

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA MANTENIMIENTO PRODUCTIVO  
TOTAL PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y EQUIPOS DE LA  
CONSTRUCTORA ARQUITECTOS E INGENIEROS ASOCIADOS



EDINSON GALLEGO RÍOS  
EDWIN JOSUÉ JARAMILLO OROZCO  
JORGE IVÁN ROMÁN CORREA



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
INGENIERÍA MECÁNICA Y AFINES  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2015

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA MANTENIMIENTO PRODUCTIVO  
TOTAL PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y EQUIPOS DE LA  
CONSTRUCTORA ARQUITECTOS E INGENIEROS ASOCIADOS

EDINSON GALLEGO RÍOS  
EDWIN JOSUÉ JARAMILLO OROZCO  
JORGE IVÁN ROMÁN CORREA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Decano de Ingeniería  
BAYRON ÁLVAREZ ARBOLEDA  
Ing. Eléctrico Magíster en Sistemas Energéticos

Asesor

Karen Cagua  
Ing. Química, magíster en ingeniería.

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
INGENIERÍA MECÁNICA Y AFINES  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
MEDELLÍN

2015

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Medellín, mayo de 2015

## AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias que son la base fundamental en nuestro proceso de formación y apoyo incondicional durante el tiempo de ejecución de éste trabajo y la culminación de estudios.

A los operarios, mecánicos, personal de montajes y directivos de la constructora AIA por permitir la realización de éste proyecto.

A la Institución Universitaria Pascual Bravo por todos los aportes en conocimiento.

A Karen Cagua, asesora de tesis por su generosidad al brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia, en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la consecución de este trabajo.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1 ANTECEDENTES.....	13
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
3 JUSTIFICACIÓN.....	15
4 OBJETIVOS.....	16
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
5 MARCO TEÓRICO.....	17
5.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).....	17
5.2 HERRAMIENTAS 5S.....	19
5.3 MÁQUINAS DE ALCE Y BOMBEO.....	20
5.3.1 Torre grúa.....	20
5.3.2 Mástil.....	21
5.3.3 Flecha.....	21
5.3.4 Contra flecha.....	22
5.3.5 Contrapeso.....	22
5.3.6 Lastre.....	22
5.3.7 Carro.....	23
5.3.8 Cables y gancho.....	23
5.3.9 Motores.....	23
5.3.10 Malacates.....	24
5.3.11 Bomba hidráulica.....	24
5.3.12 Autobomba.....	24
5.4 AIA, ARQUITECTOS E INGENIEROS Y ASOCIADOS.....	25
6 METODOLOGÍA.....	27
6.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS.....	27
6.2 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	28
6.3 ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS DE PARETO.....	29
6.3.1 Diagrama de pareto bombeo de concreto.....	30
6.3.2 Diagrama de Pareto para el equipo de alce:.....	33

6.4	Verificación por indicadores de gestión.....	37
6.5	Calculo de indicadores de gestión. ....	38
7	RESULTADOS .....	40
7.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS EN EQUIPOS DE ALCE ESTACIONARIO .....	40
7.2	PROBLEMAS IDENTIFICADOS EN EQUIPOS DE BOMBEO ESTACIONARIO.....	44
7.3	POSIBLES SOLUCIONES SISTEMAS DE ALCE .....	49
7.4	POSIBLES SOLUCIONES SISTEMAS DE BOMBEO .....	52
7.5	PILAR MEJORAS ENFOCADAS .....	54
7.6	GUÍA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO .....	73
7.6.1	Mantenimiento preventivo.....	76
7.6.2	Mantenimiento correctivo.....	77
7.7	RESULTADOS 5S .....	79
7.8	INDICADORES DE GESTIÓN .....	85
7.8.1	Equipos de bombeo .....	85
7.8.2	Mantenibilidad mensual - Equipos de bombeo .....	89
7.8.3	Mantenibilidad mensual - Equipos de alce.....	92
7.8.4	Confiabilidad mensual - Equipos de bombeo y alce .....	94
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
9	REFERENCIAS.....	105
10	ANEXOS .....	106

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Personal de montaje que se tuvo en cuenta para realizar la muestra .....	30
Tabla 2. Datos de las causas de improductividad y costos implicados al mes .....	30
Tabla 3. Datos de las causas ordenadas y respectivo porcentaje de incidencia en las pérdidas .....	31
Tabla 4. Tabla para realizar el diagrama de Pareto. ....	32
Tabla 5. Salarios del personal de montajes.....	33
Tabla 6. Descripción de los costos por minuto.....	34
Tabla 7. Tabla organizada de los costos más elevados.....	35
Tabla 8. Tabla que involucra los costos más altos con el porcentaje acumulado.....	35
Tabla 9. Tabla para definir el rango para el diagrama de Pareto.....	36
Tabla 10. Cuadro comparativo problema – causa en el equipo motriz de los equipos de alce estacionario.....	40
Tabla 11. Cuadro comparativo problema – causa en el sistema eléctrico .....	41
Tabla 12. Cuadro comparativo problema – causa en el sistema estructural.....	42
Tabla 13. Cuadro comparativo problema – causa en la planeación.....	43
Tabla 14. Cuadro comparativo problema – causa en el sistema hidráulico – Bombeo estacionario.....	45
Tabla 15. Cuadro comparativo problema – causa en el sistema mecánico y de transporte de concreto.....	46
Tabla 16. Cuadro comparativo problema – causa en el sistema eléctrico – Bombeo estacionario.....	47
Tabla 17. Cuadro comparativo problema – causa en la planeación. Bombeo estacionario .....	47
Tabla 18. Personas que participan en el proceso.....	73
Tabla 19. Clasificación del mantenimiento.....	75
Tabla 20. Criterios y frecuencia del mantenimiento. ....	76
Tabla 21. Comparativa de gastos de los equipos de alces.....	98
Tabla 22. Comparativa de gastos de los equipos de bombeo de concreto.....	99

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Diagrama TPM.....	18
<i>Figura 2.</i> Diagrama de Pareto Bombas .....	33
<i>Figura 3.</i> Diagrama de Pareto equipos de alce.....	37
<i>Figura 4.</i> Diagrama causa efecto para identificación de problemas.....	49
<i>Figura 5.</i> Poleas. Imagen tomada en el sitio (2014).....	60
<i>Figura 6.</i> Torre grúa y malacate. Imagen tomada en el sitio (2014).....	60
<i>Figura 7.</i> Cabinas de control. Imagen tomada en el sitio (2014).....	61
<i>Figura 8.</i> Malacates. Imagen tomada en el sitio (2014).....	62
<i>Figura 9.</i> Transformadores de voltaje. Imagen tomada en el sitio (2014).....	62
<i>Figura 10.</i> Cables. Fuente: Imagen tomada en el sitio (2014).....	63
<i>Figura 11.</i> Tarjetas de colores que permite visualizar el estado de la maquinaria.....	64

<i>Figura 12.</i> Espacio para la implementación de los procesos. Imagen tomada en el sitio (2014).....	66
<i>Figura 13.</i> Placa gafa y aro de corte. Imagen tomada en el sitio (2014). .....	67
<i>Figura 14.</i> Estado del motor Diésel. Imagen tomada en el sitio (2014). .....	67
<i>Figura 15.</i> Estado de la máquina. Imagen tomada en el sitio (2014). .....	68
<i>Figura 16.</i> Estado de las partes de la máquina. Imagen tomada en el sitio (2014). .....	68
<i>Figura 17.</i> Filtro adicional de combustible. Imagen tomada en el sitio (2014). .....	69
<i>Figura 18.</i> Tablero de control eléctrico. Imagen tomada en el sitio (2014).....	69
<i>Figura 19.</i> Equipo de bombeo. Imagen tomada en el sitio (2014). .....	70
<i>Figura 20.</i> Mantenimiento correctivo – Tiempo fuera de servicio.....	78
<i>Figura 21.</i> Flujograma de mantenimiento.....	79
<i>Figura 22.</i> Zona de cargue y descargue. Imagen tomada en el sitio (2014). .....	80
<i>Figura 23.</i> Clasificar y limpiar la zona de corte y almacenamiento de materia prima (Autores, 2015).....	80
<i>Figura 24.</i> Clasificar y ordenar la zona de almacenamiento de tubería. Imagen tomada en el sitio (2014). .....	81
<i>Figura 25.</i> Limpiar, clasificar y ordenar con el fin de mejorar los espacios. Imagen tomada en el sitio (2014).....	81
<i>Figura 26.</i> Clasificar para separar los residuos peligrosos Imagen tomada en el sitio (2014).....	82
<i>Figura 27.</i> Estandarización en la parte eléctrica. Imagen tomada en el sitio (2014).....	82
<i>Figura 28.</i> Disciplina y orden para mantener las zonas de cargue y descargue despejadas. Imagen tomada en el sitio (2014). .....	83
<i>Figura 29.</i> Ordenar y estandarizar para reducción de espacios de almacenamiento Imagen tomada en el sitio (2014). .....	83
<i>Figura 30.</i> Clasificar y ordenar para evitar accidentes y mejora los tiempos de cargue de material. Imagen tomada en el sitio (2014).....	84
<i>Figura 31.</i> Disponibilidad equipos de bombeo trimestre IV-2014.....	87
<i>Figura 32.</i> Disponibilidad equipos de bombeo trimestre I-2015 .....	87
<i>Figura 33.</i> Disponibilidad equipos de alce trimestre IV-2014.....	88
<i>Figura 34.</i> Disponibilidad equipos de alce trimestre I-2015.....	89
<i>Figura 35.</i> Mantenibilidad equipos de bombas de concreto trimestre IV-2014 .....	91
<i>Figura 36.</i> Mantenibilidad equipos de bombas de concreto trimestre I-2015.....	91
<i>Figura 37.</i> Mantenibilidad equipos de alce de concreto trimestre IV-2014 .....	93
<i>Figura 38.</i> Mantenibilidad equipos de alce de concreto trimestre I-2015.....	93
<i>Figura 39.</i> Confiabilidad equipos de bombeo trimestre IV-2014.....	95
<i>Figura 40.</i> Confiabilidad equipos de bombeo trimestre I-2015 .....	95
<i>Figura 41.</i> Confiabilidad equipos de alce trimestre IV-2014.....	97
<i>Figura 42.</i> Confiabilidad equipos de alce trimestre I-2015. ....	97
<i>Figura 43.</i> Comparativo de efectividad - equipos de alce.....	99
<i>Figura 44.</i> Comparativo de efectividad - equipos de bombeo.....	100
<i>Figura 45.</i> Intervenciones generales a los equipos de la constructora AIA.....	101



## **GLOSARIO**

SEIRI: Clasificación, eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil.

SEITON: Orden, organizar el espacio de trabajo de forma eficaz. SEISO: Limpieza, mejorar el nivel de limpieza de los lugares de trabajo.

SEIKETSU: Normalización, prevenir la aparición de suciedad y el desorden.

SHITSUKE: Mantener la disciplina, fomentar los esfuerzos en este sentido.

EFICIENCIA: Capacidad de alcanzar los objetivos y metas programadas con el mínimo de tiempo y recursos disponibles logrando su optimización.

EFICACIA: Capacidad para cumplir en el lugar tiempo y cantidad las metas y objetivos establecidos.

LISTAS DE CHEQUEO: Formato donde los operadores realizan la descripción del estado de todas las partes que componen el equipo.

INDICADORES DE GESTIÓN: Facilita la evaluación de las actividades del mantenimiento y ayuda a establecer metas.

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO: Pilar de mantenimiento productivo total que se basa en una cultura de capacitación a los operadores para realizar actividades e mantenimiento.

## **RESUMEN**

El trabajo de grado se orientó hacia la elaboración de propuestas de mejoras, basadas en la filosofía de calidad MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO (TPM). El plan de implementación se desarrolló en una empresa del sector constructor para el departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA. Estas propuestas tuvieron como objetivo garantizar el aprovechamiento del tiempo y de los recursos necesarios para el óptimo funcionamiento de las máquinas (equipos de alce y bombeo de concreto), los cuales ayudarán a incrementar su productividad.

A partir de la descripción de los conceptos y herramientas que contempla esta filosofía, se diseñó un plan de implementación que permite aplicar este modelo al desarrollo de los procesos diarios de la empresa contribuyendo a la mejora por medio de indicadores de gestión.

**PALABRAS CLAVES:** TPM, mantenimiento productivo total, equipos de alce, equipos de concreto

## **ABSTRACT**

The degree work was oriented in developing proposals for improvements based on the philosophy of quality TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM). The implementation plan is developed in a company builder for the Department of machinery and equipment of the AIA construction sector. These proposals aim to ensure the use of time and resources necessary for optimal functioning of the machinery (equipment elk and pumping concrete), which will help increase productivity.

From the description of the concepts and tools covered in this philosophy, an implementation plan that allows you to apply this model to the development of the daily business processes contributing to the improvement through design management indicators.

**KEYWORDS:** TPM, total productive maintenance, lifting equipment, concrete equipment

## INTRODUCCIÓN

La era industrial se ha caracterizado por el crecimiento exponencial de las máquinas, elementos sin los cuales los procesos implicados en todas las actividades humanas estarían destinados a una vida más limitada. Por esto, está claro que es necesario implementar un buen programa de gestión del mantenimiento que sea de suma importancia para el control óptimo de los equipos, la generación de las actividades de mantenimiento y posterior análisis.

Para lograr este propósito se tiene en cuenta que todo proceso debe llevar una trazabilidad para su buen funcionamiento, en este caso un diagnóstico, una programación y una documentación de lo realizado.

Por tal motivo, se desarrolló este proyecto para la implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM), con el fin de garantizar el buen funcionamiento de las máquinas de la constructora Arquitectos e Ingenieros Asociados (AIA), contribuyendo con la calidad del servicio prestado y la optimización de los recursos.

Para el desarrollo de este proyecto se realizaron actividades de recopilación de información y de funcionamiento de máquinas de alce y bombeo de concreto. Lo anterior, con el fin de ampliar el conocimiento básico de esta labor, para que todo el personal ya sea técnicos u operarios, puedan realizarlo y no haya dependencia del conocimiento específico de unos pocos.

Es importante destacar que con éste trabajo se dejaron bases de organización en las labores de mantenimiento, con procedimientos metodológicos en las labores y toma de registros, para un seguimiento continuo de todos los equipos ayudando a la reducción de costos y prestaciones óptimas del servicio.

## **1 ANTECEDENTES**

En la empresa AIA no existía un control de la planeación, no había control de inventarios, por la cantidad de piezas de diferentes medidas que contienen los equipos para la puesta a punto.

Los métodos de trabajo no eran los más adecuados porque no existía un instructivo que indicara como debían realizarse las operaciones y cómo interactúan los procesos. El departamento de mantenimiento no tenía control de la información que le permitiera tomar decisiones y corregir los procesos para evitar errores y reincidir en los mismos. Existía una dependencia del jefe de montajes para la toma de decisiones.

## **2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La constructora Arquitectos e Ingenieros Asociados (AIA), no cuenta con un programa de mantenimiento que le permita evaluar las condiciones actuales de los equipos de alce y bombeo de concreto, al no existir este programa, los equipos están sujetos a posibles fallas no programadas y por lo tanto, se incrementan los costos de mantenimiento mano de obra y paros en el servicio prestado, que puede conllevar a multas por pérdidas de concreto y cobro de pólizas de cumplimiento.

### **3 JUSTIFICACIÓN**

Para garantizar la satisfacción completa del consumidor y funcionar en forma eficiente y armónica, cada empresa debe desarrollar una gama amplia de políticas y de procedimientos de trabajo.

Este proyecto es importante debido a que influye en el mejoramiento de la calidad en el servicio, la seguridad del personal, los tiempos del mantenimiento y la reducción de los costos del departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar e implementar un programa de mantenimiento basado en TPM que involucre los pilares necesarios para cumplir las normas de seguridad industrial, ambiental y mantenimiento general de los equipos de alce y bombeo de concreto de la constructora AIA.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los problemas de las máquinas.
- Analizar posibles soluciones para implementar los pilares adecuados.
- Verificar por indicadores de gestión los resultados deseados.



## **5 MARCO TEÓRICO**

### **5.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)**

La filosofía principal del Mantenimiento Productivo Total (TPM), según Seliyu (2013), permite lograr un equipo de trabajo involucrado al máximo que proteja, cuide, limpie y realice todas las labores de mantenimiento preventivo, para lograr que no se produzca ningún tipo de fallo o avería que detenga la producción, logrando con esto que el trabajador se sienta más responsable de su propio trabajo y de los elementos que le rodean. Adicionalmente, el TPM, es una estrategia para lograr un mayor compromiso, no solo de los altos directivos sino también de todos los empleados de la empresa.

La implantación de TPM en una nueva industria que desconoce estas técnicas no es fácil, puesto que debe lograrse el compromiso total de toda la plantilla contratada, la aceptación de unas normas estrictas de calidad y la revisión periódica de cada uno de los equipos o máquinas utilizadas en el proceso de producción.

La implantación y el cumplimiento del TPM dentro de la industria otorga grandes beneficios. En primer lugar, consigue optimizar al máximo los procesos de producción de cualquier industria, aumentando los beneficios económicos y ampliando el margen de beneficios por cada producto fabricado. Además de lograr una máxima motivación del personal vinculado a cualquier proceso. También cuenta con la ventaja de evitar averías graves que aumenten los costos y detengan la producción. Esto es posible gracias a un mantenimiento periódico y estructurado que cubre todos los aspectos necesarios para tener certeza de que las máquinas están operando con normalidad.

En resumen, la idea fundamental de Mantenimiento Productivo Total también denominado TPM (del inglés Total Productive Maintenance) es conseguir que dentro de la producción no existan averías ni tiempos muertos, que no existan defectos en los productos finales debido a un deterioro de los equipos y sobre todo no tener pérdidas en el rendimiento o en la capacidad de abastecimiento por causas de las maquinas involucradas en los procesos productivos. En la *Figura 1* se muestra un diagrama del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y a continuación se explican sus pilares.

**Figura 1.** Diagrama TPM



Existen ocho pilares fundamentales dentro del TPM que marcan las normas y las directrices a seguir dentro de la empresa para lograr que su aplicación sea eficaz.

1. Mejoras Enfocadas: La primera opción es llegar a la raíz del problema, llegando al fallo de una manera planificada y midiendo los tiempos.
2. Mantenimiento Autónomo: Intentar alargar la vida al equipo lo máximo posible con la ayuda del operario que mantenga y limpie la máquina continuamente.

3. Mantenimiento planeado o planificado: Es este apartado entran todos los tipos de mantenimiento preventivo aplicables a las diferentes máquinas o equipos.
4. Mantenimiento de Calidad: Tener presentes las normas de calidad necesarias y aplicarlas para que todos los procesos se desarrollen con normalidad.
5. Prevención del Mantenimiento: Buscar equipos que puedan ser susceptibles de fácil mantenimiento, para conseguir alargar al máximo su vida útil.
6. Mantenimiento áreas soporte: Es llevar el mantenimiento de la manera administrativa correcta, quedando todas las tareas y procesos documentados con exactitud.
7. Polivalencia y desarrollo de habilidades: Conseguir que todo el personal aprenda el funcionamiento global y específico de cada elemento que interviene en el proceso de producción, logrando con esto la no dependencia de personas
8. Seguridad y Medio Ambiente: Se deben cumplir todas las normativas vigentes de seguridad y medio ambiente que cada gobierno exija.

## **5.2 HERRAMIENTAS 5S**

Para Siderar (1995) El movimiento “5S”, originado en Japón, es una herramienta que desarrolla una nueva manera de realizar las tareas en una organización. Esta nueva forma produce un cambio que genera beneficios, así como las condiciones para implantar modernas técnicas de gestión.

El nombre - Las “5S” - proviene de las palabras que lo caracterizan, las cuales, en la transcripción fonética de los ideogramas japoneses al alfabeto latino, comienzan con “S”, ellas son:

SEIRI – SEPARAR Mantener sólo lo necesario para realizar las tareas.

SEITON – ORDENAR Mantener las herramientas y equipos en condiciones de fácil utilización.

SEISO – LIMPIAR Mantener limpios los lugares de trabajo, las herramientas y los equipos.

SEIKETSU – ESTANDARIZAR. Mantener y mejorar los logros obtenidos.

SEIKETSUKE – AUTODISCIPLINA Cumplimiento de las normas establecidas.

Las tres primeras palabras implican acciones bien conocidas. Más aún, muchas personas las practican en forma individual. La diferencia de esta propuesta es su aplicación grupal.

En su implementación cada grupo determina qué es lo necesario para realizar las tareas (1ra. “S”), cómo se ordena lo necesario (2da. “S”) y cómo se mantienen limpios y en buenas condiciones de uso los lugares de trabajo, equipos, etc. (3ra. “S”).

Para decidir la acción a encarar y concretarla, los miembros del grupo negocian para lograr acuerdos. Esto establece una comunicación activa que permite el intercambio de experiencias, aportando ideas para hallar una solución compatible con sus requerimientos.

### **5.3 MÁQUINAS DE ALCE Y BOMBEO**

#### **5.3.1 Torre grúa**

Es un aparato de elevación de funcionamiento discontinuo, destinado a elevar y distribuir las cargas mediante un gancho suspendido de un cable, desplazándose por un carro a lo largo de una pluma.

La grúa es orientable y su soporte giratorio se monta sobre la parte superior de una torre vertical, cuya parte inferior se une a la base de la grúa. La grúa torre suele ser de instalación temporal, y está concebida para soportar frecuentes montajes y desmontajes, así como traslados entre distintos emplazamientos. Se utiliza sobre todo en las obras de construcción.

Está constituida esencialmente por una torre metálica, con un brazo horizontal giratorio, y los motores de orientación, elevación y distribución o traslación de la carga.

