

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO AL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL
EQUIPO MOVIL DE LAS PLANTAS DE CONCRETO DE CEMEX
PREMEZCLADOS S.A. UBICADAS EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

JOSE MANUEL CASTIBLANCO BAUTISTA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECANICA
SECCIONAL BUCARAMANGA

2015

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO AL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL
EQUIPO MOVIL DE LAS PLANTAS DE CONCRETO DE CEMEX
PREMEZCLADOS S.A. UBICADAS EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

PRESENTADO POR:

Ing. Mecánico; JOSE MANUEL CASTIBLANCO BAUTISTA

ID: 000175576

Informe Final de Trabajo de Grado presentado como
Requisito para optar por el Título de
Ingeniería Mecánica

PRESENTADO A:

Docente, Carrera Ing. Mecánica; EDWIN CORDOBA TUTA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECANICA
SECCIONAL BUCARAMANGA

2015

Nota de Aceptación

A DIOS, a mi mama,
papa, hermana,
profesores, compañeros
de universidad, amigos y
práctica empresarial por
apoyarme siempre en mi
formación integra como
persona y profesional.

Agradecimientos

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud y sabiduría para lograr mis Objetivos.

A mi madre.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido formarme como una persona de bien, pero más que nada, por su amor en todo momento.

A mi padre.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su exigencia que siempre buscaba mostrar lo mejor de mí.

A mi hermana por ser el ejemplo de una hermana mayor y de la cual aprendí a ser una persona responsable y dedicada

A mis maestros gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional

A Cemex Premezclados S.A.

Por haberme dado la oportunidad de realizar mi práctica empresarial en esta gran empresa.

Gracias a ustedes.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1. OBJETIVOS.....	12
1.1. Objetivo general.....	12
1.2. Objetivos específicos.....	12
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	13
2.1. Nombre de la empresa:.....	13
2.2. Nombre del departamento: CEMEX PREMEZCLADOS S.A.....	13
2.3. Ubicación.....	13
2.4. Teléfono.....	13
2.5. Actividad económica de la empresa:.....	13
2.6. Actividad económica del departamento:.....	13
2.7. Estructura organizacional.....	13
2.8. Reseña histórica.....	14
2.9. Descripción del área de trabajo.....	14
3. Diagnóstico de la empresa.....	15
4. Antecedentes.....	15
A. Garantizar la disponibilidad operativa de equipos móviles.....	16
B. Organización de contratos equipo móvil.....	16
4.1. Relación producción y mantenimiento.....	16
4.2. Historial de los equipos.....	17
A. Mantenimiento correctivo.....	17

B.	Mantenimiento preventivo	17
C.	Ordenes de trabajo	18
D.	Consumibles y repuestos.....	18
5.	Justificación	18
6.	Marco Teórico	19
6.1	TIPOS DE MANTENIMIENTO	19
6.1.1	Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición	19
6.1.2	Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo	19
6.1.3	Mantenimiento Correctivo o a la Rotura	19
6.1.4	Matriz de Excelencia	20
7.	Metodología	22
8.	Actividades Desarrolladas y Propuestas Implementadas	22
9.	Descripción de Propuestas Implementadas	23
9.1.	Calculo de disponibilidad operativa de algunos equipos móviles	25
9.2.	Aplicación de la matriz de excelencia	27
9.3	Parámetros de stock de repuestos críticos	30
9.4	Plan de acción de acuerdo a los hallazgos encontrados en la evaluación de la matriz de excelencia	32
10	Evaluación de Resultados de la Implementación	36
	Conclusiones	38
	Recomendaciones	39
	Bibliografía.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estructura organizacional del área de mantenimiento.....	14
Figura 2. Base de datos información semanal de fallas presentes en equipos.....	24
Figura 3. Duración operación de las plantas Bucaramanga.....	25
Figura 4. Disponibilidad operativa equipo móvil 25/11/2014	26
Figura 5. Disponibilidad operativa equipo móvil 04/12/2014	26
Figura 6. Disponibilidad operativa equipo móvil 12/12/2014	26
Figura 7. Matriz de excelencia	27
Figura 8. Historial de repuestos usados	31
Figura 9. Formato Seguimiento de mantenimientos realizados.....	33
Figura 10. Formato de historial de mantenimientos realizados.	35

Glosario

MIXER: Camión mezclador de concreto.

