de 292,274 lo que hace un costo total de S/. 1, 696,695

### Inventario de repuestos

	Repuesto	Frec.	Unidades
1	Impulsor de bomba de combustible	2	5
2	sistema de filtro de turbo de aire	4	5
3	Banco alternativo de inyectores	4	5
4	Válvulas, mangueras y accesorios	1	5
5	Impulsor de bomba de aceite	1	5
6	discos de empalme de cambios	1	5
7	Bomba hidráulica de mandíbula	1	5
8	PLC actuador de tarjeta de control	4	5
9	Anillos y empaquetaduras	1	5
10	Catalinas	2	5
11	Actuadores hidráulicos de frenos	2	5
12	Kit de control de cambios	2	5
13	planeta diferencial	1	5
14	<b>Mangas y accesorios</b>	1	5
15	Radiador y accesorios	1	5
16	Pines y accesorios de manivela	1	5
17	Válvula de distribución de mandíbula	1	5
18	Jgo de relays y accesorios	1	5
19	<b>Mandíbulas reparadas</b>	1	5
20	<b>kit de accesorios hidráulicos de dirección</b>	1	5

**3.4 Aplicar mejoras en el plan de mantenimiento preventivo a fin de determinar la necesidad de repuestos y mejorar su gestión de compra.**

**3.4.1 Características del plan**

El plan goza de las siguientes características.

- Determinar la frecuencia de fallas en las 5 unidades (todas son iguales y hacen el mismo trabajo)
- Determinar mediante diagrama de Pareto las fallas más importantes
- Determinar la necesidad de repuestos
- Comparar para tener en stock a la fecha tentativa el repuesto para que no se pierda tiempo arreglando sino simplemente se cambia

**Permite desarrollar un modelo de gestión de compra donde ya está notificado el proveedor (mediante orden de compra) un mes antes para que el repuesto este en almacén y se lo cambie**

Tabla 18 Fallas y frecuencia por unidad

	FALLAS	CORRECTIVO				PREVENTIVO	
		avería	costo	Frec.	total	Costo (S/.)	proyec total
1	Motor se apaga/Bomba de combustible/diafragma	Motor	230	2	460	1800	3600
2	Motor se apaga/filtro de combustible tapado	Motor	43	4	172	600	2400
3	Motor se apaga/inyectores sucios	Motor	1295	4	5180	748	2992
4	Mandíbulas no opera/control hidráulico /válvula distribución	Hidráulica	159	1	159	4000	4000
5	Motor recalienta/bomba de aceite	Motor	265	1	265	600	600
6	Cambios se potencia no funcionan bien/caja de cambios	Motor	1266	1	1266	300	300
7	Pistones hidráulicos con fuga	Hidráulica	600	1	600	300	300
8	Motor se apaga/Turbo de aire	Motor	36	4	144	222	888
9	Motor se apaga/anillos de pistones defectuosos	Motor	281	1	281	700	700
10	Motor se apaga/cadena de motor (catalina)	Motor	161.83	2	323.66	956	1912
11	Desvió de maquina/freno defectuoso de un lado	Hidráulica	94.31	2	188.62	290	580
12	Motor se apaga/cable pedal acelerador-bomba combustible	Motor	797.65	2	1595.3	295.95	591.9
13	Diferencial defectuosa, Planetario diferencial	Oruga	582.48	1	582.48	517.84	517.84
14	Manguera hidráulica de enfriador de aceite rota	Refrigeración	905	1	905	290	290
15	Radiador defectuoso/radiador sucio y obstruido	Refrigeración	125	1	125	1800	1800
16	Pérdida de capacidad de sujeción de mandíbulas/pines y bujes malos	Hidráulica	609	1	609	2500	2500
17	Inadecuado control hidráulico/válvula de distribución hidráulica defectuosa	Hidráulica	159	1	159	1458	1458
18	Sistema hidráulico no obedece/relay	eléctrico	359	1	359	225	225
19	Mandíbulas dañadas/cambiar	estructural	2780	1	2780	3489	3489
20	Maquina se ladea/Sist. Hidráulico de dirección	Oruga	140	1	140	2693	125
			TOTAL		16,294		29,269

Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande S.A.