### **5.3.2 Mástil**

Consiste en una estructura de celosía metálica de sección normalmente cuadrada, cuya principal misión es dotar a la grúa de altura suficiente. Normalmente está formada por módulos de celosía que facilitan el transporte de la grúa. Para el montaje se unirán estos módulos, mediante tornillos, llegando todos unidos a la altura proyectada. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y altura.

En la parte superior del mástil se sitúa la zona giratoria que aporta a la grúa un movimiento de 360° horizontales. También, según el modelo puede disponer de una cabina para su manejo por parte de un operario. Para el acceso de operarios dispondrá de una escala metálica fijada a la estructura.

### **5.3.3 Flecha**

Es una estructura de celosía metálica de sección normalmente triangular, cuya principal misión es dotar a la grúa del radio o alcance necesario. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y longitud. También se le suele llamar pluma. Al igual que el mástil suele tener una estructura modular para facilitar su transporte.

Para desplazarse el personal especializado durante los trabajos de montaje, revisión y mantenimiento a lo largo de la flecha dispondrá de un elemento longitudinal, cable fiador, al que se pueda sujetar el mosquetón del cinturón de seguridad.

#### **5.3.4 Contra flecha**

La longitud de la contra flecha oscila entre el 30 y el 35 % de la longitud de la pluma. Al final de la contra flecha se colocan los contrapesos. Está unido al mástil en la zona opuesta a la unión con la flecha. Está formada una base robusta formada por varios perfiles metálicos, formando encima de ellos una especie de pasarela para facilitar el paso del personal desde el mástil hasta los contrapesos. Las secciones de los perfiles dependerán de los contrapesos que se van a colocar.

#### **5.3.5 Contrapeso**

Son estructuras de hormigón prefabricado que se colocan para estabilizar el peso y la inercia que se produce en la flecha grúa. Deben estabilizar la grúa tanto en reposo como en funcionamiento. Tanto estos bloques como los que forman el lastre deben de llevar identificado su peso de forma legible e indeleble.

#### **5.3.6 Lastre**

Puede estar formado por una zapata enterrada o bien por varias piezas de hormigón prefabricado en la base de la grúa. Su misión es estabilizar la grúa frente al peso propio, al peso que pueda trasladar y a las condiciones ambientales adversas (viento).

### **5.3.7 Carro**

Consiste en un carro que se mueve a lo largo de la flecha a través de unos carriles. Este movimiento da la maniobrabilidad necesaria en la grúa. Es metálico de forma que soporte el peso a levantar.

### **5.3.8 Cables y gancho**

El cable de elevación es una de las partes más delicadas de la grúa y, para que dé un rendimiento adecuado, es preciso que sea usado y mantenido correctamente. Debe estar perfectamente tensado y se hará un seguimiento periódico para que, durante su enrollamiento en el tambor no se entrecruce, ya que daría lugar a aplastamientos.

El gancho irá provisto de un dispositivo que permite la fácil entrada de cables de las eslingas y estrobos, y de forma automática los retenga impidiendo su salida si no se actúa manualmente.

### **5.3.9 Motores**

La grúa más genérica está formada por cuatro motores eléctricos:

-*Motor de elevación*: permite el movimiento vertical de la carga.

-*Motor de distribución*: da el movimiento del carro a lo largo de la pluma.

-*Motor de orientación*: permite el giro de 360°, en el plano horizontal, de la estructura superior de la grúa.

-*Motor de translación*: desplazamiento de la grúa, en su conjunto, sobre carriles.

Para realizar este movimiento es necesario que la grúa este en reposo.

### **5.3.10 Malacates**

Un malacate es un equipo de seguridad diseñado para transportar verticalmente materiales durante una construcción u obras con altura importante, obras de minería y túneles.

Algunos malacates tienen dispositivos de seguridad que permiten el transporte de personas, pero generalmente, son piezas que contiene un tambor donde se enrolla un cable de acero, un embrague, una transmisión y estos son fijados a una superficie o vehículo.

La longitud del cable es esencial, pues como mínimo debe tener 20 metros, pero los más recomendables son los 40 o 50 metros.

### **5.3.11 Bomba hidráulica**

Es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada, en energía del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel.

### **5.3.12 Autobomba**

Como su nombre lo indica, es un sistema automático de bombeo de concreto, el cual consta de una bomba montada sobre un chasis de un vehículo, que funciona bajo el mismo principio de hidráulica de la bomba estacionaria, la cual tiene un brazo con su propia tubería, operada normalmente con control remoto el cual se ubica hasta el sitio de descarga. Este sistema es muy práctico ya que a diferencia de las bombas estacionarias no dependen del armado de la tubería, simplemente se ancla el equipo y por control remoto se ubica el brazo o “boom” del equipo en el sitio requerido de la fundida (Conalquipo, 2014) (Vega Arias, 2006).



#### **5.4 AIA, ARQUITECTOS E INGENIEROS Y ASOCIADOS**

En 1949, el arquitecto Humberto Wills Isaza, el ingeniero civil Julio Omar Córdoba Erazo y el delineante Fernando Jaramillo, tuvieron la iniciativa de fundar en Medellín, Colombia, una compañía de diseño y construcción, aprovechando el acelerado crecimiento y desarrollo de la ciudad de los años 50's.

Basada en los sólidos principios de calidad, cumplimiento y rectitud que habían recibido desde sus estudios en la Escuela de Minas de Antioquia, la empresa fue creciendo en su actividad edificadora, constituyéndose hoy en una sólida organización, preparada para enfrentar complejos desafíos de ingeniería y arquitectura de muy variada naturaleza en los sectores de la edificación e infraestructura. Es una empresa dedicada al diseño arquitectónico, la construcción y estructuración de proyectos de edificación e infraestructura (Arquitectos e Ingenieros Asociados, 2013).

El área que se intervino en la constructora AIA, es el departamento de mantenimiento de maquinaria y equipos del que dependen los dos grupos de máquinas establecidas para la aplicación del TPM. Estos dos grupos son los equipos de elevación y los equipos de bombeo de concreto.

Los equipos de alce están divididos en subgrupos por referencia de las máquinas, se diferencian por la capacidad de carga de cada máquina, la longitud del brazo y la altura autónoma. Estos subgrupos son:

- Torre grúas 426: (existen la #1, #2 y #3)
- Torre grúas 429: (existen la #1 y #2).
- Torre grúa MC 65: (existen la #1 y #2)
- Torre grúa QTZ 80.
- Torre grúa 4212B
- Torre grúa J24
- Malacate Dorcoha: (existen el #1, #2 y #3)

- Malacate doble cabina GJJ

Los equipos de bombeo están divididos por marcas de las máquinas y capacidad de bombeo, las características de funcionamiento y diseño de las máquinas son similares. En este momento la empresa cuenta con:

- Cinco bombas de concreto de la marca putzmeister.
- Tres shwing (WP 1000, SP 1000, BP 650).
- Una Sany.

## **6 METODOLOGÍA**

La población del estudio fue el departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA, ubicada en el kilómetro 24 vía Bello-Hatillo del municipio de Girardota, departamento de Antioquia. La muestra fue realizada en el área de mantenimiento de los equipos de alce y bombeo de concreto.

Para poner en marcha el proyecto, fue necesario utilizar las técnicas principales en el estudio del trabajo, con el fin de que su aplicación a los procesos de la empresa generara el análisis necesario para obtener las mejores propuestas. Posteriormente se cuantificaron dichas mejoras mediante algunos indicadores, los cuales se utilizaron como un paralelo entre la situación actual, con la propuesta y así mostrar todos los beneficios obtenidos.

### **6.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS**

Por medio observaciones se realizó un análisis de los problemas que presentaban los equipos de alce y bombeo de concreto del departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA, con respecto a los tiempos de demora y a los métodos utilizados para luego tomar las medidas necesarias para mejorarlos y volverlos más eficaces y eficientes. Para esto, se tomaron como base las herramientas de control y diagramas de flujo, permitiendo la propuesta de decisiones y estandarización de los procesos.

Para el desarrollo de este estudio se convocó a todos los operarios, personal de mantenimiento y montajes, además del área administrativa para informar sobre las actividades que se iban a implementar en relación al mejoramiento de los procesos, pero también para decidir la metodología a utilizar, a través de una

inspección visual, métodos y tiempos, y de algunas herramientas de control estadístico por las siguientes razones:

- Cada equipo tiene diferentes piezas, material, tamaño, especificaciones técnicas, el tiempo de preparación para su puesta a punto es diferente, se eligió el método por inspección visual ya que el proceso inicial es de verificación y estado de las piezas a intervenir.
- Se realizó un cronometraje para ayudarles a los mecánicos a cuantificar el tiempo perdido para la ubicación de las herramientas.
- Los operarios estuvieron sujetos a largos periodos de tiempo para determinar por medio de la inspección visual los procesos que llevaban a cabo, sin interferir en su desempeño normal de actividades.

## **6.2 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Fuente primaria: con relación a la recolección de información se realizó un estudio de tiempos, y un análisis de los procesos y métodos que generaron los problemas para la puesta a punto de los equipos.

Los siguientes fueron los pasos metodológicos para identificar los problemas de las máquinas:

- Análisis del modelo productivo, utilizando los conceptos de reingeniería de procesos, para disminuir operaciones y recorridos innecesarios.
- Recolección de la información por medio de la toma de tiempos, para realizar análisis comparativos entre los tiempos actuales, y propuestos.
- Estandarización de métodos realizando una secuencia lógica para el mantenimiento.
- Confrontación de resultados entre los tiempos actuales y propuestos.

- Análisis de la disminución de los tiempos, operaciones y por ende los costos de producción.
- Lluvia de ideas, para ver cuál era el problema más incidente en los equipos de alce y bombeo de concreto.
- Espina de pescado, con el fin de detectar el problema que repercute en los equipos.
- Indicadores de gestión que permiten reorganizar el proceso de mantenimiento.
- Fotos.
- Revisiones periódicas de los equipos.
- Opiniones del personal de mantenimiento.
- Visitas periódicas en las obras en donde se encontraban los equipos.
- Verificación de funcionamiento.
- Estado de los elementos de desgaste.
- Calidad de los repuestos.
- Manejo de las normas de seguridad.
- Claridad de las normas ambientales.
- Planificación y control de actividades.
- Estandarización de formatos.
- Planillas de control.
- Verificación del inventario de equipos con sus respectivas piezas.
- Poco seguimiento a la gestión de compras.

### **6.3 ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS DE PARETO.**

Con el fin de identificar los costos asociados a los problemas se realizaron diagramas de Pareto teniendo en cuenta los salarios y mediciones de tiempo.

### 6.3.1 Diagrama de Pareto bombeo de concreto

El diagrama de Pareto permitió mostrar para el departamento de la constructora AIA, el alcance de los costos que tienen los problemas más comunes en las actividades que se refleja en el grupo de mantenimiento.

Se tomaron tiempos en todas las áreas que intervienen con el fin de cuantificar el costo del equipo de mantenimiento y buscar soluciones más asertivas con el fin de disminuir costos de operación y transportes innecesarios.

En la Tabla 1 se relaciona el salario del personal de mantenimiento, que se tuvo en cuenta para realizar la muestra de los costos improductivos del proceso.

**Tabla 1.** Personal de montaje que se tuvo en cuenta para realizar la muestra

Salarios	
Mecánico primero	\$1768850
Operador	\$1274400
Mecánico segundo	\$1274400
Eléctrico	\$1274400
	\$5592050

En la Tabla 2 se relaciona el valor por minuto de este grupo, es de \$97.08 y se cuantificaron los problemas que más incidencia tenían en el departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA.

**Tabla 2.** Datos de las causas de improductividad y costos implicados al mes

Causa	Descripción de los tiempos improductivos	Tiempos improductivos (min)	Costo \$/min	Costo total de la improductividad
A	Demoras en la entrega de	1620	97.08	\$ 157269.6

	materiales			
B	Demoras en los tiempos de ejecución	960	97.08	\$93196.8
C	Exceso de tiempos improductivos	540	97.08	\$52423.2
D	No existe sistema de métodos de trabajo	1920	97.08	\$186393.6
E	Calidad deficiente de la herramienta	420	97.08	\$40773.6
F	Planeación de actividades	1020	97.08	\$99021.6
G	Ausentismo	180	97.08	\$17474.4
H	Calidad de los repuestos	960	97.08	\$93196.8
I	Reprogramación de mantenimiento	840	97.08	\$81547.2
J	Mala comunicación con las obras para mantenimientos programados	720	97.08	\$69897.6

En la Tabla 3 se relacionan los costos totales del tiempo improductivo.

**Tabla 3.** Datos de las causas ordenadas y respectivo porcentaje de incidencia en las pérdidas

Causa	Descripción de los tiempos improductivos	Tiempos improductivos (min)	Costo total de la improductividad
D	No existe sistema de métodos de trabajo	1920	\$186393.6
A	Demoras en la entrega de materiales	1620	\$ 157269.6

F	Planeación de actividades	1020	\$99021.6
H	Calidad de los repuestos	960	\$93196.8
B	Demoras en los tiempos de ejecución	960	\$93196.8
I	Reprogramación de mantenimiento	840	\$81547.2
J	Mala comunicación con las obras para mantenimientos programados	720	\$69897.6
C	Exceso de tiempos improductivos	540	\$52423.2
E	Calidad deficiente de la herramienta	420	\$40773.6
G	Ausentismo	180	\$17474.4

En la Tabla 4 se muestran los valores con que se realizó el diagrama de Pareto

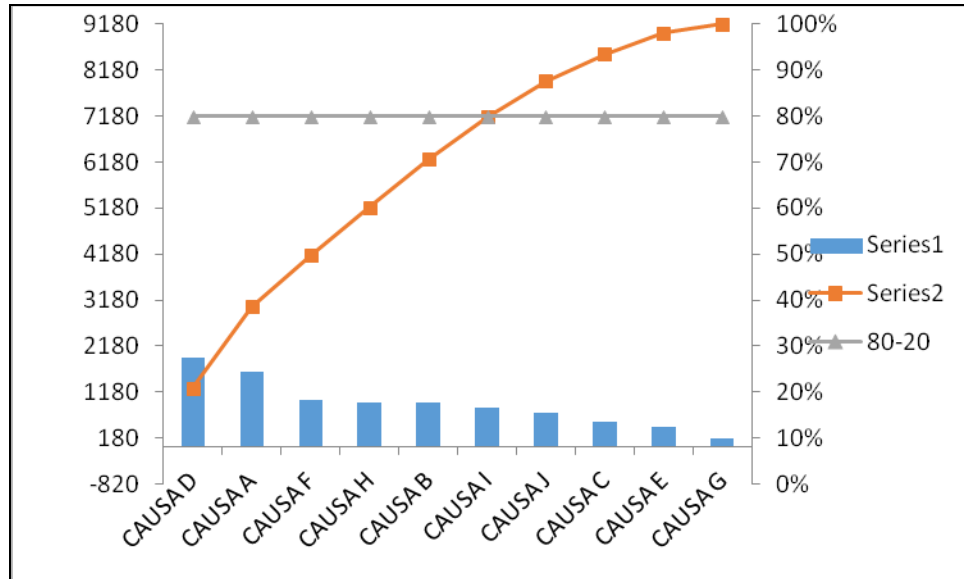
**Tabla 4.** Tabla para realizar el diagrama de Pareto.

CAUSAS	TIEMPO	% Acumulado		80-20
CAUSA D	1920	21%	1920	80%
CAUSA A	1620	39%	3540	80%
CAUSA F	1020	50%	4560	80%
CAUSA H	960	60%	5520	80%
CAUSA B	960	71%	6480	80%
CAUSA I	840	80%	7320	80%
CAUSA J	720	88%	8040	80%
CAUSA C	540	93%	8580	80%
CAUSA E	420	98%	9000	80%
CAUSA G	180	100%	9180	80%



En la *Figura 2* se muestra el diagrama de Pareto con las causas improductivas del proceso de los procesos relacionados a los equipos de bombeo de concreto.

**Figura 2.** Diagrama de Pareto Bombas



### 6.3.2 Diagrama de Pareto para el equipo de alce:

Con este diagrama se pretende mostrar el alcance de los costos que tienen los problemas más comunes en las actividades que realiza el grupo de alce del departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA.

Se tomaron tiempos en todas las áreas que intervienen con el fin de cuantificar el costo del equipo de montajes y buscar soluciones más asertivas con el fin de disminuir costos de operación y transportes innecesarios.

El personal de montajes referenciado en la Tabla 5, fueron quienes se tuvieron en cuenta para realizar la muestra.

**Tabla 5.** Salarios del personal de montajes

Salarios	
Señalero	\$672200

Operador	\$1127440
Jefe de montajes	\$1384600
Soldador segundo	\$1139600
Operador equipo liviano	\$1039500
Eléctrico	\$1274400

Se determinó que el valor por minuto de éste equipo es de \$78.49 y se cuantificaron los problemas que más incidían, como se muestra en la Tabla 6, permitiendo así, visualizar mejor la situación del departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA.

**Tabla 6.** Descripción de los costos por minuto

Causa	Descripción de las causas de los tiempos improductivos	Tiempos improductivos (min)	Costo\$/min	Costo total del tiempo improductivo
A	Demoras en la entrega de materiales	1440	78.49	\$113025.6
B	Demoras en los tiempos de ejecución	1080	78.49	\$84769.2
C	Exceso de tiempos improductivos	1200	78.49	\$94188
D	No existe sistema de métodos de trabajo	720	78.49	\$56512.8
E	Calidad deficiente de la herramienta	480	78.49	\$37672.2
F	Planeación de actividades	1200	78.49	\$32965.8
G	Ausentismo	960	78.49	\$75350.4
H	Calidad de los repuestos	1080	78.49	\$84769.2

I	Reprogramación de montajes	840	78.49	\$65931.6
J	Mala comunicación con las obras para mantenimientos programados	300	78.49	\$23547

**Tabla 7.** Tabla organizada de los costos más elevados.

Causa	Costo total de los tiempos improductivos en orden	Costo total acumulado	% de costo total	% de costo total acumulado
A	113025.6	\$113025.6	16.9	16.9
C	94188	\$207213.6	14	30.9
B	84769.2	\$291982.8	12.67	43.16
H	84769.2	\$376752	12.67	56.24
G	75350.4	\$452102.4	11.26	67.5
I	65931.6	\$518034	9.85	77.35
D	56512.8	\$574546.8	8.45	85.8
E	37672.2	\$612219	5.63	91.43
F	32965.8	\$645184.8	4.92	96.35
J	23547	\$668731.8	3.52	100

**Tabla 8.** Tabla que involucra los costos más altos con el porcentaje acumulado.

Causa	Cantidad de tiempo improductivo	Costo total de los tiempos improductivos en orden	Costo total acumulado	% de costo total	% de costo total acumulado
A	1440	\$113025.6	\$113025.6	16.9	16.9
C	1200	\$94188	\$207213.6	14	30.9
F	1200	\$84769.2	\$291982.8	12.67	43.16
B	1080	\$84769.2	\$376752	12.67	56.24

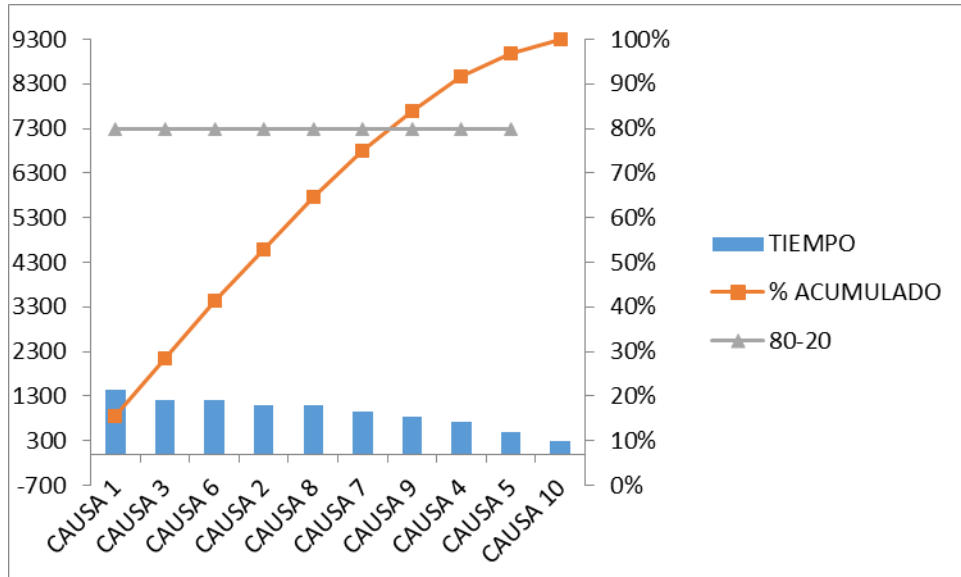
H	1080	\$75350.4	\$452102.4	11.26	67.5
G	960	\$65931.6	\$518034	9.85	77.35
I	840	\$56512.8	\$574546.8	8.45	85.8
E	720	\$37672.2	\$612219	5.63	91.43
D	480	\$32965.8	\$645184.8	4.92	96.35
J	300	23547	668731.8	3.52	100

**Tabla 9.** Tabla para definir el rango para el diagrama de Pareto.

CAUSAS	TIEMPO	% ACUMULADO		80-20
CAUSA 1	1440	15%	1440	80%
CAUSA 3	1200	28%	2640	80%
CAUSA 6	1200	41%	3840	80%
CAUSA 2	1080	53%	4920	80%
CAUSA 8	1080	65%	6000	80%
CAUSA 7	960	75%	6960	80%
CAUSA 9	840	84%	7800	80%
CAUSA 4	720	92%	8520	80%
CAUSA 5	480	97%	9000	80%
CAUSA 10	300	100%	9300	80%

En la Figura 3 se muestra el diagrama de Pareto con las causas improductivas del proceso de los procesos relacionados a los equipos de alce.