DISPONIBILIDAD: Capacidad de un activo para estar en estado arriba para realizar la función requerida en un instante dado de tiempo, bajo condiciones dadas..

EQUIPO MOVIL: Es la flota móvil con la que cuenta la compañía en este caso consta de: mixer, bombas estacionarias, de tiro y autobomba.

STOCK DE REPUESTOS: Conjunto de materiales y artículos que se almacenan, para satisfacer la línea de producción de una compañía.

SAP: "Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung ("Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos"). Es un software con cual se crean ordenes de trabajo, se retroalimentan, se dan cierres técnicos a los mantenimientos tanto correctivos y preventivos de los equipos.

ORGANIGRAMA: Representación gráfica de la estructura de una empresa o cualquier otra organización.

CONFIABILIDAD: Capacidad de un equipo para realizar una función requerida en un intervalo de tiempo bajo condiciones específicas.

TMEF: Tiempo promedio entre fallas.

TMER: Tiempo promedio para reparar.

FMA: Análisis de modo de falla.

RCA: Análisis causa raíz.

AGENTE DE SERVICIO: Es el conductor en turno del camión mezclador.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Propuesta de mejoramiento al plan de mantenimiento del equipo móvil de las plantas de concreto de CEMEX PREMEZCLADOS S.A. ubicadas en la ciudad de Bucaramanga

AUTOR(ES): Jose Manuel Castiblanco Bautista

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR(A): Edwin Cordoba Tuta

RESUMEN

Actualmente el correcto diseño y desarrollo del plan de mantenimiento es de gran importancia en las empresas ya que debido a un correcto plan que se ajuste a las expectativas de cada empresa, esta podrá mejorar los niveles de eficiencia de los activos, asegurar la vida operativa, cumplir con requerimientos legales, de seguridad, de calidad, disminuir tiempos de paradas y aumentar la disponibilidad de los equipos con el fin de garantizar la eficiencia y eficacia de las operaciones, mejorar la imagen de la empresa y aumentar la confiabilidad de la misma. El siguiente documento presenta las posibles mejoras al plan de mantenimiento actual de los equipos móviles del Departamento De Mantenimiento De Equipo Móvil de Bucaramanga de Cemex Premezclados S.A. que se desarrolló durante una práctica empresarial. De forma ilustrativa se incluye la aplicación de los conocimientos puestos a prueba en el mejoramiento que se realizó durante la práctica empresarial

PALABRAS CLAVES:

Disponibilidad, confiabilidad, Matriz de excelencia Practica, Mantenimiento

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Proposal for improvements to the maintenance plan of the transport equipment concrete plants PREMEZCLADOS CEMEX SA located in the city of Bucaramanga

AUTHOR(S): Jose Manuel Castiblanco Bautista

FACULTY: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR: Edwin Cordoba Tuta

ABSTRACT

Nowadays the correct design and development of the maintenance plan have a great importance in industries since a correct plan adjusted to each industry's expectations will enhance assets efficiency levels, ensure operational life comply with legal requirements, safety, quality, reduce downtime and increase availability of equipment in order to ensure efficiency and effectiveness of operations, enhance Company image and increase its reliability. This document presents possible improvements to the current maintenance plan of mobile assets from (MOBILE EQUIPMENT MAINTENANCE DEPARTMENT OF BUCARAMANGA MOBILE EQUIPMENT PREMIXED CEMEX SA) that was developed during a past internship. Illustratively the application of knowledge tested on the improvement that was made during business practice included

KEYWORDS:

Availability, reliability , Matrix excellence.,Practice, Maintenance

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es uno de los factores mas importantes de una compañía, ya que el correcto desarrollo del mismo garantiza el correcto desarrollo de las operaciones de la empresa. Como sabemos el mantenimiento de una empresa debe estar en constante cambio para garantizar la efectividad del mismo, no s debe seguir usando la misma tecnica de años atrás, debido a los distintos factores surgen a diario en los equipos.