Tabla 19 Repuestos Requeridos Alzadoras de Caña John Deere SP-2254

	FALLAS	Repuesto	Fre c.	Unid ade s	PREVENTIVO	
					Cost o (\$/.)	proyec total
1	Motor de apaga/Bomba de combustible/diafragma	Impulsor de bomba de combustible	2	5	1,800	18,000
2	Motor se apaga/Turbo de aire	sistema de filtro de turbo de aire	4	5	600	12,000
3	Motor se apaga/inyectores sucios	Banco alternativo de inyectores	4	5	748	14,960
4	Mandíbulas no opera/control hidráulico/válvula distribución	Válvulas, mangueras y accesorios	1	5	4,000	20,000
5	Motor recalienta/bomba de aceite	Impulsor de bomba de aceite	1	5	600	3,000
6	Cambios se potencia no funcionan bien/caja de cambios	discos de empalme de cambios	1	5	300	1,500
7	Pistones hidráulicos con fuga	Bomba hidráulica de mandíbula	1	5	300	1,500
8	Motor se apaga/PLC actuador de tarjeta de control	PLC actuador de tarjeta de control	4	5	222	4,440
9	Motor se apaga/anillos de pistones defectuosos	Anillos y empaquetaduras	1	5	700	3,500
10	Motor se apaga/cadena de motor (catalina)	Catalinas	2	5	956	9,560
11	Desvió de maquina/freno defectuoso de un lado	Actuadores hidráulicos de frenos	2	5	290	2,900
12	Motor se apaga/cable pedal acelerador-bomba combustible		2	5	296	2,960
13	Diferencial defectuosa, Planetario diferencial	plata diferencial	1	5	518	2,589
14	Manguera hidráulica de enfriador de aceite rota	Magras y accesorios	1	5	290	1,450
15	Radiador defectuoso/radiador sucio y obstruido	Radiador y accesorios	1	5	1,800	9,000
16	Pérdida de capacidad de sujeción de mandíbulas/pines y bujes malos	Pines y accesorios de manivela	1	5	2,500	12,500
17	Inadecuado control hidráulico/válvula de distribución hidráulica defectuosa	Válvula de distribución de mandíbula	1	5	1,458	7,290
18	Sistema hidráulico no obedece/relay	Jugo de relays y accesorios	1	5	225	1,125
19	Mandíbulas dañadas/cambiar	Mandíbulas reparadas	1	5	3,489	17,445
20	Maquina se ladea/Sist. Hidráulico de dirección	kit de accesorios hidráulicos de dirección	1	5	2,693	13,465

Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande S.A.

### Fecha de reposición (equivalente a punto de reposición)

Dado que el repuesto debe cambiarse en el momento que se estima la falla, el repuesto debe comprarse o llegar al almacén un mes antes. El área de logística debe solicitar al proveedor con tiempo para que lo remita. De esta forma el proveedor lo tendrá en stock el mes que se lo solicite.

El punto de reposición está dado por el mes de cambio de repuesto, como se muestra en la tabla 16.

Tabla 20 Fecha de compra/reposición

	Repuesto	Frec.	Meses anterior
1	Impulsor de bomba de combustible	2	Diciembre, setiembre
2	sistema de filtro de turbo de aire	4	Diciembre, marzo, junio, setiembre
3	Módulo de potencia de control electrónico de inyectores	4	Febrero, mayo, agosto, diciembre Enero, abril, julio, noviembre
4	Válvulas, mangueras y accesorios de control de quijadas	1	Enero
5	Impulsor de bomba de aceite	1	Febrero
6	discos de empalme de cambios	1	Marzo
7	Bomba hidráulica de mandíbula	1	Marzo
8	PLC actuador de tarjeta de control	4	Diciembre, marzo, junio, setiembre
9	Rodamientos de sistema de mandíbula	1	Abril
10	Catalinas	2	Mayo
11	Actuadores hidráulicos de mandíbulas	2	Enero, junio
12	Kit de control de cambios	2	Enero, julio
13	Juego de rodaje de diferenciales	1	julio
14	Kit de dinamo	1	Agosto
15	Radiador y accesorios	1	Agosto
16	Pines y accesorios de manivela	1	Setiembre
17	Válvula de distribución de sistema hidráulico mandíbula	1	octubre
18	Jugo de relays y accesorios	1	Octubre
19	Rodajes de Cardan y planetario	1	Noviembre
20	kit de accesorios de levas	1	Noviembre

Fuente: Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande S.A



Tabla 21 Cronograma de pronóstico de fallas

Cronograma de fallas y remplazo de repuestos Alzadoras de Caña John Deere SP-2254																																																	
N°	DENOMINACIÓN																																																
	MINI CARGADOR CATERPILLAR																																																
	Falla	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Falla de potencia	1																								1																							
2	Perdida de potencia		2											2																																			
3	Potencia de motor no controlada/falla de carburador																																																
4	Avería en sistema diferencial/lubricación																																																
5	Motor recalienta, humo azul en el escape, olor a aceite																																																
6	Cambios de potencia dificultoso/sistema de embrague																																																
7	Mandíbula no responde sin fuerza																																																
8	Motor no enciende, mandos de encendido no obedecen																																																
9	Imprecisión de las mandíbulas																																																
10	Motor sin potencia/Desajuste de sistema de levas																																																
11	No cierran las mandíbulas, no ejercen presión																																																
12	Dificultad de cambios falla de sistema de cambios																																																
13	Falta de tracción en ruedas																																																
14	Problema de apagado y sistema eléctrico																																																
15	Recalentamiento de motor, vapor por radiador																																																
16	Recarga del sistema hidráulico de mandíbulas																																																
17	Falta de fuerza y control de mandíbulas																																																
18	Fallas diversas sistema eléctrico																																																
19	Maq. Se ladea/ Rodaje (eje diferencial) (cambio)																																																
20	Motor sin potencia/Sistema de levas																																																