**Figura 3.** Diagrama de Pareto equipos de alce.



#### 6.4 Verificación por indicadores de gestión

Después de realizar las listas de problemas en los diferentes grupos que conforman el equipo de bombeo (operadores y personal técnico) se identificaron las posibles soluciones utilizando la información recopilada.

Según la propuesta de Tavares (2014), Para facilitar la evaluación de las actividades del mantenimiento, permitir tomar decisiones y establecer metas, deben ser creados informes concisos y específicos formados por tablas de índices, algunos de los cuales deben ir acompañados de sus respectivos gráficos, proyectados para un fácil análisis y adecuado a cada nivel de gestión.

Para realizar la verificación por indicadores de gestión se realizó una comparación del proceso que antes se realizaba en el departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA con el proceso actual.

Los indicadores utilizados fueron:

- Indicador de disponibilidad en el cual se realizó una comparación entre el tiempo total de operación de cada uno y la suma de éste tiempo con respecto al tiempo total de mantenimiento en el periodo considerado. Se presenta en porcentaje.
- Indicador de mantenibilidad, es la relación que existe entre el tiempo promedio entre falla, dividido la suma del tiempo promedio para reparar y el tiempo promedio entre falla. Se da en porcentaje.
- Indicador de confiabilidad, es la diferencia entre el tiempo de funcionamiento programado y el tiempo de mantenimiento correctivo dividido el tiempo de funcionamiento programado.

## 6.5 Cálculo de indicadores de gestión.

Para la realización de los indicadores de gestión se utilizaron las siguientes formulas:

Disponibilidad = mensual

Promedio de horas de trabajo

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\sum \text{HROP}}{\sum \text{HROP} + \text{HTMN}} \times 100\%$$

HROP= Tiempo total de operación.

HTMN= Tiempo total de mantenimiento.

Se tienen 24 horas de trabajo a la semana por cada máquina por 4 semanas que tienen el igual de 588 horas disponibles de trabajo.

Mantenimiento correctivo = 168 horas (6 x4 x7).

Mantenimiento preventivo = 42 horas (6 horas x 42 máquinas).

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{588}{798} \times 100\%$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \mathbf{73,68\%}$$

$$\text{ACTUAL} = \frac{588}{42+48+588}$$

$$\text{ACTUAL} = \frac{588}{678} \times 100\%$$

$$\text{ACTUAL} = \mathbf{86,7257\%}$$

## 7 RESULTADOS

### 7.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS EN EQUIPOS DE ALCE ESTACIONARIO

En la

Tabla 10 se presenta un cuadro comparativo de los problemas identificados y sus causas en los equipos de alce estacionario, en donde se evidencian los problemas en la parte motriz que con más frecuencia se presentaban según las verificaciones con el operador y reportes periódicos que se realizaban por medio de llamadas telefónicas y las visitas de verificación por parte de personal técnico a las obras.

**Tabla 10.** Cuadro comparativo problema – causa en el equipo motriz de los equipos de alce estacionario

<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSA</b>
Fugas de aceite del reductor.	Falta de mantenimiento, repuestos de mala calidad, mano de obra.
Falta de lubricación del cable.	Descuido del operador, falta de verificación del personal técnico
Caída de objetos que ocasionan daños en el equipo.	Número elevado de personas trabajando alrededor del equipo
Ingreso de personal no autorizado a ésta zona.	No se tenían barreras de protección
Daños en los rodamientos del reductor.	No se tenía una frecuencia de mantenimiento, falta de lubricación
Cable de alce con desprendimiento de torones o pérdida de diámetro por elongación.	No había una tabla de cargas establecidas, falta de mantenimiento



Desalineación del carro de avance.	Falta de mantenimiento de los rolex
Diagnósticos de problemas herrados.	Los operadores no conocían las partes que compone el equipo
Fallas en la tarjeta de control de giro del brazo y contra brazo.	no existían líneas de protección a tierra
Desalineación del cable de alce.	No se realizaba mantenimiento a las poleas guía
Falta de lubricación en la corona de giro.	Descuido del operador, falta de verificación del personal técnico y no había planeación de mantenimiento

En la Tabla 11 se presenta un cuadro comparativo de los problemas y causas del sistema eléctrico de los sistemas de alce según verificaciones realizadas por el operador.

**Tabla 11.** Cuadro comparativo problema – causa en el sistema eléctrico

PROBLEMA	CAUSA
Caídas de voltaje frecuentes en el sistema de entrada y salida del transformador.	No existía una planeación antes de la puesta a punto del equipo.
Falta de mantenimiento del transformador.	No existía una planeación de actividades para éste equipo.
Falta de limpieza de los contactores de control.	Faltaban rutinas periódicas de mantenimiento
No existe un sistema de protección del polo a tierra establecido.	No se tenía claro cómo colocar la puesta a tierra del equipo.
En algunas zonas hay exceso de tormentas eléctricas lo que genera estática en el sistema eléctrico y daños	No se tenía claro cómo colocar la puesta a tierra del equipo para la protección y descarga de la estática

en la tarjeta de control.	generada
El tablero de control no estaba bien aislado de la intemperie.	Faltaban mejorar los procesos de protección
Cuando no existe sistema regulado de voltaje, se acondicionan plantas de eléctricas que al no tener un regulador estable de voltaje presentan caídas de tensiones que provocan daños en los contactores y en el sistema de mandos.	Se colocaban las líneas de alimentación del equipo directamente a la planta generadora de voltaje
Falta de conocimiento de las referencias de los contactores que controlan el sistema.	El operador no contaba con la capacitación necesaria para identificar las piezas
Los operadores no tenían un kit básico de herramientas.	Por falta de conocimiento acerca de las actividades que puede realizar

En la Tabla 12 se muestran los problemas y las causas que más ocurrían en el sistema estructural de los equipos de alce estacionario observadas durante el estudio realizado.

**Tabla 12.** Cuadro comparativo problema – causa en el sistema estructural

PROBLEMA	CAUSA
Exceso de vibración.	Desajuste de los elementos de fijación, demoras en la programación de mantenimiento
Desajuste de tornillos.	Demoras de programación de mantenimiento preventivo, descuido del operador

Pérdida de nivelación de la base.	Problemas estructurales de diseño
Estructuras reventadas (con frecuencia en los malacates).	Exceso de vibración y descuido del operador que incide en choques de la estructura
No hay un kit de herramientas básicas.	Por falta de conocimiento de la actividad a realizar

En la Tabla 13 tabla se muestran los problemas y las causas que existieran en la estructura organizacional del departamento de equipos de la constructora AIA.

**Tabla 13.** Cuadro comparativo problema – causa en la planeación

PROBLEMA	CAUSA
Desplazamientos muy largos para diagnóstico de fallas.	Falta de conocimiento de los operadores de los elementos que componen el equipo
Falta de conocimiento de las partes que componen la torre grúa.	No tienen capacitación en mantenimiento autónomo
Paros inesperados.	Debido a la calidad de los repuestos
Mucha rotación del personal.	Los tipos de contrato que realiza la empresa es por tres meses
Mala comunicación entre el operador y el aparejador.	Daños constantes en el radio de comunicación
Demoras en la toma de decisiones.	Falta de planeación de actividades
Mala programación en las actividades de mantenimiento.	Olvidos permanentes de la coordinación técnica y muy mala comunicación con el equipo de trabajo
Demoras en la consecución de repuestos.	Falta de gestión del personal de compras

Compra de repuestos de mala calidad.	Falta de criterios de decisión de la coordinación técnica con el departamento de compras
Jornadas de trabajo muy largas.	Falta de planificación de las obras
Falta de stock de repuestos.	Poca gestión del departamento de compras
Falta de capacitación del personal operativo.	No existe un cronograma de actividades de capacitación
Mala programación por parte de la obra para realizar el mantenimiento preventivo.	Falta de planificación de las obras
No existe un control de seguimiento a los equipos.	No se realizan visitas de verificación y control en las obras
Hacer caso omiso a las observaciones realizadas en las listas de chequeo.	La información solo la recibe una persona a la cual no se le verifica si tiene en cuenta o no las observaciones realizadas por los operadores acerca de fallas encontradas en el equipo

## 7.2 PROBLEMAS IDENTIFICADOS EN EQUIPOS DE BOMBEO ESTACIONARIO

Estos equipos están divididos por marcas de las máquinas y capacidad de bombeo.

Las características de funcionamiento y diseño son similares.

- Capacidad nominal 30 metros cúbicos\*hora
- Máxima potencia 1150 psi
- Peso de la máquina sin fluidos 2500 Kg

- Distancia máxima de bombeo en forma horizontal 350 m
- Distancia máxima de bombeo en forma vertical 122 m
- Capacidad del tanque de combustible 98 litros.
- Tipo de combustible ACPM

En la Tabla 14 se muestran los problemas más frecuentes en los equipos de bombeo, de acuerdo a las observaciones que el operador realizó y luego de informar al departamento técnico.

**Tabla 14.** Cuadro comparativo problema – causa en el sistema hidráulico – Bombeo estacionario.

PROBLEMA	CAUSA
Daños en el sistema hidráulico.	Falta de mantenimiento, exceso de presión del sistema
Fisuras en las mangueras de conducción del aceite hidráulico.	Exceso de presión del sistema, descuido del operador
Recalentamiento del sistema de control.	Falta de mantenimiento
Calidad en el aceite.	Pérdida de presión del sistema
Bajo nivel de aceite	Descuido del operador, calidad del aceite
Bloqueo de las bombas de control.	Falta de mantenimiento
Humedad relativa en el aceite.	Falta de mantenimiento
Fugas en el sistema (gatos, mangueras, motores).	Falta de mantenimiento

En la Tabla 15 se muestran los problemas y las causas durante el bombeo de concreto.

**Tabla 15.** Cuadro comparativo problema – causa en el sistema mecánico y de transporte de concreto

PROBLEMA	CAUSA
Mala dosificación del concreto.	Recalentamiento y obstrucción de la tubería
Concretos no bombeables.	Recalentamiento del motor
Desgaste en la tubería de transporte.	Pérdida de presión del sistema
Consumibles demasiado gastados (placa gafas, aro de corte, aro de presión, Conos herméticos, etc.).	Pérdida de presión del sistema
Mal diseño del recorrido de transporte del concreto.	Pérdida de presión de sistema recalentamiento de motor
Mala fijación de la tubería de transporte.	Pérdida de presión de sistema recalentamiento de motor
Combustible sucio o con exceso de humedad.	Daños en el sistema de inyección de combustible
Obras con mucha contaminación ambiental (polución	Pérdida de eficiencia de la máquina
Terrenos no nivelados.	Mala lubricación del motor
Calidad de los repuestos.	Desplazamientos más continuos de personal y pérdida de presión
Exceso de vibración en el sistema de bombeo.	Desajuste de piezas
Caída de presión en el sistema por taponamientos de la tubería.	Mal diseño del concreto

Mala regulación de las RPM de trabajo.	Falta de capacitación del operador
Sistemas de refrigeración en mal estado.	Falta de mantenimiento preventivo

En la Tabla 16 se muestran las deficiencias presentadas por el sistema eléctrico de los equipos de bombeo cuando están en funcionamiento.

**Tabla 16.** Cuadro comparativo problema – causa en el sistema eléctrico – Bombeo estacionario

PROBLEMA	CAUSA
No conocer el sistema básico de control.	Falta de conocimiento sobre el mantenimiento autónomo
Mal estado de los bornes de la batería.	Falta de conocimiento sobre el mantenimiento autónomo
Arranque del motor en mal estado.	Para de la máquina
Mala regulación del alternador.	Deficiencia de la carga de la batería
Mal estado de los fusibles.	Trabajo deficiente de la máquina
Ventilador en mal estado.	Recalentamiento del motor

En la Tabla 17 se exponen los problemas que por falta de planeación retrasaban la operación de la máquina.

**Tabla 17.** Cuadro comparativo problema – causa en la planeación. Bombeo estacionario

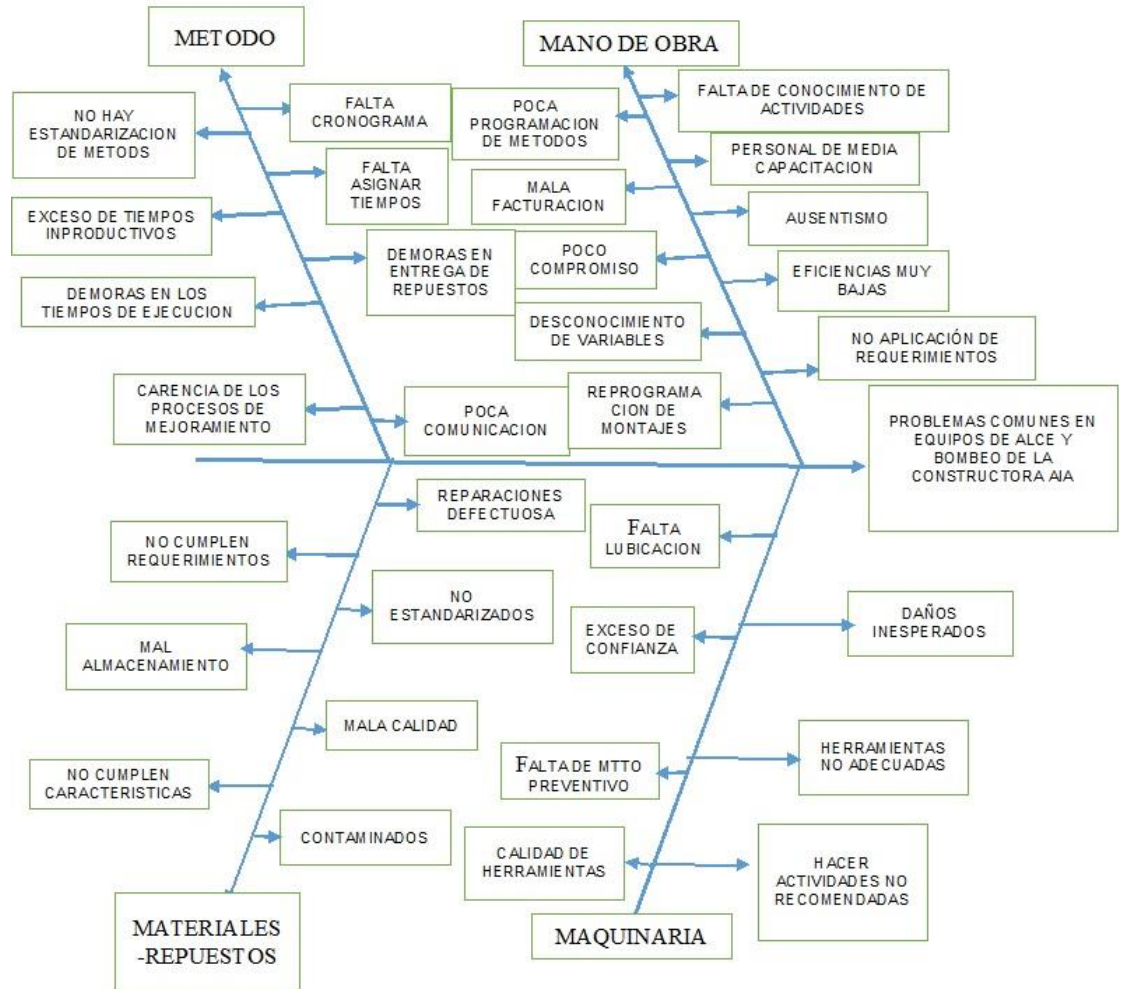
PROBLEMA	CAUSA
Mano de obra no calificada.	Daños inesperados en las máquinas
Variedad de operadores en las obras.	Daños inesperados en las máquinas
Falta de planificación en las obras para realizar el mantenimiento preventivo.	Daños inesperados en las máquinas

Diagnósticos herrados.	Desplazamiento de personal poco efectivos
Bombeos de concreto muy largos (tiempo).	Recalentamiento del sistema
Demoras en la secuencia de llegada de los carros surtidores del concreto premezclado.	Obstrucción de la tubería
Poco stock de repuestos.	Demoras para habilitar el equipo
Desplazamientos muy largos para revisión del equipo.	No ser asertivos en el diagnóstico
Hacer caso omiso a las observaciones de chequeo.	Mala programación del mantenimiento
Información herrada en los diagnósticos de chequeo.	Falta de conocimiento de las partes que componen el equipo
Falta de capacitación a los operadores en las actividades de mantenimiento autónomo.	No ser asertivos en el diagnóstico
Las máquinas no cuentan con un kit de emergencia.	Obstrucción de la tubería
Toma de decisiones herradas.	Demoras para habilitar el equipo
Mala comunicación con todo el personal que interviene en la operación y manejo del equipo.	Demora la planeación y ejecución de actividades
No se realizan actividades de acuerdo a los cronogramas de mantenimiento.	Demora la planeación y ejecución de actividades
Se realizan desplazamientos innecesarios del personal.	No ser asertivos en el diagnóstico

Finalmente en la *Figura 4* se muestra un diagrama causa-efecto que describe los problemas que afectan los equipos de alce y bombeo de concreto del departamento de maquinaria y equipos de la constructora



**Figura 4.** Diagrama causa efecto para identificación de problemas.



### 7.3 POSIBLES SOLUCIONES SISTEMAS DE ALCE

Teniendo en cuenta la lista de problemas anteriormente redactados y con la ayuda del personal operativo y técnico, se dan las posibles soluciones a éstos.

En el equipo motriz:

- Entrenar a los operadores a detectar ruidos extraños son una buena base para el diagnóstico de problemas.
- Capacitar el personal operativo en las actividades correspondientes al mantenimiento autónomo.
- Dar las bases para una lubricación efectiva tanto a los operadores como a los aparejadores.
- Enseñarles a realizar una revisión efectiva y eficaz del cable de alce y de carro de avance o carro coche.
- Realizar listas de chequeo para verificar el funcionamiento de cada elemento que compone el sistema motriz.
- Tener la autonomía de si existe algún riesgo en el equipo decidir si se debe o no parar la torre grúa y pedir apoyo al área técnica.
- Tensión periódica del sistema de frenos.

En el sistema de control eléctrico:

- Revisiones periódicas del sistema de control.
- Limpieza de los contactores.
- Revisar que la puesta a tierra este bien ajustada.
- Informar cualquier anomalía que presente el funcionamiento de la torre grúa.
- Tener clara la referencia de los contactores que intervienen en el circuito de control.
- Antes de cada actividad que se realice en el tablero eléctrico (limpieza o verificación), debe estar éste des energizado
- Conocer la ubicación de breacker de control.
- Identificar en la obra las personas que realizan la labor de eléctricos e informar cualquier tipo de anomalía.
- Mejorar la comunicación con el departamento de mantenimiento de la empresa AIA.

En el sistema estructural:

- Revisión periódica del ajuste de los tornillos y pasadores.
- Tener presente el exceso de vibración del sistema.
- Informar inmediatamente si hay alguna estructura reventada.
- Estar alerta a los movimientos bruscos de la estructura.
- Verificar periódicamente el nivel de la base y la estructura.

En la planeación:

- Capacitar al personal operativo en actividades del mantenimiento autónomo.
- Ser más asertivos en la toma de decisiones.
- Involucrar a más personas en la toma de decisiones.
- Mejorar la programación en espacio y tiempo con las obras para realizar el mantenimiento preventivo.
- Disponer del personal técnico necesario para atender los problemas que puedan surgir.
- Dar respuestas prontas a los problemas que se puedan presentar.
- Revisar la política interna para la compra de repuestos.
- Mejorar el inventario de repuestos.
- Mejorar la comunicación entre operadores y el área técnica.
- Dotar a cada grúa con un kit básico de herramientas.
- Mejorar las jornadas de trabajo con el fin de disminuir el estrés laboral.
- Revisar las listas de chequeo para que éstas sean más efectivas.
- Realizar visitas periódicas para verificar condiciones de trabajo de la máquina y el operador.
- Informar con anticipación movimientos programados del personal.

## 7.4 POSIBLES SOLUCIONES SISTEMAS DE BOMBEO

En el sistema hidráulico.

- Dotar a cada máquina con un kit de herramientas.
- Revisión más detallada de cada parte que compone el circuito hidráulico.
- Verificar la corrección de fugas.
- Reconocer el funcionamiento de las válvulas de control.
- Realizar drenajes periódicos al depósito del aceite con el fin de eliminar la humedad.
- Dotar las máquinas con un kit de mangueras.
- Reajustar las mangueras que por exceso de vibración se pueden aflojar.
- Realizar controles periódicos del nivel de aceite hidráulico.

En el sistema mecánico y de transporte:

- Mejorar la calidad de los consumibles.
- Diseñar el paso de la tubería con el fin de evitar el máximo de curvas que ayudan a la pérdida de la presión del sistema.
- Mejorar la calidad del concreto.
- Controlar la temperatura del motor diésel.
- Tener presente el mantenimiento preventivo del motor diésel.
- Dotar a la máquina con un kit de filtros adicional ya que existen contaminantes muy fuertes y hay que cambiarlos antes de tiempo.
- Colocar en las máquinas un filtro especial de combustible con el fin de evitar daños en la bomba de inyección.

En el sistema eléctrico:

- Capacitar a los operadores en las actividades básicas de mantenimiento eléctrico.

- Dotar el equipo de fusibles que son los que interrumpen el sistema de control.
- Verificar que las tarjetas de control no se recalienten.
- Dotar la máquina de un kit de emergencia, ya que si ocurre un daño severo pueda terminar el vaciado de concreto.
- Organizar los sistemas de control eléctrico con el fin de evitar paras inesperadas del equipo.