Por tal motivo es necesario realizar una evaluacion a la estretegia de mantenimiento actual mediante la aplicación de tecnicas de mantenimiento como lo es la matriz de excelencia, con el fin de observar las falencias el plan actual y mediante los hallazgos encontrados desarrollar un plan de accion, para mejorar la estrategia actual de mantenimiento del equipo movil.

El siguiente informe se ha hecho con el fin de documentar la gestion realizada dentro de la compañía, con el fin de aumentar la disponibilidad operativa del equipo movil mediante aportes de mejoras en la estrategia actual de mantenimiento del equipo movil.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Aumentar la disponibilidad operacional del equipo móvil a partir de mejorar el plan de mantenimiento de las Plantas de concreto de CEMEX PREMEZCLADOS S.A.

1.2. Objetivos específicos

1. Recopilar información de la organización del mantenimiento actual de los equipos móviles y realizar cálculo de la disponibilidad operativa actual.
2. Evaluar el nivel de mantenimiento del equipo móvil de las plantas de Bucaramanga mediante la aplicación de la matriz de la excelencia.
3. Definir parámetros de reposición de stock de repuestos críticos en las plantas de Bucaramanga.
4. Generar plan de acción de acuerdo a los hallazgos encontrados del plan de mantenimiento actual.

2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1. Nombre de la empresa: CEMEX COLOMBIA S.A.

2.2. Nombre del departamento: CEMEX PREMEZCLADOS S.A.

2.3. Ubicación: Plantas de concreto Bucaramanga – Santander

2.4. Teléfono: (577) 6388673

2.5. Actividad económica de la empresa: Actividades comerciales e industriales relacionadas con producción, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de cemento y sus derivados.

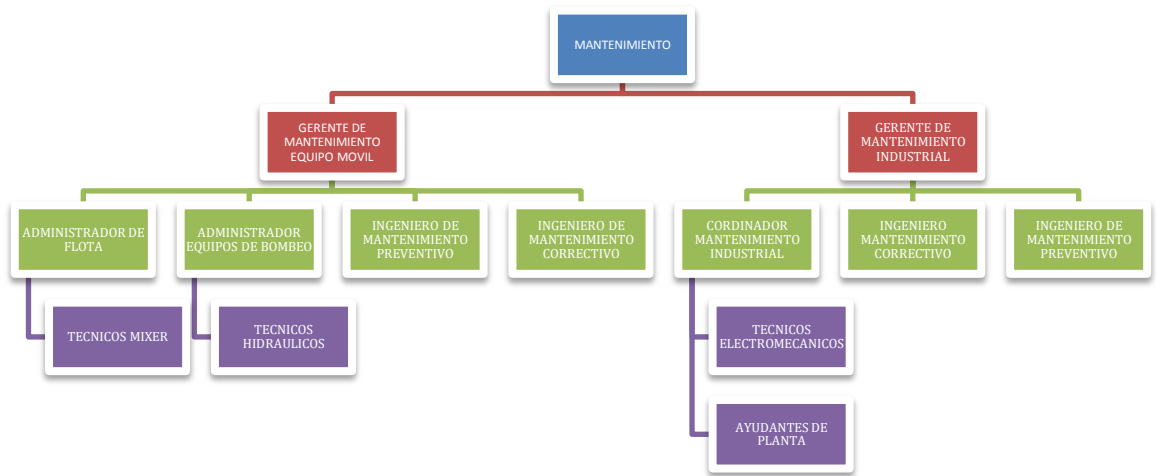
2.6. Actividad económica del departamento: Producción, transporte, distribución, comercialización de concreto y soluciones al constructor.