Fuente: Área de Mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande SAAA

**Tabla 22 Costo de inventario**

	Repuesto	Frec.	Unidades	Costo	proyec total	Costo de ordenar	Costo de mantener
				(S/.)		(política empresarial)	
1	Impulsor de bomba de combustible	2	5	1,800	18,000	S/. 9.32	420.00
2	sistema de filtro de turbo de aire	4	5	600	12,000	S/. 10.32	280.00
3	Módulo de potencia de control electrónico de inyectores	4	5	748	14,960	S/. 11.32	349.07
4	Válvulas, mangueras y accesorios de control de quijadas	1	5	4,000	20,000	S/. 12.32	466.67
5	Impulsor de bomba de aceite	1	5	600	3,000	S/. 13.32	70.00
6	discos de empalme de cambios	1	5	300	1,500	S/. 14.32	35.00
7	Bomba hidráulica de mandíbula	1	5	300	1,500	S/. 15.32	35.00
8	PLC actuador de tarjeta de control	4	5	222	4,440	S/. 16.32	103.60
9	Rodamientos de sistema de mandíbula	1	5	700	3,500	S/. 17.32	81.67
10	Catalinas	2	5	956	9,560	S/. 18.32	223.07
11	Actuadores hidráulicos de mandíbulas	2	5	290	2,900	S/. 19.32	67.67
12	Kit de control de cambios	2	5	296	2,960	S/. 20.32	69.07
13	Juego de rodaje de diferenciales	1	5	518	2,589	S/. 21.32	60.41
14	Kit de dinamo	1	5	290	1,450	S/. 22.32	33.83
15	Radiador y accesorios	1	5	1,800	9,000	S/. 23.32	210.00
16	Pines y accesorios de manivela	1	5	2,500	12,500	S/. 24.32	291.67
17	Válvula de distribución de sistema hidraulicomandíbula	1	5	1,458	7,290	S/. 25.32	170.10
18	Jugo de relays y accesorios	1	5	225	1,125	S/. 26.32	26.25
19	Rodajes de Cardan y planetario	1	5	3,489	17,445	S/. 27.32	407.05
20	kit de accesorios de levas	1	5	2,693	13,465	S/. 28.32	314.18
	<b>TOTAL</b>				<b>159,184.00</b>	<b>376.40</b>	<b>3,714.29</b>

Fuente: Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande S.A.

Costo de mantenimiento de inventario y de pedido.

El costo de mantener es la tasa mensual correspondiente a un mes (TEA 28%), pues el pedido se recibe un mes antes de la programación para su reemplazo

### 3.5 Determinar la disponibilidad Final de las Alzadoras de Caña John Deere SP-2254 de la Empresa Casa Grande S.A.A.

#### 3.5.1 Disponibilidad mensual de las Alzadoras de Caña John Deere

Tabla 23 Tiempo de funcionamiento mensual (hr/mes) año 2015

MES	698		699		700		701		702	
Ene-15	631	Excelente	656	Excelente	634	Excelente	664	Excelente	664	Excelente
Feb-15	607	Buena	630	Excelente	662	Excelente	677	Excelente	677	Excelente
Mar-15	673	Excelente	677	Excelente	646	Excelente	655	Excelente	655	Excelente
Abr-15	632	Excelente	657	Excelente	605	Buena	609	Buena	609	Buena
May-15	636	Excelente	659	Excelente	616	Excelente	629	Excelente	629	Excelente
Jun-15	611	Buena	611	Buena	643	Excelente	628	Excelente	628	Excelente
Jul-15	607	Buena	650	Excelente	610	Buena	650	Excelente	650	Excelente
Ago-15	604	Buena	613	Buena	649	Excelente	680	Excelente	680	Excelente
Set-15	611	Buena	609	Buena	627	Excelente	656	Excelente	656	Excelente
Oct-15	629	Excelente	603	Buena	662	Excelente	657	Excelente	657	Excelente
Nov-15	619	Excelente	635	Excelente	656	Excelente	666	Excelente	666	Excelente
Dic-15	627	Excelente	618	Excelente	676	Excelente	681	Excelente	681	Excelente
Promedio	623.9	Excelente	635	Excelente	641	Excelente	654	Excelente	654	Excelente

Fuente: Registros de área de producción de campo. Max.684 hr/mes (cosecha)

### 3.5.2 Número de fallas mensuales

Tabla 24 Fallas mensuales por unidad año 2015

	698	699	700	701	702
Ene-15	1	1	1	1	3
Feb-15	1	0	1	1	1
Mar-15	1	1	1	1	1
Abr-15	1	1	2	1	1
May-15	1	1	0	1	2
Jun-15	1	1	1	1	1
Jul-15	1	1	1	0	1
Ago-15	1	0	1	1	1
Set-15	1	0	0	1	1
Oct-15	1	1	1	1	1
Nov-15	1	1	0	1	2
Dic-15	1	1	1	0	1

Fuente: Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande S.A.

### 3.5.3 Tiempo medio entre fallas (TMEF)

Tabla 25 TMEF año 2015 por unidad

	698	699	700	701	702
Ene-15	631	656	634	664	221
Feb-15	607	684	662	677	684
Mar-15	673	684	646	655	655
Abr-15	632	657	303	609	609
May-15	636	659	684	629	315
Jun-15	611	611	643	628	628
Jul-15	607	650	610	684	650
Ago-15	604	684	649	680	684
Set-15	611	684	684	656	684
Oct-15	629	684	662	657	657
Nov-15	619	635	684	666	333
Dic-15	627	618	676	684	681
Promedio	624	659	628	657	567

Fuente: Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande S.A.

### 3.5.3 Tiempo Medio de reparación TMDR

Tabla 26 TMDR año 2015 (cambio directo de repuesto)

	698	699	700	701	702
Ene-15	2	5	1	3	5
Feb-15	2	1	3	1	1
Mar-15	1	5	3	1	1
Abr-15	4	5	3	1	1
May-15	2	5	2	2	5
Jun-15	4	1	3	1	2
Jul-15	5	3	3	2	2
Ago-15	5	1	5	5	1
Set-15	4	4	1	5	2
Oct-15	1	4	4	5	5
Nov-15	4	1	1	1	2
Dic-15	4	3	4	3	4
Promedio	3	3	3	3	3

Fuente: Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande S.A.