En la planeación:

- Capacitar a los operadores en actividades el mantenimiento autónomo.
- Implementar las listas de chequeo para verificar el funcionamiento de las partes que componen el equipo.
- Capacitar a los operadores sobre cómo se realizan las listas de chequeo.
- Replantear los tiempos para el mantenimiento de las máquinas.
- Mejorar la comunicación entre el personal operativo y la oficina técnica.
- Disponer de personal técnico para solucionar problemas inesperados.
- Planear los tiempos de la máquina para realizar inspecciones y verificar el mantenimiento preventivo.
- Mejorar la política interna para la compra de repuestos.
- Realizar visitas periódicas de verificación del manejo del equipo como tal.
- Mejorar el control de la calidad del concreto a bombear.
- Antes de entregar el equipo en la obra, diseñar la red de circulación de la tubería y evitar el máximo de curvas, ya que ahí es donde hay mayor restricción de presión.
- Revisar periódicamente en campo la diferencia de espesores de la tubería.
- Si el ambiente es muy contaminado, programar mantenimiento más frecuente de los filtros de aire y combustible para evitar daños en el sistema de inyección.

## 7.5 PILAR MEJORAS ENFOCADAS

En este pilar se muestran las mejoras que se realizaron a todo el sistema que involucra la parte de mantenimiento, desde el almacenamiento de los combustibles, planeación de mantenimiento, personal técnico, organización de formatos, hasta la compra de repuestos.

Los objetivos que se pretendieron obtener con este pilar fueron.

- Eliminar radicalmente las causas de las pérdidas crónicas.
- Mejorar el conocimiento de los procesos mediante el análisis y solución de problemas en forma continua.
- Involucrar al todo el personal de la empresa en acciones de mejora individual y grupal.
- Mejorar la eficiencia del trabajo humano.
- Mejorar la comunicación en todos los niveles del grupo de trabajo.

Alcance deseado:

Según el TPM las principales técnicas atacadas por el pilar de mejora enfocada aplicadas al departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA en los equipos de alce y bombeo de concreto son:

- Pérdida por falla de máquina.
- Pérdida de tiempo por parada corta.
- Pérdida por defecto del proceso.
- Pérdida de energía.
- Pérdida por defectos de calidad.
- Pérdida de fugas y derrames.
- Pérdidas de trabajo manual.
- Pérdidas en transportes innecesarios.
- Pérdida de tiempos por falta de información.
- Pérdida de recursos por falta de planeación.

Para realizar un buen desarrollo del trabajo con éste pilar, se debió calcular los siguientes indicadores relacionados con producción:

- Aumento de la productividad personal y de equipos.
- Reducción de costos: energía y mantenimiento.
- Seguridad: reducción de accidentes e incidentes.
- Reducción de la tasa de defectos de procesos.
- Verificar el estado del mantenimiento en que se encuentran los equipos.
- Mejorar la trazabilidad de los repuestos.
- Reduce los transportes del personal.
- Reprogramar alguna actividad de mantenimiento.
- Mejorar la calidad ambiental del sitio de trabajo.

Para poder lograr cumplir con éstas propuestas, se trazo seguir una ruta de trabajo para el desarrollo de actividades que se realizon a través de siete pasos. Éstos son:

**Paso 1.** Selección del tema de estudio.

El tema de estudio puede seleccionarse empleando diferentes criterios:

- Objetivos superiores de la dirección industrial.
- Problemas de calidad y entregas al cliente.
- Criterios organizativos.
- Posibilidades de replicación en otras áreas de la planta.
- Relación con otros procesos de mejora continúa.
- Mejoras significativas para construir capacidades competitivas desde la planta.
- Factores innovadores y otros.

Es necesario que siempre participen todas las áreas involucradas en el proceso de mantenimiento tales como directores, coordinadores, personal técnico, compras, operadores, ambiental, salud y seguridad en el trabajo, calidad ya que el éxito de

las mejoras enfocadas radica en una adecuada gestión del trabajo en equipo.

**Paso 2.** Crear la estructura para el proyecto

La estructura frecuentemente utilizada es la del equipo interfuncional.

**Paso 3.** Identificar la situación actual y formular objetivos

Es necesario un análisis del problema en forma general y se identifican las pérdidas principales asociadas con el problema seleccionado.

Se debe recoger o procesar la información sobre averías, fallos, reparaciones y otras estadísticas.

Sobre las pérdidas por problemas de calidad, energía, análisis de capacidad de proceso

de los tiempos de operación para identificar los cuellos de botella, paradas, entre otros.

Se debe presentar en forma gráfica y estratificada para facilitar su interpretación y el diagnóstico del problema.

Una vez establecidos los temas de estudio es necesario formular objetivos que orienten el esfuerzo de mejora.

Los objetivos deben contener los valores numéricos que se pretenden alcanzar con la realización del proyecto

**Paso 4:** Diagnóstico del problema.

Condiciones básicas que aseguren el funcionamiento apropiado del equipo.

Incluyen: limpieza, lubricación, chequeos de rutina, apriete de tuercas, entre otros.

Eliminación completa de todas aquellas deficiencias y las causas del deterioro acelerado debido a fugas, escapes, contaminación, polvo

Las técnicas analíticas utilizadas con mayor frecuencia en el estudio de los problemas del equipamiento provienen del campo de la calidad.



Las técnicas más empleadas por los equipos de estudio son:

- Método Why&Why conocida como técnica de conocer porqué.
- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFES)
- Análisis de causa primaria
- Método PM o de función de los principios físicos de la avería
- Técnicas de Ingeniería del Valor
- Análisis de datos
- Técnicas tradicionales de Mejora de la Calidad: siete herramientas
- Análisis de flujo y otras técnicas utilizadas en los sistemas de producción Justo a Tiempo como el SMED o cambio rápido de herramientas.

**Paso 5:** Formular plan de acción

Eliminación de las causas críticas.

Incluir alternativas para las posibles acciones, actividades y tareas específicas necesarias para lograr los objetivos formulados por personal especialista o miembros de soporte como ingeniería, proyectos, mantenimiento, operadores del equipo y personal de apoyo rutinario de producción como maquinistas, empacadores, auxiliares

**Paso 6:** Implantar mejoras

Una vez planificadas las acciones con detalle se procede a implantarlas y se necesita de la participación de todas las personas involucradas en el proyecto incluyendo el personal operador.

Las mejoras no deben ser impuestas, se debe consultar y tener en cuenta las opiniones del personal que directa o indirectamente intervienen en el proceso.

**Paso 7:** Evaluar los resultados obtenidos en una mejora y que sean publicados en una cartelera o paneles, esto ayudará a asegurar que cada área controle y verifique en qué estado se encuentra el avance del proyecto.

Para realizar éste pilar se deben utilizar las siguientes herramientas:

- Análisis de los problemas actuales.
- Diagrama de Pareto.
- Diagrama causa-efecto.
- Diagrama de dispersión.

El problema que selecciono el departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA es el de cómo mejorar la calidad de las actividades de mantenimiento.

Debido a que todos los equipos del departamento son para utilizarlos en las diferentes obras de infraestructura de la compañía y además, éstas se encuentran en diferentes sitios de la región o el país, se necesitan realizar estas actividades basadas en el principio kaizen, que se refiere a cero averías y sólo plantea el mantenimiento preventivo.

Anteriormente a los equipos no se les realizaba una trazabilidad en:

- Mantenimiento.
- Tipo de operación.
- Horas de trabajo.
- Daños frecuentes.
- Frecuencias del mantenimiento preventivo.
- Rutina de cambio de piezas.
- Limpieza y pintura de los equipos.
- Etapas de mantenimiento.
- Cronograma de mantenimiento.
- Planeación de actividades referente a éste.
- Recepción y despacho de equipos.
- Planeación del personal a cargo.
- Mala comunicación con el área técnica.

Estos datos se empezaron a recopilar mediante:

- Fotos.
- Revisiones más periódicas de los equipos.
- Opiniones del personal de mantenimiento.
- Visitas periódicas en las obras en donde se encontraban los equipos.
- Verificación de funcionamiento.
- Estado de los elementos de desgaste.
- Calidad de los repuestos.
- Manejo de las normas de seguridad.
- Claridad de las normas ambientales.
- Planificación y control de actividades.
- Estandarización de formatos.
- Planillas de control.
- Verificación del inventario de equipos con sus respectivas piezas.
- Seguimiento más riguroso a la gestión de compras.

En los equipos de alce se proyectaron las siguientes actividades:

- Se mejoro la calidad y la presentación de las tarjetas de control de movimiento del brazo y contra brazo.
- Se protegieron los equipos con una mejor puesta a tierra, fundamental para las descargas eléctricas y evitar el daño que se genera en las tarjetas de control de bazo y contra brazo.
- Además, se realizaron capacitaciones periódicas sobre el manejo seguro de éstos equipos e hizage de cargas y se implementaron las tablas de carga de cada grúa de acuerdo a referencia y longitud de brazo.

En la Figura 5 se muestra el reemplazo de las piezas deformadas por nuevas y de mejor calidad (poleas, rodamientos, engranes, pasadores).

**Figura 5.** Poleas. Imagen tomada en el sitio (2014).



En la Figura 6 se observa la limpieza realizada con el fin de detectar posibles fisuras en la estructura de soporte o mástil y pintura de éste para evitar la corrosión ya que siempre está en contacto con el medio ambiente.

**Figura 6.** Torre grúa y malacate. Imagen tomada en el sitio (2014).





En la Figura 7 se muestran las cabinas de control en donde se ubican los operadores, se les realiza un rediseño estructural para que sean mucho más cómodas y permitan una mejor visibilidad del entorno sobre el cual están manipulando la carga

**Figura 7.** Cabinas de control. Imagen tomada en el sitio (2014).



En la Figura 8 se observa el proceso de mejora que se realiza al cerramiento del malacate y el cambio de piezas defectuosas.

**Figura 8.** Malacates. Imagen tomada en el sitio (2014).



En la Figura 9 se muestra el proceso de limpieza exhaustiva a los transformadores de voltaje, que se realizó con el fin de detectar problemas y además para dejar el equipo en el punto óptimo de trabajo.

**Figura 9.** Transformadores de voltaje. Imagen tomada en el sitio (2014).



- Se evaluó la frecuencia de mantenimiento permitiendo ajustar los cronogramas de actividades que se realizan mensualmente y por catálogo, se recomienda entre 45 hasta 60 días.
- El cronograma ajustado puede ayudar a optimizar los recursos en cuanto a disponibilidad de personal, económico por la disminución de la frecuencia de mantenimiento y transporte y además planear otras actividades.

**Figura 10.** Cables. Fuente: Imagen tomada en el sitio (2014).



- Capacitación a los operadores en mantenimiento autónomo que permitieron reducir gastos de mantenimiento y traslado de personal técnico a las diferentes obras. Además, se tienen diagnósticos más confiables a cerca de la falla que presenta el equipo.
- Se realizaron visitas más periódicas a las obras.
- Se está mejorando el control mediante las lista de chequeo.
- Hay una mejor comunicación entre el área técnica con los operadores y los responsables en obra de los equipos.
- Se revisaron los formatos actuales con el fin de mejorar el chequeo que el operador realiza al equipo.

En la Figura 11 se visualizan las tarjetas de colores implementadas con el fin de que todo el personal de la compañía comprenda el estado actual de la máquina que se encuentra en el área de mantenimiento.

**Figura 11.** Tarjetas de colores que permite visualizar el estado de la maquinaria.

<b>EQUIPO APTO- CONFORME</b>		
TIPO DE EQUIPO:		
SERIE #:		
LOCALIZACIÓN:		
DÍA:	MES:	AÑO:
REALIZADO POR:		
VERIFICADO POR:		

<b>EQUIPO NO CONFORME-EN PROCESO</b>		
TIPO DE EQUIPO:		
SERIE #:		
LOCALIZACIÓN:		
DÍA:	MES:	AÑO:
REALIZADO POR:		
VERIFICADO POR:		



<b>EQUIPO NO CONFORME-EN ESPERA</b>		
OBRA DE PROCEDENCIA:		
TIPO DE EQUIPO:		
SERIE #:		
LOCALIZACIÓN:		
DÍA:	MES:	AÑO:
REALIZADO POR:		
VERIFICADO POR:		

En la parte de almacenamiento de combustibles se reorganizo el área ya que en ésta se almacenan los combustibles usados en el equipo de alce como en el equipo de bombeo con el fin de:

- Reducción de obstáculos.
- Canecas mal almacenadas.
- Clasificar los tipos de aceite
- Procedimientos no adecuados para sacar el lubricante.
- Derrames frecuentes en toda la zona de almacenamiento.
- El cerramiento de madera no adecuado por ser un material combustible.
- El acopio de residuos peligrosos no tenían un área específica.
- Las baterías y pinturas no tenían un sitio específico de almacenamiento.

En la Figura 12 se muestra el diseño de éste espacio, se implementó una mesa de soporte para colocar cuatro canecas de 55 galones las cuales se coloca en sus espacios por medio de una estructura metálica tipo puente con un polipasto de

cadena móvil a través de la estructura para que las personas no realicen sobreesfuerzos para la manipulación de éstas.

Además se acondicionó unas llaves de paso rápido con el fin de evitar derrames en el sitio de almacenamiento.

**Figura 12.** Espacio para la implementación de los procesos. Imagen tomada en el sitio (2014).



En la Figura 13 se evidencia la mejora en la calidad de los elementos de desgaste (placa gafa y aro de corte).

**Figura 13.** Placa gafa y aro de corte. Imagen tomada en el sitio (2014).



En la **Figura 14** se muestra el proceso de revisión del estado de un motor Diésel con el fin de detectar fallas tempranas.

**Figura 14.** Estado del motor Diésel. Imagen tomada en el sitio (2014).



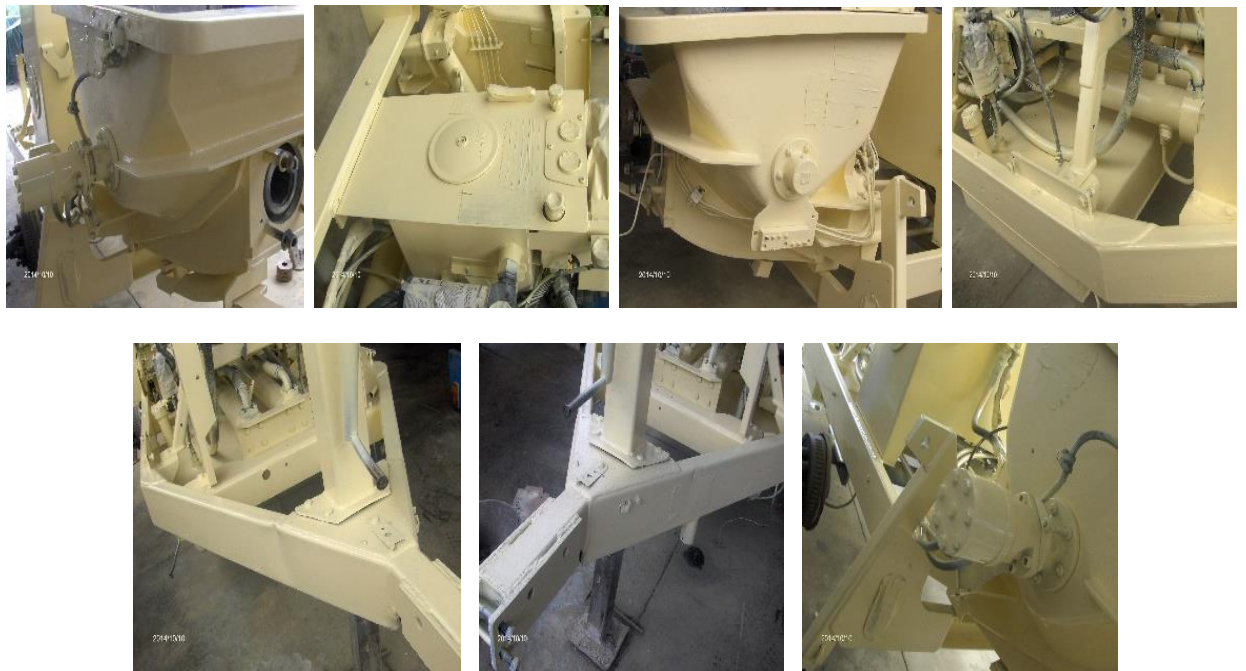
En la Figura 15 se observa el estado en que se recibe la máquina.

**Figura 15.** Estado de la máquina. Imagen tomada en el sitio (2014).



En la Figura 16 se observa la verificación y el estado de las partes de la máquina, realizando una limpieza total de ésta con el fin de detectar posibles fallas y además mejorar el aspecto visual de ésta.

**Figura 16.** Estado de las partes de la máquina. Imagen tomada en el sitio (2014).



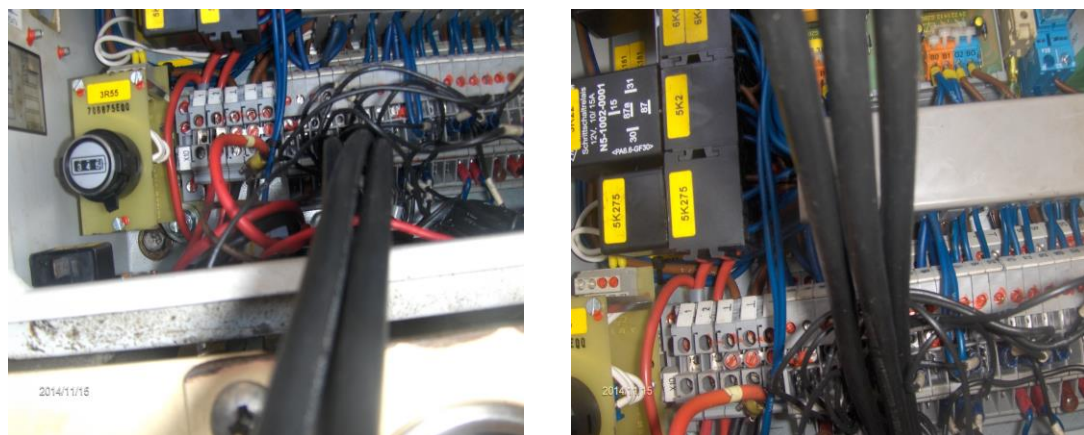
Como estos equipos trabajan con motores a combustión interna, en la Figura 17, se muestra el filtro adicional de combustible con el fin de mejorar las condiciones de trabajo de las bombas de inyección, ya que en algunos lugares el combustible es muy contaminado y presenta exceso de humedad.

**Figura 17.** Filtro adicional de combustible. Imagen tomada en el sitio (2014).



En la Figura 18 se muestran las condiciones del tablero eléctrico, para realizar revisiones más periódicas y verificar estado de componentes.

**Figura 18.** Tablero de control eléctrico. Imagen tomada en el sitio (2014).



En la Figura 19 se observa el cambio de piezas cuando el equipo de bombeo presenta muchas deficiencias.

**Figura 19.** Equipo de bombeo. Imagen tomada en el sitio (2014).



- Se tomaron muestras de los aceites que se cambian en la parte motriz con el fin de enviarlos a laboratorio y poder tomar decisiones más asertivas y coherentes al tiempo de cambio de éste.
- Se realizaron visitas antes de enviar el equipo a la obra con el fin de detectar posibles fallas en espacio y recorrido de la tubería para evitar daños futuros y garantizar el buen funcionamiento del equipo.
- Se realizó una lista general de todos los elementos que se necesitan para evitar transportes innecesarios y pérdidas de tiempo que inciden en el rendimiento y capacidad e la máquina.
- El equipo fue dotando con un kit de herramienta con el fin de que el operador pueda realizar el mantenimiento autónomo o resolver problemas de corto alcance y así evitar desplazamientos innecesarios del personal técnico.

- Antes de enviar el equipo a la obra se realizó una capacitación o verificación del estado real del equipo y análisis de cada una de las partes para solucionar problemas inesperados.
- Se está mejorando la comunicación entre operadores y el área técnica para dar soluciones a distancia o para dar mejor indicaciones a cerca de los repuestos defectuosos.
- Al igual que en los equipos de alce se están colocando tarjetas de control visuales para controlar el estado real del mantenimiento en que se encuentran los equipos.
- Se están realizando verificaciones de contenido en las listas de chequeo para que sean más fáciles de comprender y que la verificación a los equipos sea más detallado.

En la parte de herramientas de control se evaluarán todas las mejoras obtenidas y el impacto que se ha generado al nivel interior de la empresa.

Lluvia de ideas para las causas de improductividad del proceso de mantenimiento de los equipos de alce y bombeo de concreto de la constructora AIA.

- Mano de Obra:
  - Falta conocimiento de actividades.
  - Poca programación de Método.
  - Poco compromiso de los operarios.
  - Mala facturación.
  - Desconocimiento de variables.
  - Reprogramación de montajes.
  - Personal de media capacitación.
  - Ausentismos.
  - Eficiencias muy bajas.
  - No aplicación de los requerimientos.

- Método:
  - Cronograma de actividades.
  - Falta asignar tiempos de entrega.
  - No hay estandarización de métodos.
  - Exceso de tiempos improductivos.
  - Demora en los tiempos de ejecución.
  - Carencia de mejoramiento de los procesos.
  - Demoras en la entrega de repuestos.
  - Poca comunicación entre operarios y jefes.
  
- Materiales
  - Contaminados (aceites, grasas).
  - Mala calidad.
  - No estandarizados.
  - Reparaciones defectuosas.
  - No cumplen con los requerimientos del cliente.
  - Mal almacenamiento de los materiales.
  - Los materiales no cumplen con las características adecuadas
  
- Maquinaria:
  - Daños inesperados.
  - Usar herramientas no adecuadas.
  - Falta de lubricación.
  - Calidad de la herramienta deficiente.
  - Exceso de confianza en las máquinas.
  - Falta de mantenimiento preventivo.
  - Hacer actividades no recomendadas.