2.7. Estructura organizacional

El departamento de mantenimiento en Cemex Premezclados S.A. está dividido en dos mantenimiento equipo móvil y mantenimiento industrial.

El departamento de mantenimiento está organizado de la siguiente forma:

Figura 1. Estructura organizacional del área de mantenimiento



Fuente: Autor

2.8. Reseña histórica

En 1906 fue fundada en la ciudad de Monterrey con la apertura de la planta de Cementos Hidalgo. Con el pasar de los años e incursionando no solo en la producción de cemento si no también produciendo toda una línea de productos de construcción desde concreto hasta ofrecer soluciones al constructor. De este modo se ha ido consolidando esta empresa de México en el mundo.

En 1996 se hizo la tercera compañía más grande del mundo al adquirir Cementos Diamante y Cementos Samper.

En 2006 con más de 50,000 empleados Cemex celebra el centenario de la compañía.

2.9. Descripción del área de trabajo

Las plantas de Cemex Premezclados de Bucaramanga consta de dos plantas mezcladoras y una dosificadora y en cuanto a equipo móvil consta de 45 MIXER y 2 autobombas, 2 bombas estacionarias y 1 bomba de tiro.

Nombre del supervisor: Sergio Andrés Caballero Martínez

Cargo del supervisor: Jefe de planta, Planta Florida Cemex Premezclados S.A.

3. Diagnóstico de la empresa

Cementos Mexicanos S.A.B. de C.V. es una compañía de soluciones para la industria de la construcción que opera actualmente en cuatro continentes, con 66 plantas de cemento, 2000 instalaciones de concreto premezclado, 400 canteras, 260 centros de distribución y 80 terminales marinas. Ofrece productos y servicios a clientes en más de 50 países.

Cemex concretos es una división de la compañía, la cual desarrolla como actividad económica la producción de concreto y ofrece el servicio de soluciones al constructor, entregando al cliente no solo el producto, sino que además ofrece el servicio y acompañamiento hasta tiempo posterior de haber utilizado el concreto. Cemex concretos posee diversas tipos de plantas y equipos móviles en lo que se puede nombrar plantas mezcladoras, dosificadoras y en cuanto equipo móvil tales como mixer, bombas de tiro, estacionarias y autobombas. En Bucaramanga se encuentra la regional estando presentes en la ciudad las plantas de Florida y Surata.

4. Antecedentes

El departamento de mantenimiento de Cemex Premezclados S.A. busca garantizar que los equipos tengan una alta disponibilidad operativa con el fin de ofrecer a los clientes un producto y servicio de alta calidad con equipos que

cumplan la función específica en el intervalo de tiempo que dure la operación bajo condiciones específicas. La estrategia de mantenimiento no es solo un plan metódico de conservación y disminuir fallas, es una tarea en constante cambio la cual debe mejorar día a día.

El departamento de mantenimiento se encuentra organizado de la siguiente manera:

A. Garantizar la disponibilidad operativa de equipos móviles

- Mediante contratos de mantenimiento para realizar mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos que requieran una especialización mediana. Para los de especialización alta se usan talleres externos encargados de realizar dichas tareas.
- Mediante actividades de mantenimiento preventivo planeadas y programadas semanalmente de acuerdo a los horómetros de los equipos móviles.
- Con un plan de reacción basado en una disponibilidad continua y una reacción inmediata con personal propio de la empresa o externo según el caso.

B. Organización de contratos equipo móvil

- CONTRATO NACIONAL DE MANTENIMIENTO MIXER.
- CONTRATO NACIONAL DE MANTENIMIENTO BOMBAS.