Tiempo Medio de reparación TMDR (horas)

### 3.5.4 Disponibilidad

Tabla 27 Disponibilidad en % de máxima disponibilidad

	698	699	700	701	702
Ene-15	100%	99%	100%	100%	98%
Feb-15	100%	100%	100%	100%	100%
Mar-15	100%	99%	100%	100%	100%
Abr-15	99%	99%	99%	100%	100%
May-15	100%	99%	100%	100%	98%
Jun-15	99%	100%	100%	100%	100%
Jul-15	99%	100%	100%	100%	100%
Ago-15	99%	100%	99%	99%	100%
Set-15	99%	99%	100%	99%	100%
Oct-15	100%	99%	99%	99%	99%
Nov-15	99%	100%	100%	100%	99%
Dic-15	99%	100%	99%	100%	99%
Promedio	99%	100%	100%	100%	99%

Fuente: Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande S.A.

### 3.6 Determinar los Costos de Parada antes de la Propuesta.

Tabla 28 Costos de parada año 2015

	698	699	700	701	702	Total/mes
Ene-15	20,625	51,563	10,313	30,938	154,688	268,125
Feb-15	20,625	-	30,938	10,313	10,313	72,188
Mar-15	10,313	51,563	30,938	10,313	10,313	113,438
Abr-15	41,250	51,563	61,875	10,313	10,313	175,313
May-15	20,625	51,563	-	20,625	103,125	195,938
Jun-15	41,250	10,313	30,938	10,313	20,625	113,438
Jul-15	51,563	30,938	30,938	-	20,625	134,063
Ago-15	51,563	-	51,563	51,563	10,313	165,000
Set-15	41,250	-	-	51,563	20,625	113,438
Oct-15	10,313	41,250	41,250	51,563	51,563	195,938
Nov-15	41,250	10,313	-	10,313	41,250	103,125
Dic-15	41,250	30,938	41,250	-	41,250	154,688
Promedio	32,656	27,500	27,500	21,484	41,250	150,391
Total/unidad	391,875	330,000	330,000	257,813	495,000	1,804,688

Fuente: Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande S.A.

En el año 2014 el costo de parada fue S/. 1'804,688

### 3.7 Determinar el impacto.

#### 3.7.1 impacto en costos de parada

Tabla 29 Impacto en costos de parada

	698	699	700	701	702	Total, Año
Antes	8,590,313	4,197,188	5,929,688	5,218,125	4,754,063	28,689,375
Después	391,875	330,000	330,000	257,813	495,000	1,804,688
impacto	-8,198,438	-3,867,188	-5,599,688	-4,960,313	-4,259,063	26,884,688

Fuente: Fuente: Área de mantenimiento de maquinaria de campo Casa Grande S.A.

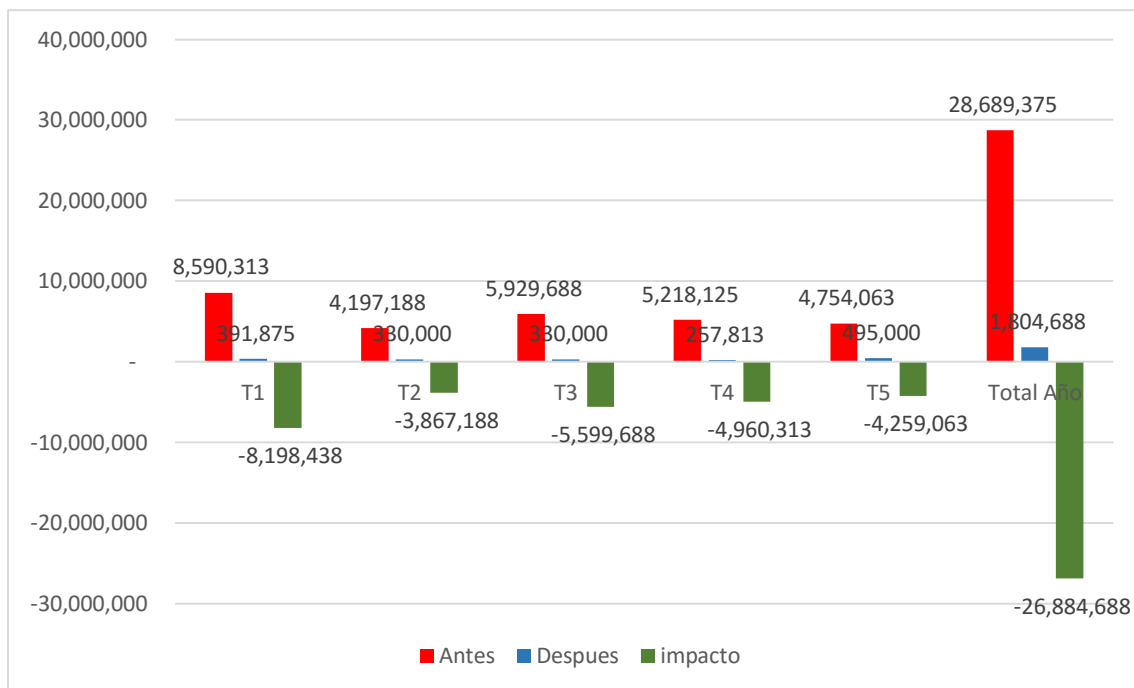


Figura 14. Impacto en costos de parada

Fuente: Datos de la empresa

Se puede apreciar que la aplicación de la propuesta tiene un impacto en ahorro de costos de parada de S/. 26'884,688