## 7.6 GUÍA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

Para el departamento de maquinaria Y equipos de la constructora AIA se desarrolló un plan de gestión de mantenimiento correctivo y preventivo con el fin de llevar un orden cronológico de cada una de las inversiones realizadas en los equipos. En la Tabla 18 se observan responsables de los procesos, en el departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA.

**Tabla 18.** Personas que participan en el proceso

NOMBRE DEL CARGO	RESPONSABILIDADES
Director - Maquinaria y Equipos	Designar a persona encargada de velar por el cumplimiento del programa de mantenimiento de maquinaria y equipos.
Jefe - Maquinaria y Equipos	Analizar y avalar recursos necesarios para el desarrollo del programa. Realizar seguimiento a la ejecución del programa. Evaluar indicadores de gestión del programa.
Coordinador Técnico - Maquinaria y Equipos	Garantizar el cumplimiento y ejecución del programa de mantenimiento de maquinaria y equipos. Coordinar los mantenimientos preventivos y correctivos con el personal técnico a cargo, así como los tiempos de intervención de los equipos con el cliente interno y externo. Coordinar y asegurar la entrega de las solicitudes de pedido de repuestos, así como solicitud de cotizaciones de servicios en talleres externos. Elaborar cronogramas de mantenimiento. Prestar labores de asistencia técnica para los trabajos planificados.

	<p>Elaboración y generación de órdenes de trabajo.</p> <p>Implementar acciones de mejora en los procesos con el fin de garantizar el cumplimiento de metas propuestas.</p> <p>Verificar el cumplimiento de la política de gestión integral.</p> <p>Elaborar indicadores de gestión de mantenimiento mensual correspondientes a las actividades y objetivos del área.</p> <p>Analizar y archivar los registros del mantenimiento al finalizar el periodo para el que se ha programado el mantenimiento preventivo, realizando los ajustes necesarios en los programas de mantenimiento.</p>
Analista Técnico - Maquinaria y Equipos	<p>Analizar junto con el responsable de gestión del mantenimiento las necesidades de mantenimiento de los equipos de trabajo.</p> <p>Asegurar que todos los responsables de ejecución del mantenimiento sean conocedores de las actuaciones de mantenimiento que deban realizar, que las lleven a cabo y que las registren convenientemente.</p> <p>Entregar los registros del mantenimiento al responsable de gestión del mantenimiento al finalizar el periodo para el que se ha programado el mantenimiento preventivo.</p>
Residente SYSO – Maquinaria y Equipos	<p>Notificar al responsable de mantenimiento de un equipo de trabajo averiado o que no esté en su correcto estado de uso, para que realice o gestione el mantenimiento correctivo necesario u opte por desechar el equipo de trabajo.</p>

	<p>Revisión listas de chequeo.</p> <p>Asegurar que no se realiza un mal uso de un equipo de trabajo averiado o que no esté en su correcto estado de uso, señalizándolo o dejándolo fuera de uso convenientemente, según instrucciones del responsable de gestión del mantenimiento.</p>
Encargado de ejecutar el mantenimiento	<p>Diligenciar diariamente las listas de chequeo de la máquina, las cuales deberán ser entregadas al encargado de salud ocupacional por parte del arrendatario.</p> <p>Notificar y reportar fallas y/o averías que presente la máquina.</p> <p>Realizar las operaciones de mantenimiento que le sean encomendadas y registrarlas convenientemente.</p>

En la Tabla 19 se clasifica el tipo de mantenimiento a realizar según el problema encontrado.

**Tabla 19.** Clasificación del mantenimiento

TIPOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
PREVENTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección general del equipo</li> <li>• Detección temprana de anomalías que induzcan a posible falla</li> <li>• Limpieza y lubricación</li> <li>• Ajuste de piezas</li> <li>• Verificación de niveles de aceite (Cuando aplique)</li> <li>• Verificación de estado de consumibles</li> <li>• Sustitución programada de piezas</li> </ul>

CORRECTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No planificado: Reparaciones de urgencia para corregir fallas (No programadas, gestión inmediata de repuestos, recurso humano, tiempos)</li> <li>• Planificado: Intervenciones programadas y controladas para corregir fallas (Solicitud de repuestos, de recurso humano, de tiempos)</li> </ul>
------------	---

En la Tabla 20 se especifica la frecuencia para realizar el mantenimiento preventivo.

**Tabla 20.** Criterios y frecuencia del mantenimiento.

MAQUINA	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO
Torre grúa - malacate	Cada 45 días
Bomba estacionaria de concreto	Cada 250 Horas.

El mantenimiento preventivo de la maquinaria y equipo, se realizará según el número de horas que ha operado el mismo. El control de horas se realizará utilizando el Horómetro (Aplica para bombas de concreto y vehículos), y mediante los registros diligenciados de revisión pre operacional diaria.

### 7.6.1 Mantenimiento preventivo

Orden de trabajo: Al concretar la fecha del mantenimiento preventivo con el arrendatario, se genera la orden de trabajo para ejecutar la labor.

Planificación:

- Documentación: Checo lista mantenimiento preventivo (Según maquina), seguridad social personal ejecutor, permiso para trabajos en altura, certificado para trabajos en altura.

- Normas de salud y seguridad en el trabajo
- Gestión de repuestos
- Equipos de apoyo
- Asignación mano de obra
- Procedimientos
- Instrucciones a personal

Ejecución: Hace referencia al numeral 5 de este programa.

Registro: Se registra procedimiento realizado en el administrador de mantenimiento (Software), con el fin de generar trazabilidad a intervenciones realizadas a cada máquina y/o equipo.

Evaluación: La nota que asigna en el acta de atención a obra el arrendatario al haber finalizado la prestación del servicio, esta se registra en un archivo con el fin de generar un indicador de gestión, el cual se analiza periódicamente.

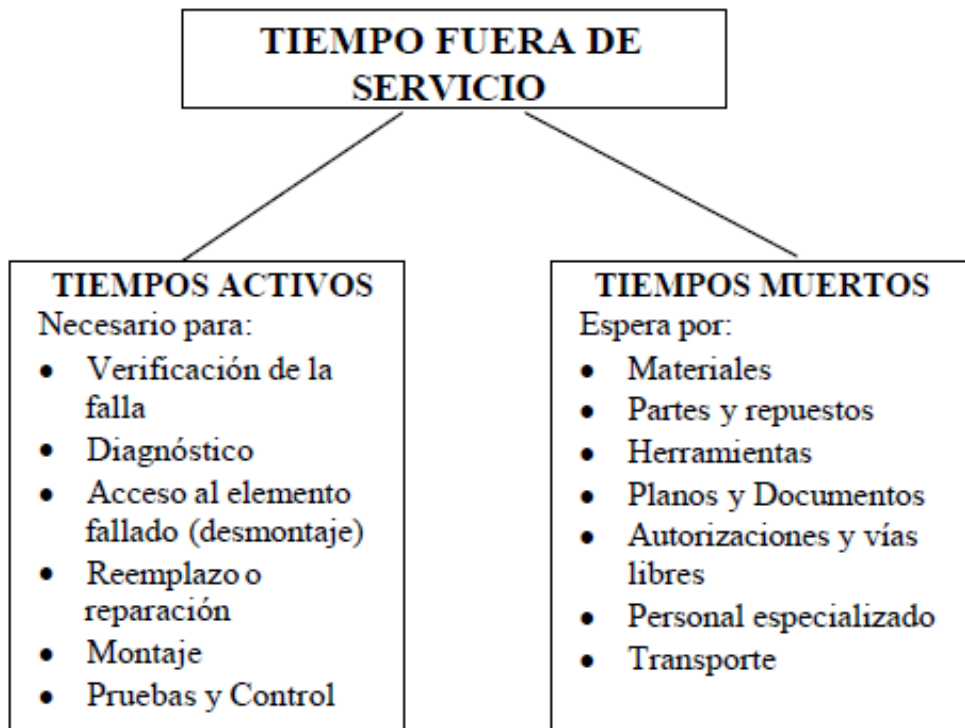
### **7.6.2 Mantenimiento correctivo**

Orden de Trabajo: Una vez el operador, el arrendatario y/o el personal SYSO, reporta la avería, se genera y emite la orden de hacer presencia en el lugar de operación de la máquina para diagnosticar el daño y proceder a prestar el servicio de corrección de fallas.

Planificación: Se solicitan repuestos

Ejecución: en la Figura 20 se muestran como se determina los tiempos para el mantenimiento.

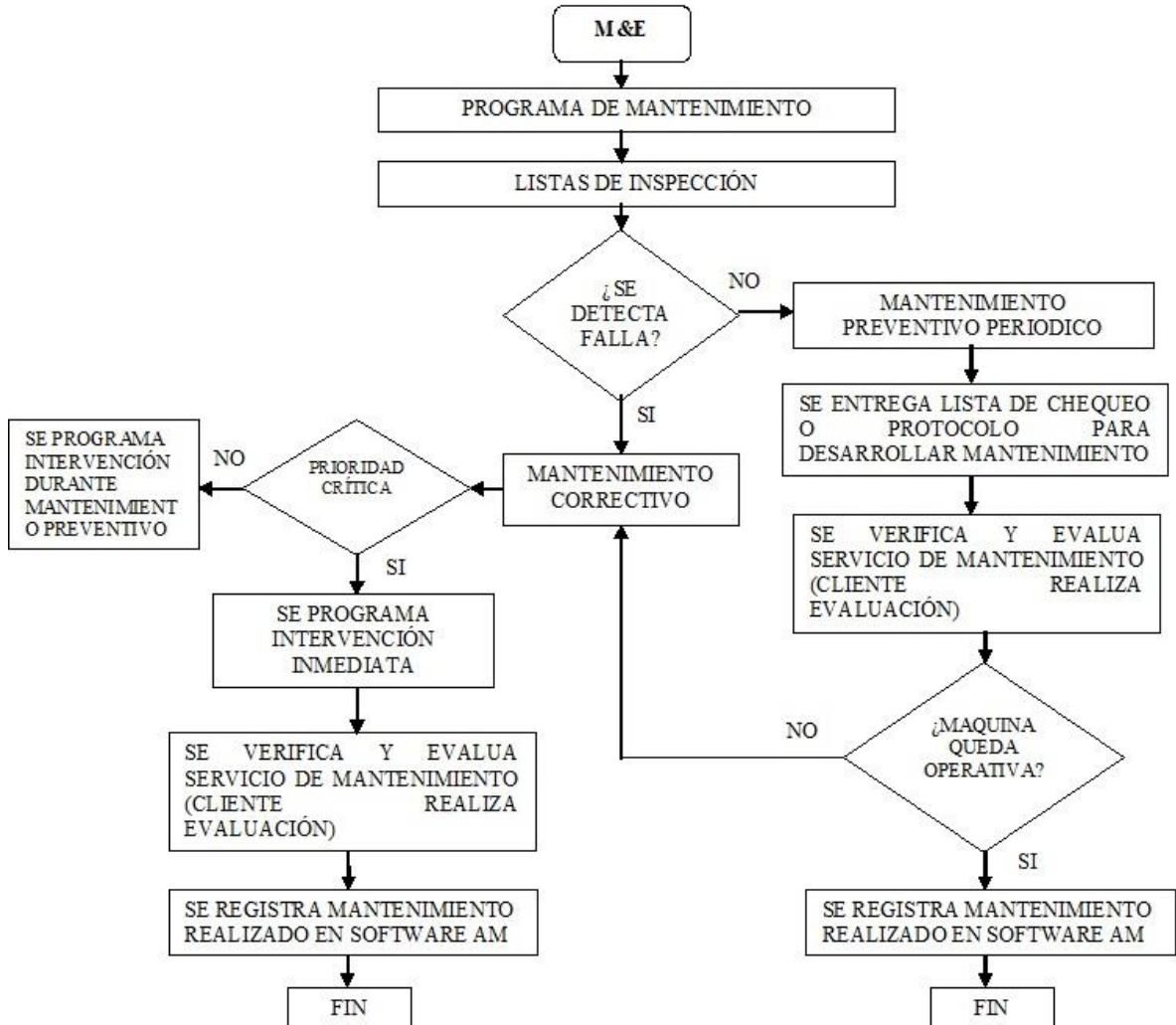
**Figura 20.** Mantenimiento correctivo – Tiempo fuera de servicio



Evaluación: La nota que asigna en el acta de atención a obra el arrendatario al haber finalizado la prestación del servicio, esta se registra en un archivo con el fin de generar un indicador de gestión, el cual se analiza periódicamente.

En la Figura 21 se observa el flujo que se debe seguir para la realización de un mantenimiento.

**Figura 21.** Flujograma de mantenimiento



## 7.7 RESULTADOS 5S

En la Figura 22 se observa cómo se aplicó el proceso de ORDENAR los espacios y equipos para un mejor acceso a estos.

**Figura 22.** Zona de cargue y descargue. Imagen tomada en el sitio (2014).

ANTES



DESPUES



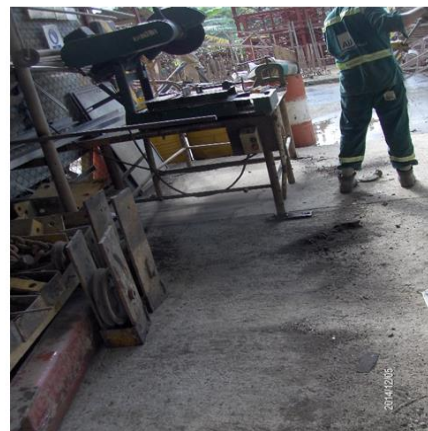
En la Figura 23 se aplica la herramienta SEPARAR para Mantener sólo lo necesario para realizar las tareas en la zona de corte de los materiales

**Figura 23.** Clasificar y limpiar la zona de corte y almacenamiento de materia prima (Autores, 2015).

ANTES



DESPUES





En la Figura 24 se aplicó la herramienta SEPARAR para Mantener sólo lo necesario en las zonas de almacenamiento de los materiales.

**Figura 24.** Clasificar y ordenar la zona de almacenamiento de tubería. Imagen tomada en el sitio (2014).

ANTES

DESPUES



En la Figura 25 se aplicó el proceso LIMPIAR para mantener óptimos los lugares de trabajo y despejar el acceso al cuarto de combustibles. Además se implemento una señalización adecuada para cada espacio.

**Figura 25.** Limpiar, clasificar y ordenar con el fin de mejorar los espacios. Imagen tomada en el sitio (2014).

ANTES

DESPUES



En la Figura 26 se aplica el proceso LIMPIAR, reciclar y organizar en las canecas los desechos producidos en el taller de mantenimiento para una mejor clasificación de los residuos y cumplir con la normas ambientales

**Figura 26.** Clasificar para separar los residuos peligrosos Imagen tomada en el sitio (2014).

ANTES



DESPUES



En la Figura 27 se aplicó el proceso ESTANDARIZAR para mejorar los sistemas eléctricos cambiando los tableros y así cumplir con las normas técnicas

**Figura 27.** Estandarización en la parte eléctrica. Imagen tomada en el sitio (2014).

ANTES



DESPUES



En la Figura 28 se observa el proceso AUTODISCIPLINA para el cumplimiento de las normas establecidas.

**Figura 28.** Disciplina y orden para mantener las zonas de cargue y descargue despejadas. Imagen tomada en el sitio (2014).

ANTES



DESPUES



En la Figura 29 se observa cómo se aplicó el proceso de ORDENAR los espacios y herramientas de trabajo para una mejor ubicación y acceso a estos.

**Figura 29.** Ordenar y estandarizar para reducción de espacios de almacenamiento Imagen tomada en el sitio (2014).

ANTES



DESPUES



En la Figura 30 se observa el proceso AUTODISCIPLINA para el cumplimiento de las normas establecidas.

**Figura 30.** Clasificar y ordenar para evitar accidentes y mejora los tiempos de cargue de material. Imagen tomada en el sitio (2014).

ANTES



DESPUES



## **7.8 INDICADORES DE GESTIÓN**

Según la propuesta de Tavares (2014), Para facilitar la evaluación de las actividades del mantenimiento, permitir tomar decisiones y establecer metas, deben ser creados informes concisos y específicos formados por tablas de índices, algunos de los cuales deben ir acompañados de sus respectivos gráficos, proyectados para un fácil análisis y adecuado a cada nivel de gestión.

Para esto se realiza por medio de indicadores de gestión una comparación del proceso que antes se realizaba en el departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA con el proceso actual.

Los indicadores a utilizar son:

- Indicador de disponibilidad en el cual se realiza una comparación entre el tiempo total de operación de cada uno y la suma de éste tiempo con respecto al tiempo total de mantenimiento en el periodo considerado. Se da en porcentaje.
- Indicador de mantenibilidad es la relación que existe entre el tiempo promedio entre falla dividido la suma del tiempo promedio para reparar y el tiempo promedio entre falla. Se da en porcentaje.
- Indicador de confiabilidad es la diferencia entre el tiempo de funcionamiento programado y el tiempo de mantenimiento correctivo dividido el tiempo de funcionamiento programado.

### **7.8.1 Equipos de bombeo**

Disponibilidad = mensual

Promedio de horas de trabajo

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\Sigma \text{HROP}}{\Sigma \text{HROP} + \text{HTMN}} \times 100\%$$

HROP= Tiempo total de operación.

HTMN= Tiempo total de mantenimiento.

Se tienen 24 horas de trabajo a la semana por cada máquina por 4 semanas que tienen el igual de 588 horas disponibles de trabajo.

Mantenimiento correctivo = 168 horas (6 x4 x7).

Mantenimiento preventivo = 42 horas (6 horas x 42 máquinas).

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{588}{798} \times 100\%$$

DISPONIBILIDAD= **73,68%**

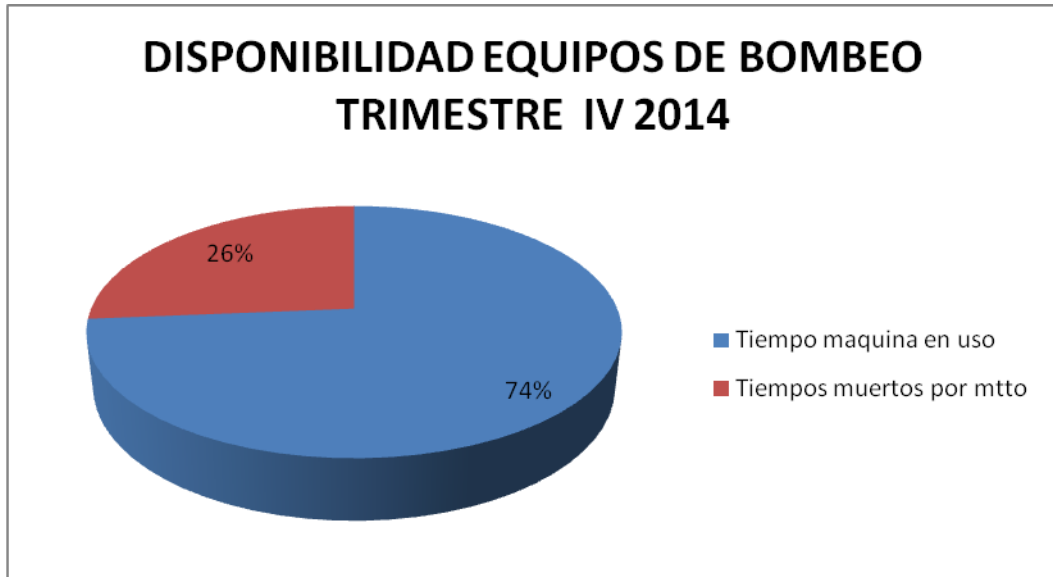
$$\text{ACTUAL} = \frac{588}{42+48+588}$$

$$\text{ACTUAL} = \frac{588}{678} \times 100\%$$

ACTUAL= **86,7257%**

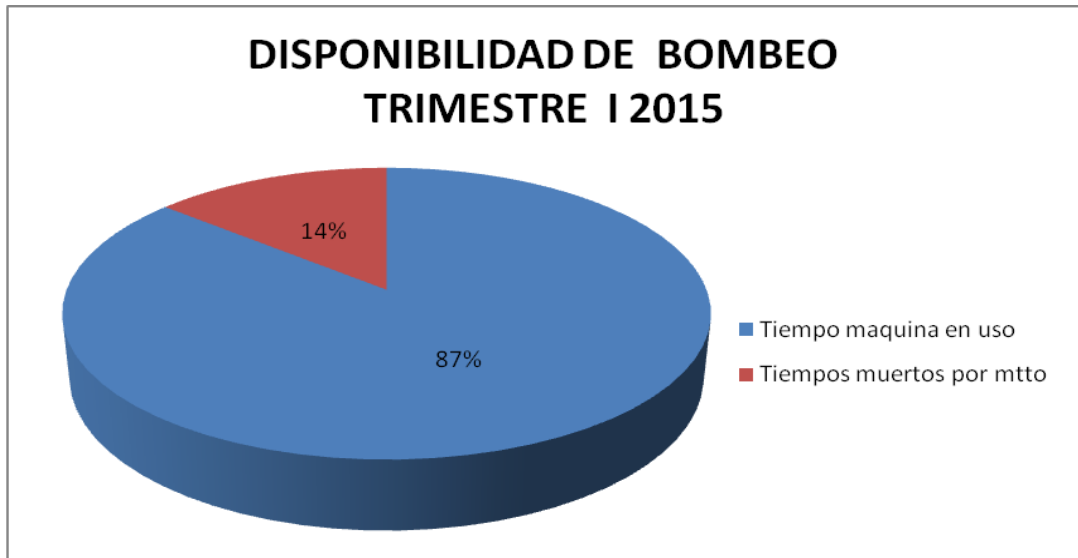
En la Figura 31 se observa el diagrama de torta, el cual muestra el tiempo de uso de la maquina con respecto al tiempo por paros por mantenimiento.