4.1. Relación producción y mantenimiento

La relación entre el área de producción y mantenimiento consiste en que entre más volumen en las plantas se produzca se podrá contar con más recursos para evaluar y realizar mantenimientos correctivos de pendientes de los equipos. A la hora de que hayan los recursos, primero que todo se cotiza el valor del mantenimiento a realizar, después pasa a gerencia para que autorice dicho mantenimiento o se postergue dado el caso a continuación se realiza una orden de

comprar de los repuestos necesarios para realizar el mantenimiento y finalmente se realiza una orden de trabajo para que se realice.

4.2. Historial de los equipos

La hoja de vida de los equipos se encuentra en una base de datos por un software implementado a nivel nacional llamado SAP, el cual posee una base de datos que registra el historial de mantenimientos preventivos y correctivos que se le han realizado a cada equipo. Este software clasifica los equipos según su tipo, criticidad y responsable del mantenimiento del equipo.

A. Mantenimiento correctivo

A La hora de realizar mantenimientos correctivos en los equipos estos se solicitan por el agente de servicio que realiza la inspección diaria con el check list, el practicante de mantenimiento solicita la revisión de las fallas a los técnicos (mecánicos) en el taller de acuerdo al tipo de trabajo y criticidad se programa para realizarse si es un trabajo mayor de alto impacto económico se solicita la autorización con los encargados.

B. Mantenimiento preventivo

Los mantenimientos preventivos son programados semanalmente por el ingeniero de mantenimiento preventivo, se descargan las órdenes de trabajo por SAP, se revisa que ya se cuente con los consumibles para realizarse y se entrega a los técnicos para su oportuna realización según lo programado, en caso no cumplirse debe hacerse un registro con su debida explicación. Después de realizarse este se retroalimenta por el ingeniero de mantenimiento y se da el cierre.

C. Ordenes de trabajo

Las ordenes de trabajo de mantenimiento son formatos que maneja la compañía, con el fin de llevar una documentación física y digital de los mantenimientos realizados, este informe contiene datos como fecha de realización del mantenimiento, actividades a realizar, código del equipo, consumibles usados y horometro del equipo.

D. Consumibles y repuestos

El tema de consumibles y repuestos consiste en que le técnico presente la solicitud al practicante esta información se valida y se envía un mail al administrador con la solicitud, consumibles a usar y código de los equipos al cual se le aplicaran, este se encarga de realizar la solicitud de compra y envió del material solicitado

5. Justificación

Un correcto plan de mantenimiento el cual tenga como objetivo estar en constante mejora para garantizar la alta disponibilidad operativa de los equipos, es de gran importancia para la industria en este caso para Cemex Premezclados S.A. garantizando la alta disponibilidad de sus equipos garantizara que la producción sea llevado de acuerdo a los tiempos estipulados con calidad acordada.

Es tarea del departamento de mantenimiento realizar evaluaciones al estado del mantenimiento actual de la empresa y observar que posibles mejoras se pueden aplicar a corto, mediano y largo plazo para garantizar la disponibilidad de los equipos. Ya que en una empresa como está el tiempo de reparación, la espera por repuestos o la falta de equipos para garantizar los tiempos de entrega del producto se ven manifestados de forma inmediata económicamente y en la eficiencia de la planta, teniendo como resultado desmejorar la imagen de la empresa.

Con la experiencia vivida como practicante en el área de mantenimiento además de aplicación de las técnicas de mantenimiento aprendidas en la Universidad, se pudo evaluar el estado actual del mantenimiento del equipo móvil de las plantas de Bucaramanga y se logró obtener un plan de acción que se verá reflejado en disminución de costos, aprovechamiento de recursos, implementación de técnicas de mantenimiento, reducir tiempos de reparación teniendo como resultado positivo el aumento de la disponibilidad operativa de los equipos y mantener o incluso mejorar la imagen positiva de la empresa con sus clientes.