### 3.7 Validar económicamente el modelo Propuesta.

#### 3.7.1 Determinación de la inversión

Tabla 30 Determinación de la inversión en maquinaria John Deere

Costo de repuestos (Tabla 18, p.80)	159,184.00
Costo de pedir (Determinado por la empresa)	376.40
Costo de mantenimiento de inventario (Tabla 15, p.77)	<b>3,714.29</b>
Total inversión anula	163,274.69

Fuente: Datos de la empresa

### 3.7.2 Determinación del flujo de caja

Tabla 31 Determinación del flujo de caja

<b>Flujo de caja antes</b>	<b>-28,689,375</b>
Flujo de caja después	-1,804,688
Inversión	-163,274.69
<b>Total</b>	<b>-1,967,963</b>
<b>Beneficio (Después – antes)</b>	<b>26,721,412</b>
Beneficio / Costo	-163.66

Fuente: Datos de la empresa

### 3.7.3 Determinación del beneficio /costo

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{ahorro en 1 año}}{\text{inversion}}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{26'712,412}{163,274.69}$$

$$B/C = 163.66$$

Como se puede apreciar escatimar en cambio de repuestos no compensa las perdidas por dejar de operar la maquinaria.



# **CAPITULO IV: DISCUSIÓN**

#### IV. DISCUSIÓN

Con respecto a la disponibilidad nosotros encontramos una gran variabilidad en la disponibilidad de los equipos, desde inaceptable disponibilidad (menor al 70% de su tiempo de operación programado) a excelente, sin embargo todos los 5 equipos presentaban grandes variaciones en los diferentes meses. Los promedios de disponibilidad encontrados fueron 698 = 89%, 699 = 95%, 700 = 92%, 701 = 93% y 702 = 95%.

Estos hallazgos coinciden con (Pesantez Huerta, 2007), en Ecuador quien señala que los equipos directamente involucrados en el proceso productivo generan cuellos de botella y atascamiento de las líneas de producción y que es necesario más allá del mantenimiento operacional un mantenimiento predictivo y preventivo.

Con respecto a la criticidad y costos de parada, se encontró que en el año 2014 los costos de parada fueron de S/. 2'390,78, a pesar que la disponibilidad promedio de todos los equipos fue 92.8% se parecía que la magnitud del costo es muy significativa.

Estos hallazgos guardan paralelo con (Rojas, 2009) en España, quien señala sobre la criticidad de los equipos de perforación petrolera las consecuencias en la producción van más allá de los costos del equipo mismo y se convierten en pérdidas sustanciales para la empresa por lo que se adhiere a la práctica mundial de tener personal dedicado a los equipos críticos y al mantenimiento predictivo que asegure la disponibilidad ininterrumpida de los equipos.

Por su parte, coincidimos totalmente con Abad (2004) quien señala que la aparición de fallos y averías en los componentes de una instalación industrial de detergentes viene consigo la disminución de los beneficios que pudieran derivarse del proceso productivo en cuestión. Aquellas averías que dan lugar a la indisponibilidad del proceso provocan una merma de ingresos y así mismo, originan un incremento de los costos de producción, ya que, como mínimo, habrá que reparar o sustituir el equipo averiado y, en el peor de los casos, deberán pagarse unas importantes indemnizaciones por los posibles daños

ocasionados a terceros en los tiempos actuales, caracterizados por un creciente grado de competencia en la totalidad de los mercados que provoca la erosión de los márgenes comerciales” concluyendo que la falla de un equipo crítico es la falla de todo el proceso productivo.

Con respecto a la problemática de disponibilidad está basado en que el equipo opera en el campo, comunicar y responder a la falla toma en promedio 2 horas, solicitar y esperar que el equipo llegue puede tomar días con consecuencias desastrosas, por lo que el costo de cambiar con anticipación lo que hay tendencia a que falle es mínimo y no debe estar sujeto a escatimaciones.

Estos hallazgos coinciden con García Sotomayor quien señala la diversidad de herramientas necesarias para el mantenimiento preventivo, pues no basta el mantenimiento operativo y la garantía del fabricante. Por otro lado, las cargadoras de caña trabajan más allá de su vida útil por lo que un análisis de fallas ya no vinculadas al mantenimiento operativo es necesario siendo de total importancia los registros históricos, en nuestro caso solo tuvimos acceso a los registros históricos de un año, sin embargo creemos haber logrado predecir las fallas más significativos cuyo tiempo de parada es mayor a 30 minutos.

Con respecto a las mejoras en el plan de mantenimiento preventivo y la gestión de compra, ambos están íntimamente ligados pues el primero señala cuando del segundo debe ejecutarse, la gestión de compras no es muy cara, pues el tiempo de inventario del repuesto es en promedio un mes, por lo que la inmovilización de capital es mínima, sobre todo considerando los beneficios.

Estos resultados guardan paralelo con Molano (2010) quien señala que se tiene que tener un control total de la cadena de suministros de repuestos para poder tener los equipos 100% confiables, como es de saber, en la industria aeronáutica todas las piezas tienen partida de nacimiento, tiempo de vida y partida de defunción, pues una pieza es 100% confiable o no. Esto hace aviones confiables 100%. Nosotros coincidimos con el autor y es similar nuestra filosofía de mantenimiento. La cadena logística significa además el proceso de compra al proveedor con suficiente anticipación para que tenga los stocks, es por ello que nosotros sugerimos un cronograma de compra un mes

antes a fin de que la orden de compra este antes de la misma con un mes de anticipación.