**Figura 31.** Disponibilidad equipos de bombeo trimestre IV-2014



En la Figura 32 se observa la disminución de tiempo de paros de la máquina.

**Figura 32.** Disponibilidad equipos de bombeo trimestre I-2015



Equipos de alce.

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\sum \text{HROP}}{\sum \text{HROP} + \text{HTMN}} \times 100\%$$

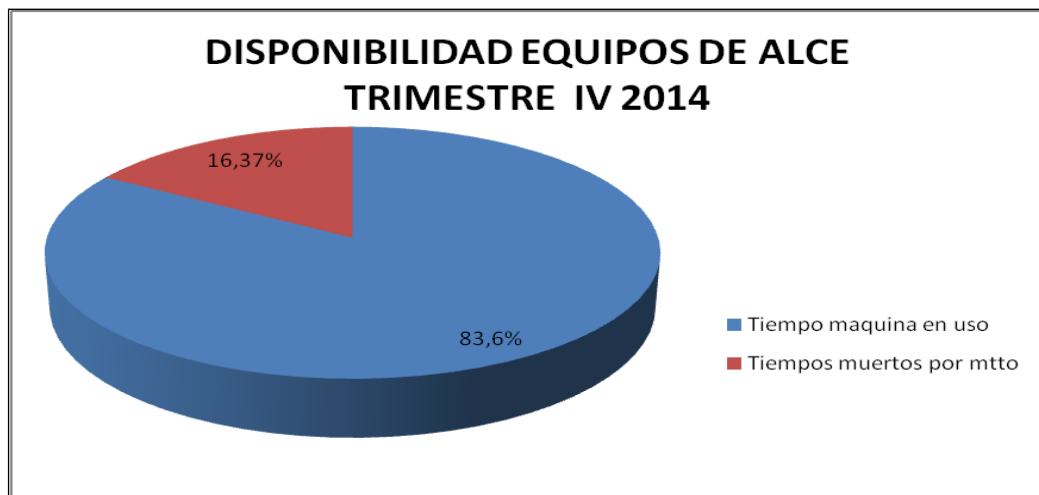
$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{1624}{1942} \times 100\%$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \mathbf{83,6\%}$$

$$\text{ACTUAL} = \frac{1624}{1795} \times 100\%$$

En la Figura 33 se observa el diagrama de torta, el cual muestra el tiempo de uso de la máquina con respecto al tiempo por paros por mantenimiento.

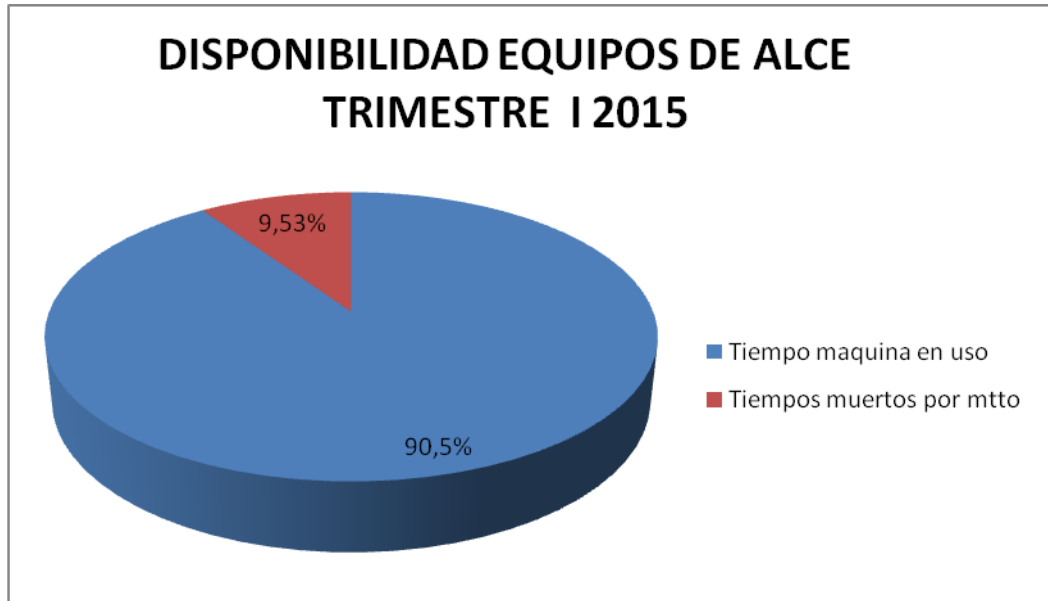
**Figura 33.** Disponibilidad equipos de alce trimestre IV-2014





En la Figura 34 se observa la disminución de tiempo de paros de la máquina.

**Figura 34.** Disponibilidad equipos de alce trimestre I-2015



### 7.8.2 Mantenibilidad mensual - Equipos de bombeo

En donde:

TPEF: Es el tiempo medio entre falla.

TPPR: Es el tiempo promedio para reparar.

Proceso anterior.

$$TPEF = (21h \times 4s \times 7m) = 588 \text{ h} \times s \times m$$

$$TPPR = (8h \times 4s \times 7m) = 224 \text{ h} \times s \times m$$

Proceso actual

$$TPEF = (36h \times 4s \times 7m) = 1008 \text{ h} \times s \times m$$

$$TPPR = (3h \times 4s \times 7m) = 84 \text{ h} \times s \times m$$

$$\text{MANTENIBILIDAD} = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}} \times 100\%$$

$$\text{MANTENIBILIDAD} = \frac{588}{224 + 588} \times 100\%$$

$$\text{MANTENIBILIDAD} = \frac{588}{812} \times 100\%$$

**MANTENIBILIDAD = 72,4%**  
**Proceso anterior**

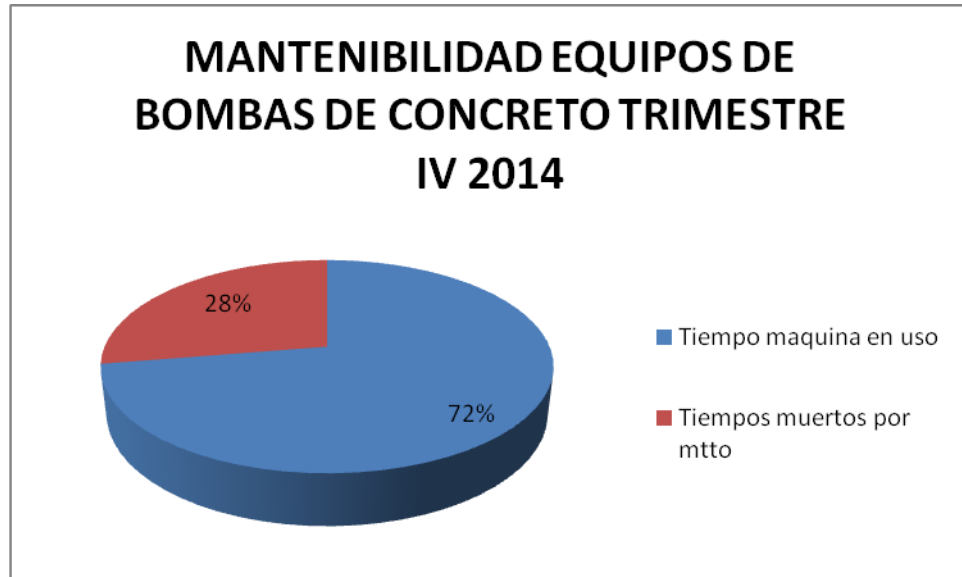
$$\text{ACTUAL} = \frac{1008}{84 + 1008}$$

$$\text{ACTUAL} = \frac{1008}{1092} \times 100\%$$

**ACTUAL = 92,3%**

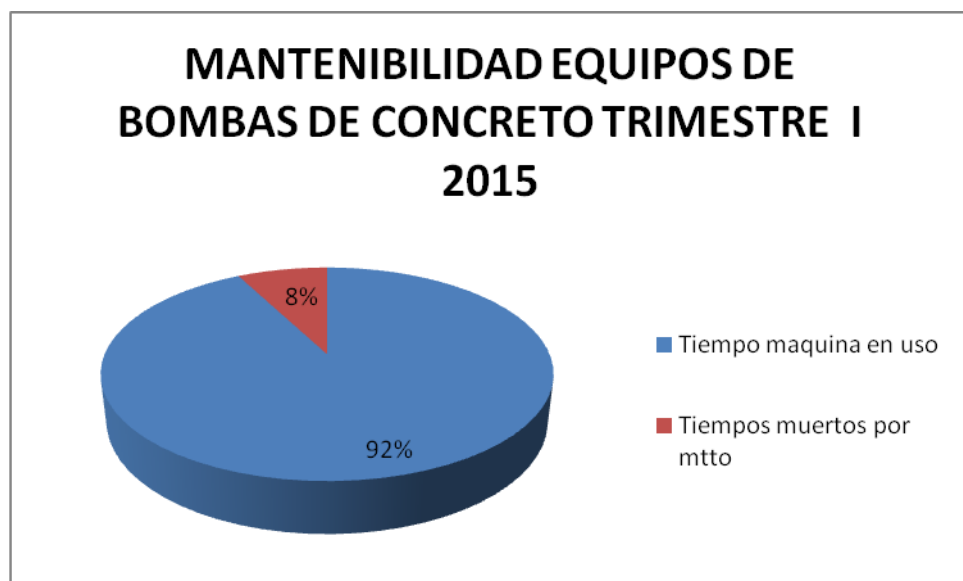
En la Figura 35 se observa el diagrama de torta, el cual muestra el tiempo de uso de la maquina con respecto al tiempo por paros por mantenimiento.

**Figura 35.** Mantenibilidad equipos de bombas de concreto trimestre IV-2014



En la Figura 36 se observa la disminución de tiempo de paros de la máquina.

**Figura 36.** Mantenibilidad equipos de bombas de concreto trimestre I-2015



### 7.8.3 Mantenibilidad mensual - Equipos de alce.

Datos proceso anterior

$$\text{TPEF} = (58\text{h} \times 2\text{s} \times 7\text{m}) = 812\text{h} \times \text{s} \times \text{m}$$

$$\text{TPPR} = (14\text{h} \times 2\text{s} \times 7\text{m}) = 196\text{h} \times \text{s} \times \text{m}$$

Datos proceso actual.

$$\text{TPEF} = (58\text{h} \times 3\text{s} \times 7\text{m}) = 1216\text{h} \times \text{s} \times \text{m}$$

$$\text{TPPR} = (5\text{h} \times 3\text{s} \times 7\text{m}) = 105\text{h} \times \text{s} \times \text{m}$$

$$\text{MANTENIBILIDAD} = \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPPR}} \times 100\%$$

$$\text{MANTENIBILIDAD} = \frac{812}{812 + 196} \times 100\%$$

$$\text{MANTENIBILIDAD} = \frac{812}{1005} \times 100\%$$

$$\text{MANTENIBILIDAD} = \mathbf{80,8\%}$$

**ANTERIOR.**

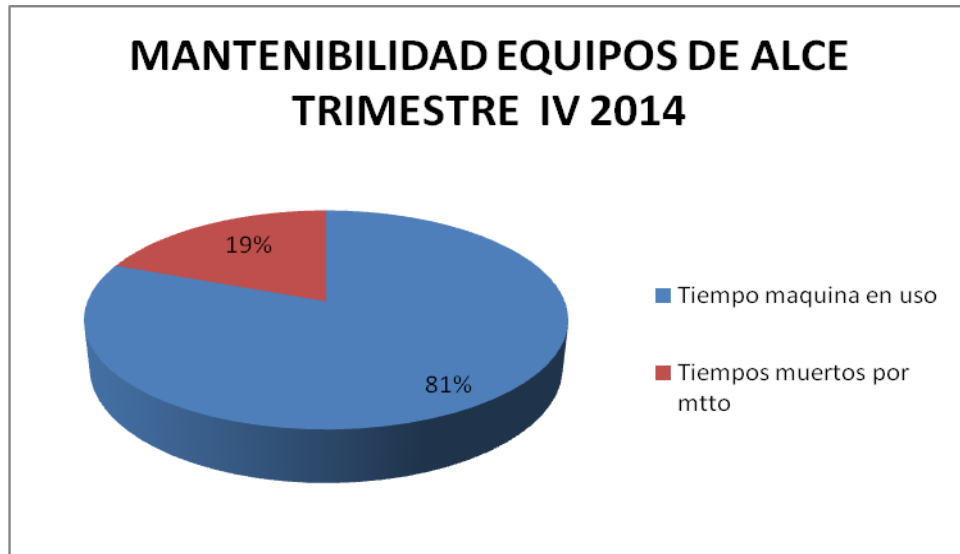
$$\text{ACTUAL} = \frac{1216}{105 + 1216}$$

$$\text{ACTUAL} = \frac{1216}{1321} \times 100\%$$

$$\text{ACTUAL} = \mathbf{92,1\%}$$

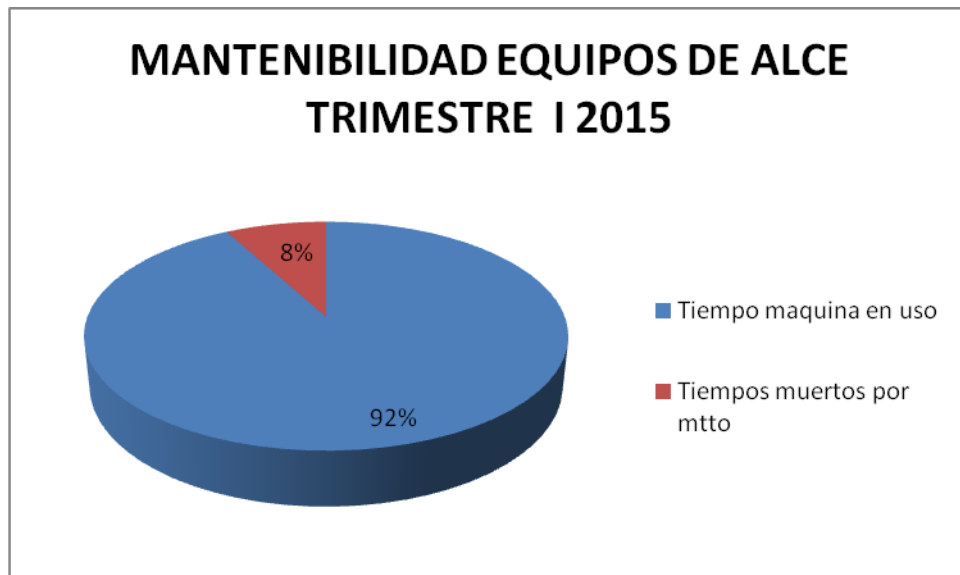
En la Figura 37 se observa el diagrama de torta, el cual muestra el tiempo de uso de la maquina con respecto al tiempo por paros por mantenimiento.

**Figura 37.** Mantenibilidad equipos de alce de concreto trimestre IV-2014



En la Figura 38 se observa la disminución de tiempo de paros de la máquina.

**Figura 38.** Mantenibilidad equipos de alce de concreto trimestre I-2015



#### 7.8.4 Confiabilidad mensual - Equipos de bombeo y alce

TFP: Tiempo de funcionamiento programado.

TMC: Tiempo de fallas.

Equipos de bombeo anterior

$$\text{TFP} = (21\text{h} \times 4\text{s} \times 7\text{m}) = 588\text{hxsxm}$$

$$\text{TMC} = (6\text{h} \times 4\text{s} \times 7\text{m}) = 168\text{hxsxm}$$

Equipos de bombeo actual: El tiempo de mantenimiento correctivo se disminuyó a 42 horas.

$$\text{CONFIABILIDAD} = \frac{\text{TFP} - \text{TMC}}{\text{TFP}} \times 100\%$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = \frac{588 - 168}{588} \times 100\%$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = \frac{420}{588} \times 100\%$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = \mathbf{71,4\%}$$

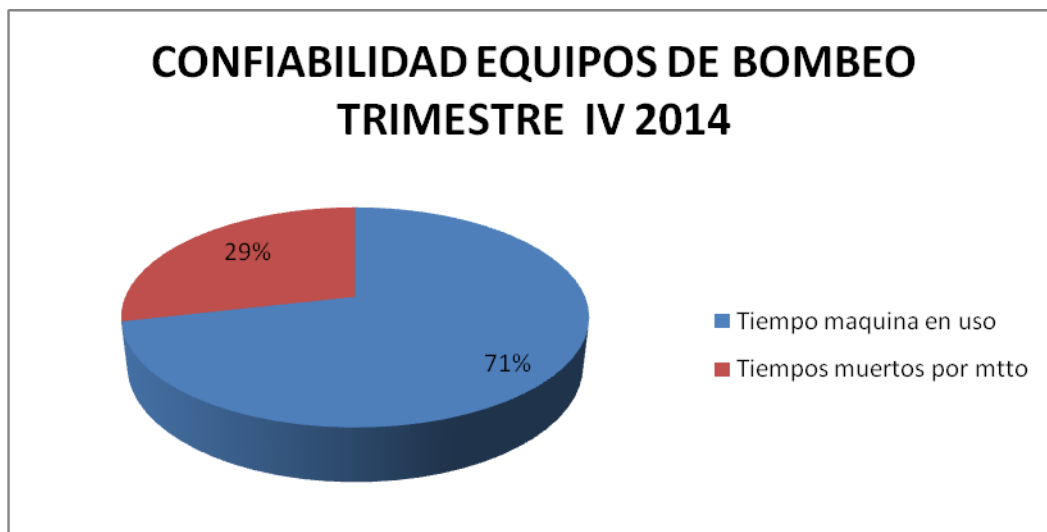
$$\text{ACTUAL} = \frac{588 - 42}{588} \times 100\%$$

$$\text{ACTUAL} = \frac{546}{588} \times 100\%$$

$$\text{ACTUAL} = \mathbf{92,9\%}$$

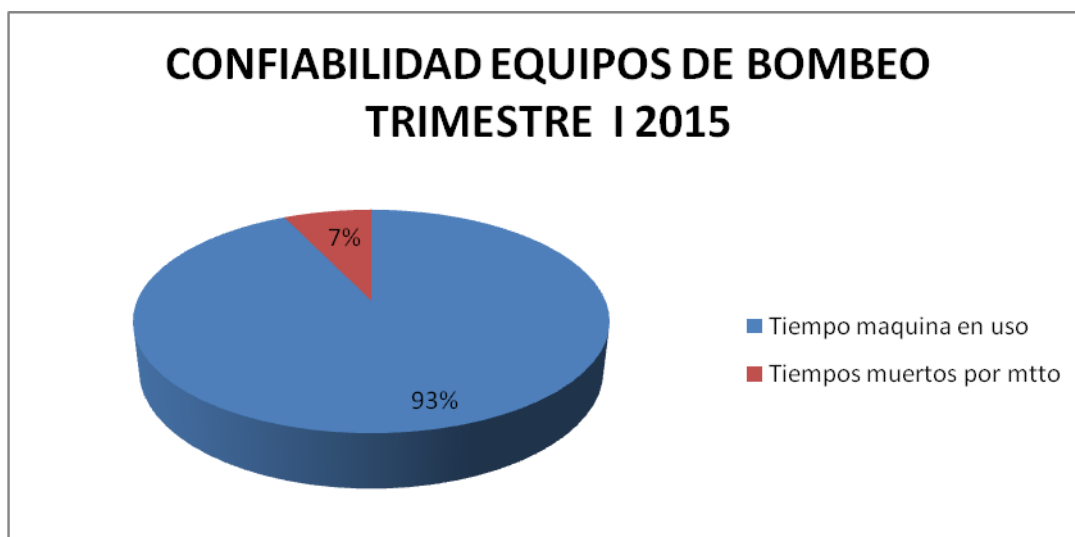
En la Figura 39 se observa la disminución de tiempo de paros de la máquina

**Figura 39.** Confiabilidad equipos de bombeo trimestre IV-2014



En la Figura 40 se observa el diagrama de torta, el cual muestra el tiempo de uso de la maquina con respecto al tiempo por paros por mantenimiento.