6. Marco Teórico

6.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO

6.1.1 Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición

Consiste en inspecciones a los equipos en intervalos regulares y tomar acción para prevenir para prevenir fallas de acuerdo a los hallazgos encontrados. Incluye tanto inspecciones objetivas realizadas con instrumentación y subjetivas con los sentidos, como la reparación de fallas potenciales.

6.1.2 Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo

Consiste en reacondicionar o sustituir en intervalos de tiempo regulares un equipo o sus condiciones, independientemente de su estado en ese momento. El proceso se ejecuta en ciclos específicos según requisitos legales, estándares de la empresa o recomendaciones del fabricante.

6.1.3 Mantenimiento Correctivo o a la Rotura

Consiste en la sustitución de partes en equipo que una vez han fallado, ocurre de urgencia y emergencia, es la reparación de la falla funcional. Existe dos tipos de mantenimiento correctivo: el programado y el no programado.

6.1.4 Matriz de Excelencia

Matriz que evalúa 10 áreas fundamentales del mantenimiento de una planta comparado con el mantenimiento clase mundo.

Las áreas que evalúa son:

6.1.4.1 Estrategia corporativa de mantenimiento

La cual evalúa la estrategia de corporativa de mantenimiento de la empresa y la implementación de planes a largo plazo, indicadores de cumplimiento y mejoras en las estrategias de mantenimiento actuales.

6.1.4.2 Administración y organización

Se pretende que exista una estructura organizacional en el área de mantenimiento con logística, recursos humanos, gerencia y demás áreas del negocio.

6.1.4.3 Planeación y programación

Evalúa que se tenga metodología para planeación, programación, ejecución y control del plan de mantenimiento.

6.1.4.2 Técnicas de mantenimiento

Evalúa la estrategia de mantenimiento basada en análisis estructurados confiabilidad basado en condición y riesgo.

6.1.4.3 Medidas de desempeño

Evalúa indicadores de confiabilidad con base en estadísticas de falla mínimo en equipos críticos.

6.1.4.4 Tecnología de la información y su uso

Evalúa el sistema de manejo de información y su interacción con los módulos de mantenimiento e interconexión con el área contable.

6.1.4.5 Involucramiento de los empleados

Evalúa la existencia de grupos de trabajo de alto desempeño encargados de generar proyectos de mejoramiento, con su debido plan de trabajo y monitoreados por comités de mejoramiento. También evalúa las competencias del personal de mantenimiento.

6.1.4.6. Análisis de confiabilidad

Evalúa la existencia del programa de total de confiabilidad (predicción y ajuste de estrategia de mantenimiento con base en estudios de confiabilidad)

6.1.4.7. Análisis de procesos

Revisión y mejora permanente de los procesos de gestión certificados bajo norma, revisión de procedimientos administrativos y técnicos de mantenimiento. Procesos de mantenimiento certificados con norma tipo ISO 9000.

6.1.4.8. Infraestructura e instalaciones

Se analiza la infraestructura de equipos y componentes estandarizados que permita realizar gestión administrativa y técnica. La información de la infraestructura debe ser accesible a través de un medio único, deben estar debidamente identificadas.

7. Metodología

El objetivo de la aplicación de la matriz de excelencia en las Plantas de concreto de CEMEX PREMEZCLADOS S.A. es realizar un diagnóstico mediante una auditoría interna al plan de mantenimiento actual con el fin de evaluar e identificar el estado actual del mantenimiento del equipo móvil, de acuerdo a los hallazgos encontrados se busca mejorar la estrategia del departamento de mantenimiento, mediante planes de acción a corto, mediano y largo plazo con el fin de aumentar la disponibilidad operacional del equipo móvil.

8. Actividades Desarrolladas y Propuestas Implementadas

Tabla 1. Actividades Desarrolladas vs Propuestas Implementadas

Actividad	Propuesta
Recopilación de Información del estado actual del mantenimiento.	Evaluar la disponibilidad operativa actual de algunos equipos
Evaluar el nivel de mantenimiento del equipo móvil de las plantas de Bucaramanga	Aplicación de la matriz de la excelencia.