Con respecto a la disponibilidad de las alzadoras de caña esta mejoro sustancialmente después de la aplicación del mantenimiento preventivo y la gestión de compras estando disponibles un 99.7% todas en promedio.

Estos resultados guardan paralelo con García Sotomayor (2013) quien señala que las empresas con equipos críticos sin falla son empresas confiables y competitivas, la confiabilidad es un valor fundamental en el comercio actualmente, el incumplimiento de los plazos lleva consigo la perdida de confiabilidad y del cliente o la disminución de nuestra categoría como proveedores. La disponibilidad no es una suerte, ni garantía del fabricante, es toda un área destinada a detectar, predecir y neutralizar todo factor de riesgo para la indisponibilidad del equipo, es una actividad de perfil bajo pero indispensable en la empresa.

Con respecto a los costos de parada después de la propuesta, estos se redujeron en 26'884,688 lo que es muy significativo y justifica los esfuerzos y el desechamiento de piezas que todavía pueden servir pero que si fallan las pérdidas son muy grandes.

Estos resultados guardan relación con Bernal (2012), Alva (2009), Rojas (2009) y Pesantes Huerta (2007) quienes señalan que la reducción de costos de parada gracias a un mantenimiento predictivo es de escala en los equipos críticos y es un precio muy pequeña para la confiabilidad de los equipos críticos y del sistema productivo de la empresa.

Con respecto a la validación económica del modelo encontramos una relación B/C 163.66, este resultado no es alto, está en el rango de los beneficios obtenidos en industrias de producción a escala cuya parada interrumpe grandes volúmenes de producción. A este respecto Molano (2010) señala e introduce el concepto de “seguro de confiabilidad” al igual que en el negocio de

los seguros, los costos de cambio de repuestos elimina toda probabilidad de falla y que es una prima insignificante ante la contingencia de la caída de un equipo crítico y con él todo el sistema productivo.

# **CAPITULO V: CONCLUSIONES**

## V. CONCLUSIONES

- 1) El problema de disponibilidad ante falla es resultado de la lejanía de operación de los equipos y la no disponibilidad inmediata de los repuestos, por lo que se hace necesario pronosticarlos y comprarlos con anticipación.
- 2) Se determinó la criticidad como problema de Disponibilidad de Alzadoras al transporte de maquinaria improductiva y personal improductivo.  
La empresa tiene problemas de producción de azúcar dando inicio a un costo fijo y con la reducción de capacidad de planta Originando una pérdida de 10,312.5 soles hr.unid. También en conclusión conlleva a una para de la producción de energía (Parada de Fabrica). Se realizó una categorización de la disponibilidad mensual mediante el área de producción de campo junto a los números de fallas y el tiempo medio de fallas y tiempo medio de reparación.se tuvo como resultado la disponibilidad inicial.
- 3) Se determinó junto con los usuarios la problemática de la disponibilidad mediante un diagrama de Pareto las fallas más frecuentes, resultando un inventario de repuestos para tener en stock a la fecha tentativa el repuesto para que no se pierda tiempo arreglando sino simplemente se cambie.
- 4) Se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo y se determinó las fallas que requieren repuestos que no tienen disponibilidad inmediata y que se los pide a Lima y a su vez los proveedores lo piden al extranjero. El plan de mantenimiento preventivo permite que se gestione la compra y esta no sea afectada por el tiempo de entrega, estando en el almacén un mes antes de que sea requerido.
- 5) La disponibilidad de las alzadoras de caña mejoro sustancialmente a un 99.7%.
- 6) Se redujo los costos de parada de S/. 28,689.375 a S. 1, 804,688.
- 7) La evaluación económica permite determinar una relación B/C 163.66

# **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**



## VI. RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda mantener la gestión de compra de repuestos en base al plan de mantenimiento preventivo, pues ha demostrado ser ventajoso económicamente para mejorar la disponibilidad de las Alzadoras.
- 2) Ampliar a otros tipos de maquinaria estratégica pues por tratarse de un sistema productivo de gran envergadura las fallas de maquinaria clave tienen costos y repercusiones muy significativas.
- 3) La gestión y aprovisionamiento de repuestos debe ser una actividad de constante preocupación pues la maquinaria de la empresa es especializada y no son repuestos que haya en los comercios, sino que se tienen que importar, directamente por la empresa, por los comercios especializados, y su tiempo de llegada es significativo.
- 4) Realizar los trabajos de Mantenimiento que consumen mucho tiempo, si es posible fuera del cierre programado. Una forma sería contar con uno o varios equipos de repuesto, que permitan quitar y poner. Para el tipo de maquinaria particular, se requirió capacitación tecnológica especializada, tanto en la maquinaria como en el mantenimiento preventivo. Con respecto a los recursos humanos, estos requirieron una capacitación sobre el enfoque preventivo, tanto en el área de mantenimiento como en el área de logística.
- 5) Con respecto a la gestión de compra de materiales, estos deben hacerse en los puntos de reorden y en las cantidades económicas de pedido.
- 6) La gestión de compra requiere de un ambiente de trabajo propicio y sobre todo enfocado en el aspecto preventivo, tanto la parte operativa de la maquinaria como mantenimiento, compras y demás involucrados.