**Figura 40.** Confiabilidad equipos de bombeo trimestre I-2015



Equipos de alce proceso anterior

$$TFP = (58h \times 4s \times 7m) = 1624h \times s \times m$$

$$TMC = (11.36h \times 4s \times 7m) = 318h \times s \times m$$

Equipos de alce proceso actual

$$TFP = (6.1h \times 4s \times 7m) = 171h \times s \times m.$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = \frac{TFP - TMC}{TFP} \times 100\%$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = \frac{1624 - 318}{1624} \times 100\%$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = \frac{1306}{1624} \times 100\%$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = \mathbf{80,4\%}$$

$$\text{ACTUAL} = \frac{1624 - 171}{1624} \times 100\%$$

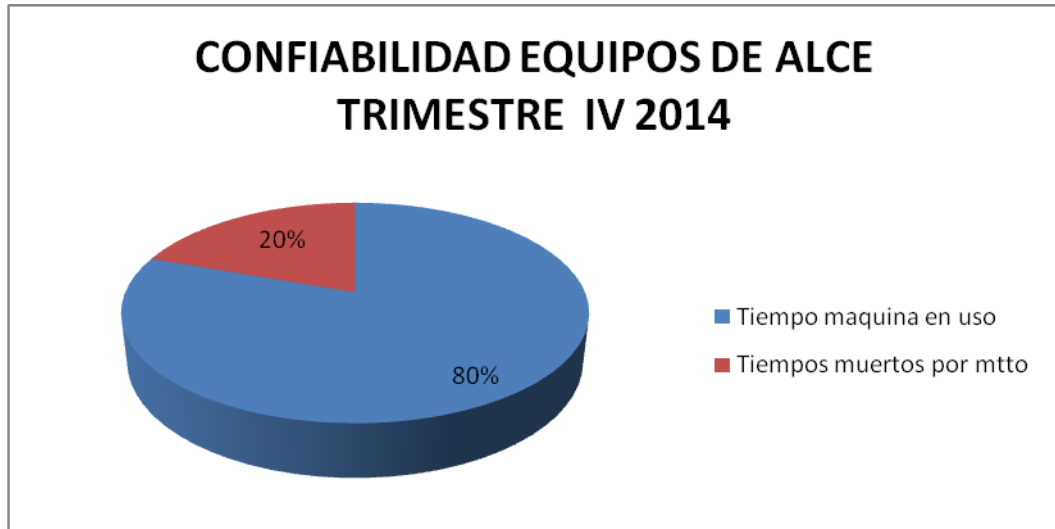
$$\text{ACTUAL} = \frac{1453}{1624} \times 100\%$$

$$\text{ACTUAL} = \mathbf{89,5\%}$$



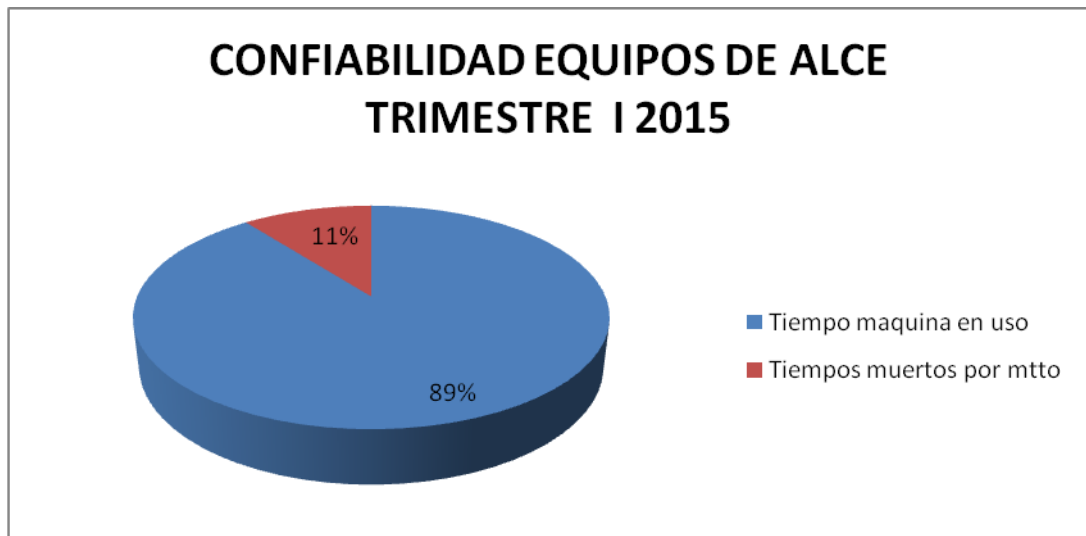
En la Figura 41 se observa la disminución de tiempo de paros de la máquina.

**Figura 41.** Confiabilidad equipos de alce trimestre IV-2014



En la Figura 42 se observa el diagrama de torta, el cual muestra el tiempo de uso de la maquina con respecto al tiempo por paros por mantenimiento.

**Figura 42.** Confiabilidad equipos de alce trimestre I-2015.



El comportamiento de los costos de mantenimiento ha sufrido variaciones debido a las intervenciones sobre los equipos pendientes de mantenimientos preventivos generales. Se puede apreciar que la contratación de servicios tiende a disminuir debido a la gestión y control que se genera sobre las órdenes de trabajo al interior del taller de mantenimiento. Es importante resaltar el uso efectivo de los recursos, pues no se han incrementado los gastos presupuestados para el área.

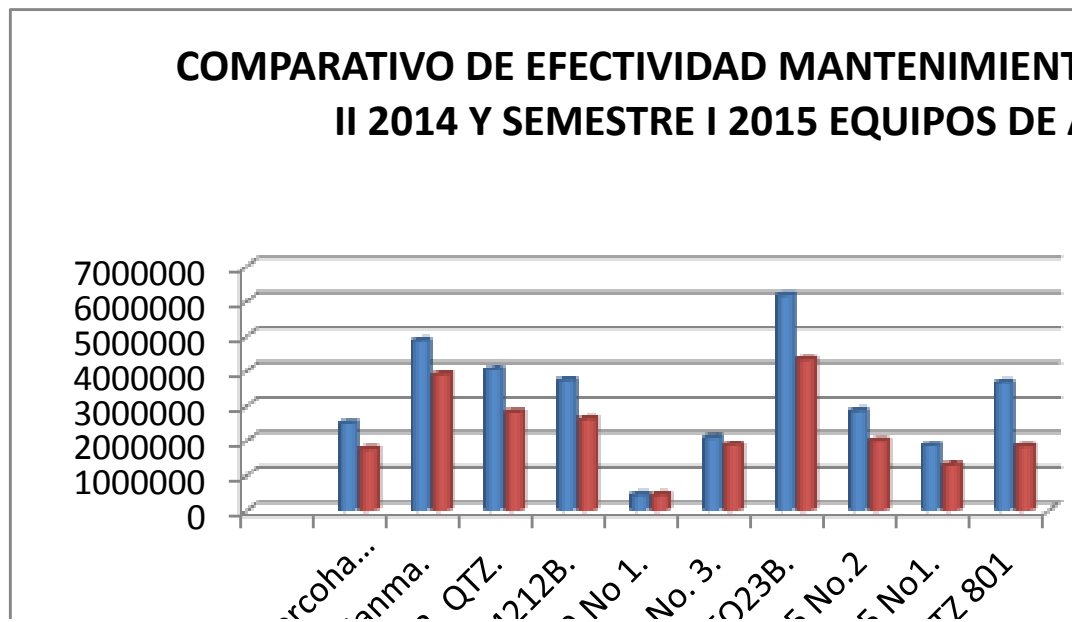
En la Tabla 21 se observa la diferencia de los gastos en los semestres evaluados.

**Tabla 21.** Comparativa de gastos de los equipos de alces.

EQUIPO ALCE	SEMESTRE II 2014	SEMESTRE I 2015
Malacate Dorcoha No. 3.	\$ 2.500.000	\$ 1.750.000
Malacate Sanma.	\$ 4.860.865	\$ 3.888.692
Mc 65No1, No2, QTZ.	\$ 4.031.900	\$ 2.822.330
Torre Grúa 4212B.	\$ 3.725.072	\$ 2.607.550
Torre Grúa 429 No 1.	\$ 440.000	\$ 440.000
Torre grúa 429 No. 3.	\$ 2.080.000	\$ 1.872.000
Torre Grúa FO23B.	\$ 6.172.950	\$ 4.321.065
Torre Grúa Mc 65 No.2	\$ 2.849.163	\$ 1.994.414
Torre Grúa Mc 65 No1.	\$ 1.854.975	\$ 1.298.483
Torre Grúa QTZ 801	\$ 3.658.900	\$ 1.829.450
	\$ 32.173.825	\$ 22.823.984
<b>Efectividad mantenimiento</b>	<b>\$ 9.349.841</b>	

En la Figura 43 se observa un gráfico de los resultados obtenidos en los periodos 2014 II y 2015 I.

**Figura 43.** Comparativo de efectividad - equipos de alce.



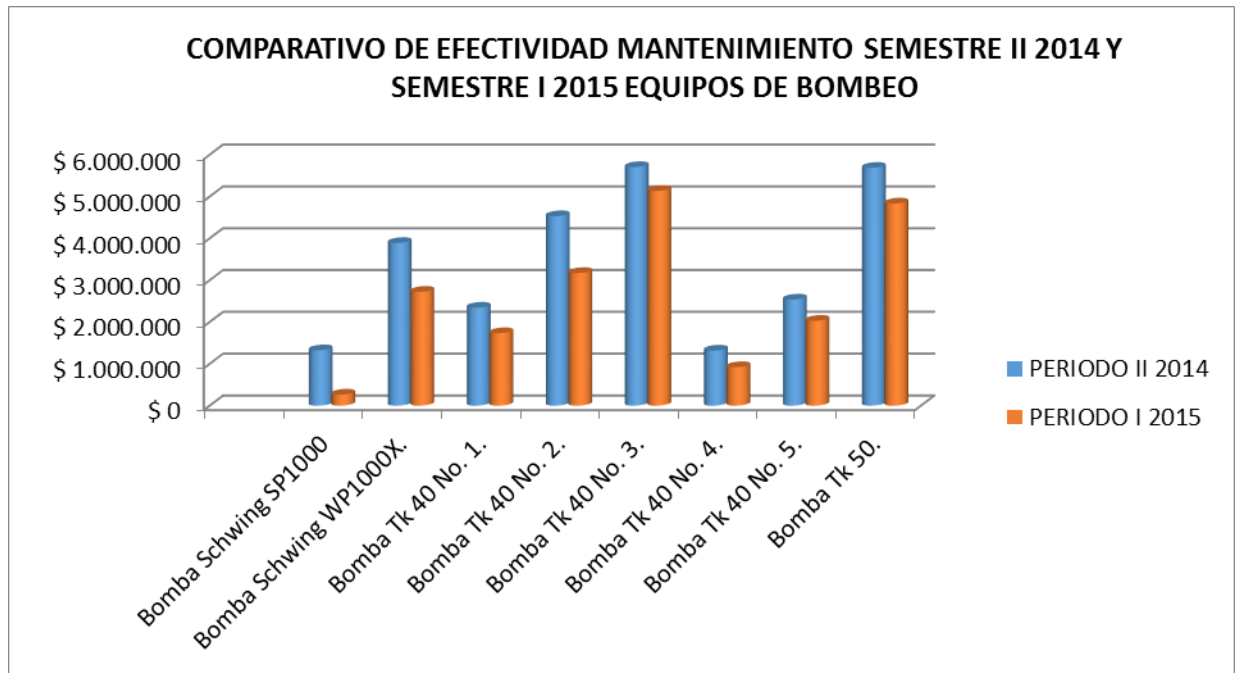
En la Tabla 22 se observa la diferencia de los gastos en los semestres evaluados.

**Tabla 22.** Comparativa de gastos de los equipos de bombeo de concreto.

EQUIPO BOMBAS	PERIODO II 2014	PERIODO I 2015
Bomba Schwing SP1000	\$ 1.323.453	\$ 264.691
Bomba Schwing WP1000X.	\$ 3.890.000	\$ 2.723.000
Bomba Tk 40 No. 1.	\$ 2.342.300	\$ 1.733.302
Bomba Tk 40 No. 2.	\$ 4.530.990	\$ 3.171.693
Bomba Tk 40 No. 3.	\$ 5.704.467	\$ 5.134.020
Bomba Tk 40 No. 4.	\$ 1.315.862	\$ 921.103
Bomba Tk 40 No. 5.	\$ 2.536.818	\$ 2.029.454
Bomba Tk 50.	\$ 5.685.900	\$ 4.833.015
	\$ 27.329.790	\$ 20.810.279
<b>Efectividad mantenimiento</b>	<b>\$ 6.519.511</b>	

En la Figura 44 se observa un gráfico de los resultados obtenidos en los periodos 2014 II y 2015 I

**Figura 44.** Comparativo de efectividad - equipos de bombeo



## 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

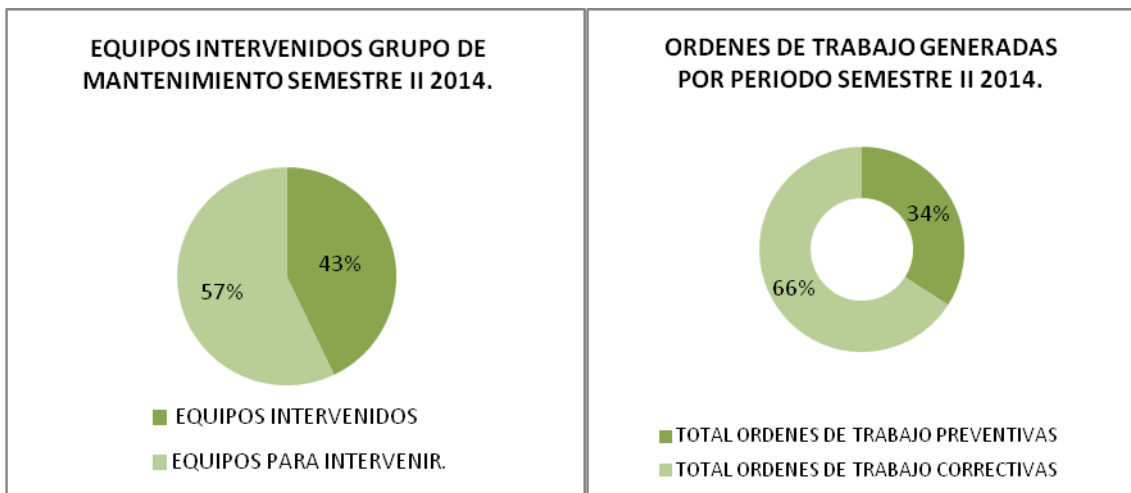
### Conclusiones.

Las conclusiones que se obtuvieron con la realización de éste trabajo de grado aplicadas al departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA fueron las siguientes:

El indicador de órdenes de trabajo ilustra la cantidad de intervenciones preventivas sobre la maquinaria y los equipos. Para 2016 la meta es lograr sobrepasar el 60% de las intervenciones preventivas, mejorando la confiabilidad de los equipos.

En la Figura 45 se observa el porcentaje de equipos intervenidos hasta el semestre II de 2014 en todo el departamento de equipos de la constructora AIA.

**Figura 45.** Intervenciones generales a los equipos de la constructora AIA.



Frente a la maquinaria y equipos intervenidos, tenemos que se han intervenido un total de 19 equipos de un total de 35 lo cual representa un 40%.

Para 2016 el programa TPM será aplicado a la totalidad de los equipos, para lograrlo contamos con el proceso de actualización del software de mantenimiento AM con las recomendaciones emitidas por el programa TPM.

Del mismo modo para 2016 se implementará la centralización de áreas de trabajo y acopio para maquinaria y equipos, continuar con la política de documentación de trabajos ejecutados, la implementación de lecciones aprendidas así como el control de atención a obras para el cierre de órdenes de trabajo en el AM.

Para mejorar la productividad en los equipos de alce y bombeo y los grupos de trabajo que intervienen en las actividades de mantenimiento y operación se deben seguir las siguientes recomendaciones.

- Implementar nuevas tecnologías y estrategias para disminuir costos y tiempos improductivos como en este caso aplicando el pilar 5S, mantenimiento autónomo y la programación de mantenimiento preventivo.
- Se implementaron actividades de evaluación para el personal técnico (operadores), porque en algunos casos éste personal pertenece a la obra y el equipo al departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA.
- Al existir una buena programación en todas las actividades de mantenimiento en los equipos del departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA, y con el personal adecuado, se pueden atender los daños inesperados que ocurren en las máquinas evitando al máximo el tiempo de éstos.
- Al utilizar las herramientas de control se visualizó los problemas más rotundos que había en cada operación, pudiendo así tomar medidas para solucionar dichos inconvenientes.
- Capacitar al personal en mantenimiento autónomo y detección de fallas ayuda obtener un diagnóstico más seguro del tema a tratar y enviar el personal correcto.

- Se realiza una programación definida por equipo o máquina a intervenir en la cual se involucra de una manera más comprometida el personal de compras para agilizar las tareas de mantenimiento.
- Se realiza un control más estricto sobre el manejo y recepción de las listas de chequeo semanal de los equipos por parte de los operadores y por la parte técnica para el control de mantenimiento.
- Existe un cronograma de fechas establecido para el montaje y despacho de equipos para las diferentes obras, con éste se observa el estado actual de mantenimiento de equipo, separación de piezas para el despacho, planeación de vehículos, cantidad de viajes y optimización de despachos.
- Con la mejora en las tarjetas de control y diagnóstico electromecánico se pueden colocar de una manera más organizada todas las tareas pendientes para la programación de revisión del equipo.
- Con la realización del pilar 5s y mantenimiento autónomo se están evitando los traslados innecesarios de las personas de mantenimiento a las obras, esto ayuda a optimizar el tiempo de mano de obra, tiempo de ejecución en otras actividades economía en el departamento de maquinaria y equipos.
- Con la implementación de las tarjetas visuales se eliminó el riesgo de daños por manipulaciones del personal externo a la actividad de mantenimiento.
- La mejora en los tiempos de cada operación se dieron cuando se hizo una programación, un orden, una clasificación de la herramienta y el control sobre las todas actividades de mantenimiento.
- Realizar este estudio ayudó a la empresa a reducir costos de producción y control de las operaciones que ayudan aumentar su utilidad y calidad en cada intervención de mantenimiento además de que los operarios trabajaran de una manera más ágil pero sin olvidarse de hacer un buen trabajo.

## Recomendaciones

- Realizar convenios entre el personal de compras y los proveedores para la calidad y cumplimiento en la entrega de los repuesto
- Capacitar continuamente a los operarios de la empresa con el fin de que conozcan los nuevos sistemas a utilizar.
- Mantener un enfoque permanente sobre cumplimiento de los pilares del TPM expuestos en éste trabajo de grado.
- El área de trabajo debe estar lo más limpia posible con el fin de eliminar el polvo o suciedad que interfieren en la calidad del mantenimiento y contaminación en el aceite, además aplicar las normas ambientales que el departamento de maquinaria y equipos tiene a disposición del personal técnico.
- Tratar de que los operadores de las máquinas o equipos que no pertenezcan al departamento de maquinaria y equipos de la constructora AIA sean los más idóneos para su manejo y mantenimiento, esto ayuda en gran manera a una excelente conservación y cuidado de éstas.
- Implementar equipos de trabajo enfocados en mejora continua y resolución de problemas.
- Implementar 5s en toda la organización.



## 9 REFERENCIAS

Arquitectos e Ingenieros Asociados. (2013). *AIA Construimos por naturaleza*.

Obtenido de <http://www.aia.com.co/es/>

Conalquipo. (2014). *Conalquipo: Alquiler de equipos para la construcción*.

Obtenido de <http://www.conalquipo.com/equipos/>

Seliyu. (18 de Septiembre de 2013). *Características del Mantenimiento Productivo*

*Total*. Obtenido de

<http://www.mantenimientopreventivo.info/2013/09/caracteristicas-del-mantenimiento-productivo-total/>

Siderar, w. (1995). *Las S5, herramientas de cambio*. Obtenido de

[http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/5s\\_cap1.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/5s_cap1.pdf)

Tavares, L. A. (2014). *Aministración moderna de mantenimiento*. Obtenido de


<http://es.slideshare.net/CarlosAlbertoZiga/administracion-moderna-de-mantenimiento-lourival-tavares>

Vega Arias, J. (9 de Abril de 2006). *Grúa Torre*. Obtenido de Monografías.com:

<http://www.monografias.com/trabajos32/grua-torre/grua-torre.shtml>

## 10 ANEXOS

### Anexo A: LISTA DE ACTIVIDADES MANTENIMIENTO PREVENTIVO MALACATES

		<b>Lista de actividades Mantenimiento preventivo malacates Departamento de Maquinaria y Equipos</b>			
EQUIPO:		CONTADOR:			
SERIE NUMERO:		UNIDADES:			
FECHA:					
<b>MAQUINA DE ELEVACION</b>					
Reductor de elevación					
Nivel de aceite reductor de elevación					
Nivel de aceite acople hidráulico					
Estado de cuñas tambor de elevación					
Fugas de aceite					
Estado de tambor de elevación					
Estado cable de carga					
Estado de bobina de frenos (V, amp)					
Estado de pastas de freno					
Calibración de freno					
Estado polea devanadora					
Estado plataforma					
Estado polea plataforma					
Estado guía de la cabina					
Estado freno de emergencia					
Estado resortes de cabina					
Estado de torres					
Estado de vientos o amiestres					
Estado de gallinazo					
Estado de sujeción chasis					
<b>SISTEMA ELECTRICO</b>					
Estado de contactores					
Estado de gabinete de control					
Estado de cable de alimentación (v)					
Estado de motor de elevación (v, amp)					
Estado de pulsadores					
Estado de cable de pulsadores					
Estado totalizador eléctrico (v)					
Voltaje de alimentación (v)					
Estado microsuiche final de carrera					
Señalización visual					
Señalización sonora					
<b>HERRAMIENTAS REQUERIDAS</b>					
1 Juego de llaves de 3/8" a 1"		Cinta aislante			
1 Llave de expansión		Limpiador de contactos			
1 Alicata de 6"		1 Tarro de 5-58			
1 Llave de tubo de 15"		Lijas varias			
1 almadana		Aceites			
1 Punzón					
1 Voltiampermetro					
1 Juego de destornilladores		Firma revisado:			
<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL</b>					
El trabajador tiene uniforme de dotación (camisa, pantalón y zapatos de	si	no	La zona se encuentra señalizada	si	no
El personal esta certificado para trabajos en alturas	si	no	Tiene casco con barbuquejo	si	no
Se diligencio el permiso para trabajos en alturas	si	no	Gafas	si	no
El personal tiene arnés certificado	si	no	Guantes	si	no
Los trabajadores se encuentran bien de salud	si	no	Tiene eslinga de posicionamiento	si	no
Firma(s) responsable					