Definir parámetros de stock de repuestos críticos	Se tomó como parámetro el histórico de repuestos usados durante la práctica.
Generar plan de acción	De acuerdo a los hallazgos encontrados se generaron algunas propuestas a corto plazo.

Fuente: Autor

Las actividades realizadas durante la práctica tenían como objetivo aumentar la disponibilidad operativa de los equipos móviles de las plantas de Bucaramanga.

9. Descripción de Propuestas Implementadas

En primera instancia se realizó el reconocimiento de la metodología de mantenimiento que existe actualmente en la empresa. En esta fase se inició la relación con el personal de la flota móvil que consiste en: agentes de servicio, personal de bombeo, técnicos hidráulicos y técnicos mecánicos.

Con respecto al desarrollo del plan de trabajo la documentación bibliográfica. Con la plataforma de la empresa SAP se logra tener información de cada uno de los equipos móviles, con base en esta información se alimentan las hojas de vida de los equipos, en esta plataforma se alimenta los horómetros de los equipos con esta información se programan los mantenimientos preventivos dependiendo de la cantidad de horas trabajadas del equipo se realiza un mantenimiento específico se divide en categoría M1, M2 y M3.

El mantenimiento correctivo se maneja mediante un check list semanalmente donde los operadores de los equipos registran las fallas y observaciones que presento el equipo durante la semana. Con esta información se registra en una base de datos donde se evalúa:

- El equipo afectado
- La fecha reportada de la falla
- La continuidad de la falla
- El componente afectado
- El tipo de falla presente en el componente
- La criticidad de la falla
- El personal encargado de reparar la falla

Mediante esta base de datos se puede tener información semanalmente de las fallas presentes en los equipos y cuales se han solucionado. Como se muestra en la siguiente Figura.

Figura 2. Base de datos información semanal de fallas presentes en equipos


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
2	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO				PRIORIDAD	TIPO DE FALLO						PRIORIDAD	TIPO DE FALLO		
3					1	LA FALLA PONE EN RIESGO LA SEGURIDAD DE PERSONAS						4	LA FALLA DIFICULTA Y/O RETRASA LA CORRECTA OPERACIÓN		
4					2	LA FALLA PONE EN RIESGO LA SEGURIDAD DEL EQUIPO O INSTALACIÓN						5	CONTRA EL CONFORT DE LOS OPERARIOS		
5					3	LA FALLA PONE EN RIESGO LA CONTINUIDAD DE LA OPERACIÓN									
6	CTVO	FECHA REPORT	CONTINUA	EQUIPO	TIPO EQUIP.	REALMA DRID	PLANTA	TIPO	COMPONENTE	FALLA	PRIORIDAD	RESPONSABLE ACTUAL	ESTADO	LABOR	
1457	OCT105	04/10/2014	20/10/2014	T0593	MIXER	F017	SURATA	MEC	TORNILLOS DE LA PLACA Y BASE DEL REDUCTOR	AJUSTAR	3	MECANICO	OK		
1479	OCT091	11/10/2014	22/11/2014	T8611	MIXER	F066	FLORIDA2	MEC	DIRECCION	FUGA DE HIDRAULICO	4	MECANICO			
1480	OCT092	11/10/2014	22/11/2014	T8611	MIXER	F066	FLORIDA2	MEC	EMPAQUE PANORAMICO	ROTO	2	MECANICO			
1481	OCT093	11/10/2014	22/11/2014	T8611	MIXER	F066	FLORIDA2	MEC	TORNILLOS MULTIPLE ESCAPE	SUeltos	3	MECANICO			
1490	OCT102	11/10/2014	15/11/2014	T0593	MIXER	F017	SURATA	MEC	SUSPENSION	CAUCHOS MAL ESTADO	4	MECANICO	OK		
1491	OCT103	11/10/2014	15/11/2014	T0593	MIXER	F017	SURATA	MEC	SEGURO CANALES AUX	NO SIRVEN	3	MECANICO	OK		
1492	OCT104	11/10/2014	15/11/2014	T0593	MIXER	F017	SURATA	MEC	ESPEJO PASAJERO	VENCIDO	3	MECANICO	OK		
1497	OCT109	20/10/2014	22/11/2014	T8611	MIXER	F066	FLORIDA2	MEC	BOMBA SUNDSTRAND	REVISAR	3	MECANICO			
1508	OCT139	20/10/2014		T0593	MIXER	F017	SURATA	MEC	HOROMETRO	BLOQUEADO/REVISAR	3	MECANICO	OK		
1520	NOV009	01/11/2014	22/11/2014	T0627	AUTOBO MBA	F016	FLORIDA	HIC	ALMOHADILLAS	CAMBIAR	3	HIDRAULICO			
1521	NOV010	01/11/2014	08/11/2014	T0627	AUTOBO MBA	F016	FLORIDA	ELEC	LUZ TOLVA	COLOCAR	3	ELECTRICO	OK		
1522	NOV011	01/11/2014	08/11/2014	T0627	AUTOBO MBA	F016	FLORIDA	ELEC	PITO REVERSA	CAMBIAR	3	ELECTRICO	OK		
1523	NOV012	01/11/2014	22/11/2014	T0627	AUTOBO MBA	F016	FLORIDA	MEC	SOPORTE BRAZO	NO TIENE	3	MECANICO			
1605	NOV092	08/11/2014	22/11/2014	T0627	AUTOBO MBA	F016	FLORIDA	MEC	GUAYA BRAZO	NO TIENE	3	MECANICO			