# **CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS**

## VIII. REFERENCIAS

1. Alva, Ismael. Repositorio Digital Universidad nacional de Ingenieria Lima-Peru. Estudio de optimización de costos de operación de una flota de Scooptrams en una mina subterránea. [En línea] 2009. [Citado el: 29 de Agosto de 2015.] [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/743/1/alva\\_ai.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/743/1/alva_ai.pdf).
2. Aguirre Quiroga, P. C. (2009). *Mejoramiento de calidad en la mantención de camiones extracción liebherr t 282 b, división codelco norte*. Antofagasta-Chile: Universidad de Antofagasta.
3. Boucly Francis, 1999:43) *Gestión de Mantenimiento*, Editorial Aenor, Madrid.
4. Calderón Quesada , N. (2014). *Mejora del Tiempo de Operatividad de Camiones Volquetes en Proyectos de Mantenimiento Vial, utilizando Teoría de Confiabilidad en un Sistema Simulado*. Lima – Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
5. Chang Nieto, E. (2008). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reduccion de costos del servicio de alquiler*. Lima-Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
6. Dounce Villanueva E., 1998, *La productividad en el Mantenimiento Industrial*, 2da edición, Ed. CECSA, Ciudad de México, México.
7. Duffua, Raouf D. 2000, *Sistemas de Mantenimiento Planeación y control*. Ed. Limusa, Wiley, EUA.
8. Feld William M. 2002, *Lean Manufacturing: tools, techniques and how to use them*. Ed. The St. Lucie Press / APICS series on Resource Management, New York, EUA.
9. Hodson William, 1996, Maynard, *Manual del Ingeniero Industrial*, 4ta edición, Ed. Mc Graw Hill, Ciudad de México, México.

10. Hernández Sampieri Roberto; Fernández Collado Carlos y Baptista Lucio Pilar. Metodología de la Investigación. Tercera edición: 2010. McGraw-Hill Interamericana. México, D. F.
11. Kogyo Shimbun N., 1995, TPM Case Studies, compilado de NKS Factory Management Journal, Ed. Factory Management Series, Japón y EUA.
12. Krishnamoorthi K , S. (1992). Reliability Methods for Engineers. University and ASQC.
13. Krishnamoorthi K.S., 1992, Reliability Methods for Engineers, Ed. Bradley University and ASQC Quality Press, Wisconsin, EUA.
14. Maldonado Cervantes D. M., Maldonado Cervantes J. (Mayo 2003), Tesis profesional: Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la Industria Textil. Universidad de las Américas, Puebla, México.
15. Newbrough E.T. 2000, Administración de Mantenimiento Industrial, 13ra reimpresión, Ed. Diana, Ciudad de México, México.
16. Pastor Tejedo, Ana Clara, (1997) Gestión Integral de Mantenimiento, Marcombo Boixareu,
17. Pico Leguizamo , C. (2011). *Gestión del mantenimiento para la sección de equipo caminero del Gobierno Municipal de Arajuno*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
18. Rodríguez del Aguila., M. (2012). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca*. Cajamarca Perú: Universidad Privada del Norte Lauréate International Universities.
19. Rojas Correa, C. (2014). *Mejoras en la gestión de la planificación y pautas de mantenimiento en los camiones de carguío Diesel Komatsu 830e y 930e en la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

20. Tamariz Limón C. A. (Mayo 2003), Tesis profesional: Mejora de la operación del área de Mantenimiento en una empresa proveedora de servicio logístico. Universidad de las Américas, Puebla, México.
21. Molano, Danny David Petrelli. 2010. Repositorio Digital Pontificia Universidad Javeriana Bogotá d.c. Propuesta para la optimización y redifinición de la cadena logística para el suministro de repuestos aeronáuticos a.o.g. (AIRCRAFT ON GROUND). [En línea] 2010. [Citado el: 29 de Agosto de 2015.] <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/7357/1/tesis393.pdf>.
22. **Pes**antez Huerta, Alvaro Eduardo. 2007. Repositorio Digital Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil-Ecuador. "Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón". [En línea] 2007. [Citado el: 29 de Agosto de 2015.] <http://es.scribd.com/doc/73158407/TESIS-COMPLETA-FINAL-DocImplemetacio-Matto-Prev-y-Predict#scribd>.
23. Rojas, Edithmar Nataly Tilleró. 2009. Repositorio Digital Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui Venezuela. "Elaboración de un plan de mantenimiento basado en la filosofía actual que más se adapte al taladro de servicios a pozos H-643". [En línea] Mayo de 2009. [Citado el: 29 de Agosto de 2015.] <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1068/1/Tesis.ELABORACION%20DE%20UN%20PLAN%20DE%20MANTENIMIENTO.pdf>

# **ANEXOS**

ORDEN		EQUIPO		LUGAR		HR/KM	
NOMBRE DEL OPERADOR		FIRMA DE RECEPCION		MECANICOS QUE ATENDIERON			
STATUS							
INICIO DE ATENCION		FIN DE ATENCION		DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO			
FECHA	HORA	FECHA	HORA				

ORDEN		EQUIPO		LUGAR		HR/KM	
NOMBRE DEL OPERADOR		FIRMA DE RECEPCION		MECANICOS QUE ATENDIERON			
STATUS							
INICIO DE ATENCION		FIN DE ATENCION		DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO			

Figura 15: Formato atención Mecánicos  
Fuente: Área de Mantenimiento Maquinaria Pesada

Ubicación:		Fecha	
Equipo:		H.I	H.F
Orden de trabajo		SAF	Horometro
Operador:		hrs	

Efectuado el Servicio de :  PM1  PM2  P M3  PM4  Trabajo Correctiv  INSPECCION PROGRAMA