## Anexo B: LISTA DE CHEQUEO SEMANAL BOMBA ESTACIONARIAS DE CONCRETO

<b>LISTA DE CHEQUEO SEMANAL BOMBAS ESTACIONARIAS DE CONCRETO</b> Departamento de Maquinaria y Equipos																			
<b>EQUIPO:</b>	<b>HOROMETRO/ODOMETRO:</b>	<b>FECHA INICIO (dd/mm/aaaa):</b>																	
<b>SERIE O PLACA:</b>	INICIO      FINAL	<b>FECHA FINAL (dd/mm/aaaa):</b>																	
<b>LUGAR DONDE SE ENCUENTRA:</b>		<b>METROS CUBICOS BOMBEADOS:</b>																	
Para diligenciar el formato coloque B si el sistema esta bueno, M si esta malo y una X donde aplique la acción ejecutada. Se debe diligenciar diariamente antes de iniciar operación con el equipo, posteriormente se debe enviar al departamento firmado por el Ingeniero encargado, el primer día hábil de cada semana																			
SISTEMA INSPECCIONADO		FRECUENCIA				SISTEMA INSPECCIONADO		FRECUENCIA											
SISTEMA HIDRAULICO		L	M	M	J	V	S	D	SISTEMA ELECTRICO Y DE CARGA DE BATERIAS		L	M	M	J	V	S	D		
Revisar estado de motores hidráulicos, mangueras y acoples, sin fugas.									Verificar que NO se encuentren paradas de emergencia activadas.										
Revisar estado general de los cilindros y empaquetaduras.									Verificación de señales led en el tablero. (todas encienden).										
Revisar si existen fugas por bloques hidráulicos.									Se encuentra el switch de encendido en buen estado.										
Drenaje diario del tanque de aceite hidráulico.									Verificación estado de los relevos (ajustados).										
Revisar nivel de aceite hidráulico.									Ajuste y limpieza bornes de la(s) batería										
SISTEMAS COMPLEMENTARIOS.									Funcionamiento del arranque del motor										
Verificar si requiere de mantenimiento preventivo.									Verificar el estado del control remoto.										
Revisión de radiadores, nivel de agua y limpieza.									Nivel de electrolito de la(s) batería										
Revisión Precarga del acumulador de nitrógeno.									Estado general de la(s) batería										
Revisión presión de aire en llantas.									Limpieza y estado de fusibles.										
Otros									Funcionamiento de alternador										
MOTOR									INTEGRIDAD ESTRUCTURAL Y SISTEMAS DE LUBRICACIÓN										
Revisión nivel de aceite de motor. NO arrancar si se encuentra bajo.									Verificar funcionamiento indicador nivel de combustible (tapa).										
Drenaje del filtro de combustible o purificador AK (el filtro negro).									Engrasar puntos válvula rock (manifold) y motor del agitador.										
Revisión de estado de correas de alternador y ventilador.									Estado general de la tapas de protección. SIN CORROSIÓN.										
Drenaje filtro separador de agua - combustible.									Verificar estado de conos hermeticos del agitador.										
Revisión de estado de filtros de combustible.									Revisión de ajuste de tornillos en general.										
Revisión y limpieza de filtro de aire primario.									Estado general de anillo y placa gafa.										
Revisión de nivel de líquido refrigerante.									Verificar el estado del tiro.										
SISTEMAS DE SEGURIDAD									ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL										
Maquina nivelada y apoyada en los estabilizadores y no en las llantas.									Botas pantaneras con puntera de seguridad.										
Cuando abre la tolva no funciona el agitador (switch activado).									Casco con barbuquejo.										
No dejar líquido en la caja de agua al finalizar el bombeo.									Protectores auditivos.										
Revisión de tornillería en el tiro de la bomba.									Protectores visuales.										
Instrumentos, display, manómetros, otros.									Botas de seguridad.										
Pulsadores de emergencia operativos.									Impermeable.										
<b>NIVEL DE COMBUSTIBLE:</b>									Guantes.										
	ALTO      MEDIO      BAJO																		
<b>OBSERVACIONES:</b>								Nombre y cedula del operador						Firma					
								Nombre y cedula encargado en obra						Firma y sello					





## Anexo D: LISTA DE CHEQUE MALACATE

LISTA DE CHEQUEO MALACATE		DIA												OBSERVACIONES	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO		
1	Están demarcados, delimitados y señalizados por donde sube y baja el malacate.														
2	La carga esta bien distribuida y no supera el peso permisible.														
3	Se cuenta con buena visibilidad, su puesto de trabajo esta protegido contra caída de objetos y se tiene establecido un código de señales para su operación.														
4	Se protege el motor y cuenta con polo a tierra, sus cables eléctricos están libres de empate y en buen estado.														
5	Los cables, las cremalleras, frenos, poleas y partes móviles, plataforma de cargue y descargue en pisos, vientos y verticalidad esta en buen estado.														
6	Se cuenta con buena iluminación en la zona de cargue, descargue y operación.														
7	El malacate es utilizado solo para materiales y equipos														
8	Los trabajadores que cargan o descargan el material del malacate a bordes de losa utilizan e ames de seguridad y linea de vida (OBC)														
9	La base se encuentra nivelada y cuenta con amortiguadores.														
10	Se observa la base bien anclada y segura.														
11	Se activa automaticamente el freno en el punto inferior o superior del recorrido.														
12	Se observa todos los vientos de la estructura en buen estado.														
13	Se observan las torres y sus empalmes en buenas condiciones y con su tomillera completa.														
14	La alturas de los rodapiés (canes) es maximo de 15 a 20 cm														
15	Cuando en una superficie en donde se camina y/o trabaja, se determine instalar barandas, estas se colocan a lo largo del borde que presenta el peligro de caída de personas y objetos.														
16	Los orificios (huecos) cercanos o dentro de la zona de trabajo, cuentan con cubiertas de protección tales como rejillas de cualquier material, tablas.														
17	El Malacate sube y baja la carga lentamente (OBC)														
18	El malacate tiene seguro en la puerta para evitar la caída de materiales														
19	El operador abandona los controles mientras tiene la carga suspendida (OBC)														
20	Se evalua las condiciones climaticas en el momento del izaje, con el fin de confirmar que el mismo se puede realizar de forma segura (lluvia, tormentas electricas, vientos fuertes).														
21	El operador hace buen uso del Malacate y sus componentes (OBC)														
22	Todo el movimiento desde el punto inicial, su trayectoria y el punto final, esta claramente entendido por el personal del área y el ejecutante														
23	El personal que ejecuta la maniobra esta conciente de los peligros, consecuencias y controles														
24	Hay pleno conocimiento y control de las condiciones ambientales y operativas que pueden afectar de alguna forma la segura ejecución de la operación de mover e izaje las cargas														
25	Se transporta personas en el malacate.														
26	Se dejan las cargas izadas, una vez iniciado el movimiento (Este debe culminar con la estabilización de la carga en el lugar de destino).														
27	Se utiliza el equipo para izaje de carga en labores como: halar, despegar, destrabar y empujar.(OBC)														
28	Se revisa el estado del cable de punta a punta														
Horas de operación.															
Firma del operador.															
VoBo de la obra.															




## Anexo F: LISTA DE ACTIVIDADES MANTENIMIENTO PREVENTIVO TORRES GRÚAS

		<b>Lista de actividades</b> <b>Mantenimiento preventivo torregruas</b> <b>Departamento de Maquinaria y Equipos</b>		
EQUIPO:		CONTADOR:		
SERIE NUMERO:		UNIDADES:		
FECHA:				
Nombre y firma del profesional que programa y despacha:				
<b>MAQUINA DE ELEVACION</b>				
Estado tramo inicial				
Estado tambor de cable				
Estado cuña terminal cable				
Estado polea devanadora				
Estado soporte polea devanadora				
Estado gancho de carga				
Estado terminal giratoria de cable				
Estado de cable (s)				
Estado de reductor de elevación				
Estado de soporte de reductor de elevación				
<b>SISTEMA DE ORIENTACION</b>				
Estado corona de giro				
Estado reductor de giro				
<b>SISTEMA DE DISTRIBUCION</b>				
Estado reductor de carro coche				
Estado roles de carrocoche				
Estado poleas de carro coche				
Estado de polea tensora				
Estado tensión de carro coche				
Estado de cable de carro coche				
<b>SISTEMA ELECTRICO</b>				
Estado cabina de control				
Estado de contactores				
Estado de cable de alimentación (v)				
Estado de motor de giro (v, amp)				
Estado de motor de carro coche (v, amp)				
Estado de motor de elevación (v, amp)				
Estado de conexiones generales				
Estado de anillos rozantes				
Estado de microsuiches				
Estado de cable conductor de pica				
Estado de cable de pulsador				






# Anexo H: LISTA DE CHEQUEO TORRE GRÚA

	OBRA: <b>HHA</b>	OPERADOR: <b>Wilson Tejada</b>	EQUIPO: <b>MC. 65 A2</b>
	FECHA: DESDE: <b>29</b> HASTA: <b>31</b>	DEL MES DE: <b>DICIEMBRE</b> DEL AÑO: <b>2014</b> SEMANA: _____	

LISTA DE CHEQUEO TORRE GRUA	DIA		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo		OBSERVACIONES
	FRECUENCIA	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO		
<b>Mecanismo de Orientación</b>	D	S															
Engrasar corona ( rodamientos interiores )	X																
Engrasar corona y piñón de reductor de giro	X																
Verificar niveles de aceite del reductor *	X																
Freno de giro debe estar abierto para operación	X		X	X													
<b>Sistema de traslación carro coche</b>																	
Verificar estado de poleas del cable	X		X	X													
Verificar estado del cable(engrasar si es necesario)	X		X	X													
Verificar niveles de aceite del reductor *	X		X	X													
Verificar que el sistema de freno no desliza	X		X	X													
Inspeccionar estado de los roles	X		X	X													
<b>Sistema de Elevación</b>																	
Engrasar chumaceras soporte del tambor	X		X														
Engrasar polea loca	X		X														
Verificar estado del cable(engrasar si es necesario)	X		X	X													
Verificar niveles de aceite del reductor *	X		X	X													
Engrasar del gancho de elevación	X		X	X													
Verificar que el sistema de freno no desliza	X		X	X													
<b>Conjunto</b>																	
Realizar prueba de carga	X		X	X													
Verificar estado de tornillería en general	X		X														
Tensar el cable del carro coche, si es necesario	X		X														
Verificar la tensión de alimentación ( Voltaje )	X		X														
Verificar el estado de los cables eléctricos	X		X	X													
Revisión del equipo	X		X	X													
Inspeccionar anillos de venteo y arriostamiento	X		X														
Verificar estado base de apoyo	X		X	X													
Verificar funcionamiento interruptor puesta en marcha	X		X	X													
Verificar funcionamiento botón parada emergencia	X		X	X													
Verificar funcionamiento de los mandos en vacío	X		X	X													
Verificar funcionamiento de cada mecanismo	X		X	X													
La torre dispone de escala fija, con resguardo perimetral en toda su longitud, los peldaños son de una sola pieza, sin defectos ni corrosión, limpios y libres de grasa y están soldados a la estructura, conservando la misma distancia entre si	X																
Las partes soldadas de los cuerpos están libres de fisura y corrosión.	X																
Esta restringido, señalado y demarcado la circulación del personal por el área de operación de la torre grúa	X			X	X												
Se encuentra indicada la carga máxima de la torre grúa	X			X	X												
Dispone de limitador del recorrido del gancho y fin de carrera del carro	X			X	X												
Las instalaciones eléctricas, el motor, el freno, los cables y la polea, funcionan correctamente y cuentan con guardas de seguridad en los sistemas de transmisión.	X																
Se protege el motor de las lluvias y cuenta con polo a tierra, sus cables eléctricos están libres de empuje y en buen estado.	X			X	X												
El cuerpo de la torre grúa conserva la verticalidad (plomada).	X			X	X												
La cabina se encuentra en perfectas condiciones de orden y limpieza.	X			X	X												
Se cuenta con el radio y el señalero para orientar al operario de la torre grúa.	X			X	X												
Verificar el estado de los cables de acero y accesorios de elevación utilizadas para izar la carga, se encuentran en perfecto estado (eslingas, grapas sujeta-cables, cadenas, gancho y pestillo de seguridad) libres de hilos o tortonos rotos y estan libres de oxido y dobleces.	X			X	X												
El ayudante tiene formación e instrucciones precisas sobre los métodos de engancho y la utilización de los elementos de izado (estrobos, cables, ganchos, cadenas, canasta, manejo de baldes, etc).	X			X	X												
El ayudante conoce las capacidades y limitaciones de la grúa.	X			X	X												
En los casos que por altura o la falta de visibilidad se utiliza un Radio de comunicación.	X			X	X												
El gancho posee dispositivo de aseguramiento	X			X	X												
Hay longitud suficiente de cable	X			X	X												
Se elabora un plan de izaje ya sea crítico o no.	X			X	X												
Todo el movimiento desde el punto inicial, su trayectoria y el punto final, esta claramente entendido por el personal del área y el ejecutante	X			X	X												
El personal que ejecuta la maniobra esta conciente de los peligros, consecuencias y controles	X			X	X												
Hay pleno conocimiento y control de las condiciones ambientales y operativas que pueden afectar de alguna forma la perfecta ejecución de la operación de	X			X	X												
Se transporta personal en el balde de la torre grúa.	X			X	X												
Se dejan las cargas izadas, una vez iniciado el movimiento (Este debe culminar con la estabilización de la carga en el lugar de destino).	X			X	X												
NOTA: Se utiliza el equipo para izaje de carga en labores como: halar, despegar, destrabar y empujar. (OBC)	X			X	X												
NOTA: Se evalua las condiciones climaticas en el momento del izaje, con el fin de confirmar que el mismo se puede realizar de forma segura (lluvia, tormentas eléctricas, vientos fuertes). (OBC)				X	X												
* AJUSTAR SI SE REQUIERE																	
Horas de operación.																	
Firma del operador.																	<i>Wilson Tejada</i>
VoBo de la obra.																	

Anexo I: LISTA DE CHEQUEO MALACATE


**CONTRIBUCIÓN A LA SEGURIDAD**

OBRA: 360° OPERADOR: Fernando Palacios  
 FECHA: DESDE: 8-12-14 HASTA: 13-12-14 SEMANA: 2

LISTA DE CHEQUEO MALACATE	DIA		L		M		M		J		V		S		OBSERVACIONES
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1 Están demarcados, delimitados y señalizados por donde sube y baja el malacate.	X		X		X		X		X		X		X		
2 La carga está bien distribuida y no supera el peso permisible.	X		X		X		X		X		X		X		
3 Se cuenta con buena visibilidad, su puesto de trabajo está protegido contra caída de objetos y se tiene establecido un código de señales para su operación.	X		X		X		X		X		X		X		
4 Se protege el motor y cuenta con polo a tierra, sus cables eléctricos están libres de empalme y en buen estado.	X		X		X		X		X		X		X		
5 Los cables, las cremalleras, frenos, poleas y partes móviles, plataforma de carga y descargue en pisos, vientos y verticalidad está en buen estado.	X		X		X		X		X		X		X		
6 Se cuenta con buena iluminación en la zona de carga, descargue y operación.	X		X		X		X		X		X		X		
7 El malacate es utilizado solo para materiales y equipos	X		X		X		X		X		X		X		
8 los trabajadores que cargan o descargan el material del malacate a bordes de losa utilizan e armas de seguridad y línea de vida (OBC)	X		X		X		X		X		X		X		
9 La base se encuentra nivelada y cuenta con amortiguadores.	X		X		X		X		X		X		X		
10 Se observa la base bien anclada y segura.	X		X		X		X		X		X		X		
11 Se activa automáticamente el freno en el punto inferior o superior del recorrido.	X		X		X		X		X		X		X		
12 Se observa todos los vientos de la estructura en buen estado.	X		X		X		X		X		X		X		
13 Se observan las torres y sus empalmes en buenas condiciones y con su tornillería completa.	X		X		X		X		X		X		X		
14 La altura de los rodapiés (canees) es máximo de 15 a 20 cm	X		X		X		X		X		X		X		
15 Cuando en una superficie en donde se camina y/o trabaja, se determine instalar barandas, estas se colocan a lo largo del borde que presenta el peligro de caída de personas y objetos.	X		X		X		X		X		X		X		
16 Los edificios (huecos) cercanos o dentro de la zona de trabajo, cuentan con cubiertas de protección tales como rejillas de cualquier material, tablas.	X		X		X		X		X		X		X		
17 El Malacate sube y baja la carga lentamente (OBC)	X		X		X		X		X		X		X		
18 El malacate tiene seguro en la puerta para evitar la caída de materiales	X		X		X		X		X		X		X		
19 El operador abandona los controles mientras tiene la carga suspendida (OBC)	X		X		X		X		X		X		X		
20 Se evalúa las condiciones climáticas en el momento del izaje, con el fin de confirmar que el mismo se puede realizar de forma segura (luvia, tormentas eléctricas, vientos fuertes).	X		X		X		X		X		X		X		
21 El operador hace buen uso del Malacate y sus componentes (OBC)	X		X		X		X		X		X		X		
22 Todo el movimiento desde el punto inicial, su trayectoria y el punto final, está claramente entendido por el personal del área y el ejecutante	X		X		X		X		X		X		X		
23 El personal que ejecuta la maniobra está conciente de los peligros, consecuencias y controles	X		X		X		X		X		X		X		
24 Hay pleno conocimiento y control de las condiciones ambientales y operativas que pueden afectar de alguna forma la segura ejecución de la operación de mover e izar las cargas	X		X		X		X		X		X		X		
25 Se transporta personas en el malacate.	X		X		X		X		X		X		X		
26 Se dejan las cargas izadas, una vez iniciado el movimiento (Esta debe culminar con la estabilización de la carga en el lugar de destino).	X		X		X		X		X		X		X		
27 Se utiliza el equipo para izaje de carga en labores como: halar, despegar, destripar y empujar.(OBC)	X		X		X		X		X		X		X		
Horas de operación.	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	47
Firma del operador.															Fernando palacios
VoBo de la obra.															Margarita Edu...

El sistema de Frenos del malacate no funciona desde el 13 de diciembre 4 P.M

ESTO QUEDO RESUELTO EL MISMO DIA DE ACUERDO A INSTRUCCION RECIBIDAS VIA TELEFONICA POR PARTE DEL DEPARTAMENTO DE EQUIPOS

Anexo J: LISTA DE CHEQUEO TORRE GRÚA

**LISTA DE CHEQUEO SEMANAL BOMBAS ESTACIONARIAS DE CONCRETO**  
Departamento de Maquinaria y Equipos

CONSTRUMOS FOR NATURALIZA

**AVA**

EQUIPO: **CHILLING SP 1000** HOROMETRO/ODOMETRO: **1,5485 1,509,1**

SERIE O PLACA: **10189** **340° APARTAMENTO**

LUGAR DONDE SE ENCUENTRA: **340° APARTAMENTO**

FECHA INICIO (dd/mm/aaaa): **08 - Dic - 2014**

FECHA FINAL (dd/mm/aaaa): **06 - Dic - 2014**

METROS CUBICOS BOMBADOS: **26 m<sup>3</sup>**

Para diligenciar el Formulario coloque B si el sistema está bueno, M si está malo y una X donde aplique la acción ejecutada. Se debe diligenciar diariamente antes de iniciar operación con el equipo. Posteriormente se debe enviar al Departamento firmado por el Ingeniero encargado, el primer día hábil de cada semana

SISTEMA INSPECCIONADO	FRECUENCIA							SISTEMA INSPECCIONADO	FRECUENCIA						
	L	M	M	J	V	S	D		L	M	M	J	V	S	D
<b>SISTEMA HIDRAULICO</b>															
Revisar estado general de los cilindros y empaquetaduras	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisar estado de mangueras y soportes, sin fugas	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisar si existen fugas por bombas hidráulicas.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisar nivel de aceite hidráulico.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
<b>SISTEMAS COMPLEMENTARIOS</b>															
Verificar si requiere de mantenimiento preventivo.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisión de radiadores, nivel de agua y limpieza.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisión Proccarga del acumulador de nitrógeno.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisión presión de aire en llantas.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Otros	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
<b>MOTOR</b>															
Revisión nivel de aceite de motor. NO arrancar si se encuentra bajo.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Drenaje del filtro de combustible o purificador. AK (el filtro negro)	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisión de estado de correas de alternador y ventilador.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Drenaje filtro separador de agua - combustible	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisión de estado de filtros de combustible	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisión y limpieza de filtro de aire primario.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisión de nivel de líquido refrigerante.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
<b>SISTEMAS DE SEGURIDAD</b>															
Maquina nivelada y apoyada en los estabilizadores y no en las llantas.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Cuando abre la llave no funciona el agitador (switch activado)	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
No drenar líquido en la caja de agua al finalizar el bombeo.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Revisión de tornillería en el tiro de la bomba.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Instrumentos: display, manómetros, otros.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Pulsadores de emergencia operativos	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
<b>NIVEL DE COMBUSTIBLE:</b>															
ALTO															
MEDIO	X														
BAJO															
<b>OBSERVACIONES: LOS ESTABILIZADORES DEL MOTOR SON HECHOS DE BOMBA TORRE. LOS ESTABILIZADORES Y CON FUGA EN LA BOMBAS. EN ESTE MOTOR LA ESTACIONAMIENTO SE UTILIZO 3 DIAS SIN ESTE MOTOR Y EN EL DE BOMBA SE PUEDE OBSERVAR QUE FUE CABO Y CONTINUO</b>															
Nombre y cedula encargado en obra								Firma y sello							
Gabriel Merz								Gabriel Merz							
ID: 18.168.932								ID: 18.168.932							
Calm Bmha								Calm Bmha							

[Anexo K: Manual de Instrucciones](#)