A ENTREVISTA CON EL OPERADOR	SI	NO	OBSERVACIONES PUNTALES
1 Limpieza de maquina			
2 Lavado de maquina			
3 Recalentamiento motor			
4 Dificultad de Arranque			
5 Falta de fuerza			
6 Ruidos Extraños			
7 Consumo de Aceite (GLS)			
8 Consumo de Combustible			
9 Humo de escape			
10 Sistema Hidráulico Lento			

B MOTOR	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTALES
1 Funcionamiento de motor					
2 Guardas y cubiertas protectoras					
3 Respiradero de cárter					
4 Tapa de llenado de aceite de motor					
5 Vanilla de medición de nivel de aceite					
6 Poleas y Ventilador de motor					
7 Faja					
8 Soportes de motor					
9 Fuga de aceite					
10 Muestra de aceite de Motor					
11 Otros					

C SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTALES
1 Caja y respiradero del Filtro de aire					
2 Filtro de aire primario					
3 Filtro de aire secundario					
4 Indicador de restricción de aire					
5 Pre - Cleaner					
6 Mangueras y Tuberías de múltiple de admisión					
7 Abrazaderas de ajuste líneas de admisión					
8 Tuberías de múltiple de escape					
9 Soportes de tuberías de escape					
10 Soportes de silenciador					
11 Silenciador					
12 Fugas de gases de escape					
13 Otros					
14 Turbo alimentador					
15 Otros					

D SISTEMA DE COMBUSTIBLE	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTALES
1 Bomba de inyección					
2 Gobernador					
3 Inyectores					

Figura 16: Formato atención Mecánicos de Alzadoras  
Fuente: Área de Mantenimiento Maquinaria Pesada

REQUERIMIENTO DE REPUESTOS					
Sistema	ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Nº PARTE	SAP

Figura 17: Formato Requerimiento de Repuestos  
Fuente: Área de Mantenimiento Maquinaria Pesada

CasaGrande Formato de recepción de equipos en taller																	
Nº interno:		Fecha ingreso	H Ingreso														
Equipo:		Fecha Salida	H Salida														
horometro:																	
Nombre del operador																	
Responsable de Recepcion																	
itm	componentes	OK	RE	MA	FA	itm	componentes	OK	RE	MA	FA	itm	componentes	OK	RE	MA	FA
1	Panel de instrumentos					24	Baterias Cant/ Tamaño					68	Deposito de liquido de frenos				
2	Llave de arranque					25	Bornes de batería					69	Contrapesos posteriores				
3	Aire acondicionado					26	Protector de batería.					70	Faros posteriores				
4	Interruptores de A/C cant:					27	Tapa de radiador					71	Alarmas retroceso				
5	Caja de fusibles / Relay					28	Radiador					72	Barras estabilizadoras				
6	Luz de cabina					29	Ventilador					73	Brazos de levante				
7	Radio					30	Bomba de agua					74	Pines cant:				
8	Toma corriente (Cigarrera)					31	Tapa de filtro de aire.					75	Kramer				
9	Botiquin					32	Filtro de aire.					76	Acople ( Pico loro)				
10	Plumilla Limpiaparabrisas					33	Guardabarro poserosos					77	Pistones de levante				
11	Triangulo / Cono de seguridad					34	Llantas posteriores					78	Acoples rapidos cant:				
12	Regilla (Difusor) de A/C					35	Pernos de ruedas posteriores					79	Tanque de agua limpiaparabrisas				
13	Chapa de puerta					36	Tuercas de ruedas posteriores										
14	Llave de puerta de cabina					37	Aro de ruedas posteriores										
15	Puerta de cabina					38	Eje cardan										
16	Vidrios de cabina					39	Protector de cardan										
17	Vidrios de ventanas					40	Luces direccionales										
18	Parabrisa					41	Tubo de escape										
19	Gomas/ guardapolvos					42	Silenciador										
20	Escalera					43	Filtros de combustible _										

Figura 18: Formato Recepción de Equipos  
Fuente: Área de Mantenimiento Maquinaria Pesada



CasaGrande INVENTARIO DE RECEPCION DE ALZADORAS DE CAÑA														
Nº interno:		Fecha ingreso:		H Ingreso:										
Equipo:		Fecha Salida:		H Salida:										
horometro:														
Nombre del operador:														
Responsable de Recepcion:														
Item	componentes				Item	componentes				Item	componentes			
	OK	RE	MA	FA		OK	RE	MA	FA		OK	RE	MA	F
1					29					57				
2					30					58				
3					31					59				
4					32					60				
5					33					61				
6					34					62				
7					35					63				
8					36					64				
9					37					65				
10					38					66				
11					39					67				
12					40					68				
13					41					69				
14					42					70				
15					43					71				
16					44					72				
17					45					73				
18					46					74				
19					47					75				
20					48					76				
21					49					78				
22					50					79				
23					51					80				
24					52									
25					53									
26					54									
27					55									
28					56									

Figura 19: Formato Recepción de Alzadoras  
Fuente: Área de Mantenimiento Maquinaria Pesada



Figura 20. Alzadora de caña. Presentación

Fuente: [www.deere.com.mx](http://www.deere.com.mx)



Figura 21. Alzadora de caña cargando.  
Fuente Elaboración Propia



Figura 22. Alzadora de caña en mal estado  
Fuente Elaboración Propia



Figura 23. Alzadora de caña en campo

Fuente Elaboración Propia