Fuente: Cemex Premezclados S.A Bucaramanga

9.1. Cálculo de disponibilidad operativa de algunos equipos móviles

Para el cálculo de la disponibilidad operativa de algunos equipos móviles se toma tres fechas aleatoriamente se toma los datos de la duración de la operación en el día hora inicio operación y hora final operación con estos dos datos obtendremos las hora total de duración de la operación. Como se muestra en la siguientes Figuras.

Figura 3. Duración operación de las plantas Bucaramanga.

	A	B	C	D	E
1	 DURACION OPERACIÓN DE LAS PLANTAS				
2					
3					
4	FECHA: NOVIEMBRE 25 2014			FECHA: DICIEMBRE 12 2014	
5					
6	PLANTA:FLORIDA LINEA 1			PLANTA:FLORIDA LINEA 1	
7	HORA INICIO OPERACIÓN:	6:00:00 a. m.		HORA INICIO OPERACIÓN:	5:49:00 a. m.
8	HORA FINAL OPERACIÓN:	7:22:00 p. m.		HORA FINAL OPERACIÓN:	10:06:00 p. m.
9	HORA TOTAL OPERACION:	13:22:00		HORA TOTAL PRODUCCION:	16:17:00
10					
11	PLANTA:FLORIDA LINEA 2			PLANTA:FLORIDA LINEA 2	
12	HORA INICIO OPERACIÓN:	9:00:00 a. m.		HORA INICIO OPERACIÓN:	5:50:00 a. m.
13	HORA FINAL OPERACIÓN:	6:00:00 p. m.		HORA FINAL OPERACIÓN:	7:35:00 p. m.
14	HORA TOTAL OPERACION:	9:00:00		HORA TOTAL OPERACION:	13:45:00
15					
16	PLANTA:SURATA			PLANTA: SURATA	
17	HORA INICIO OPERACIÓN:	6:00:00 a. m.		HORA INICIO OPERACIÓN:	5:30:00 a. m.
18	HORA FIN OPERACIÓN:	6:00:00 p. m.		HORA FINAL OPERACIÓN:	5:30:00 p. m.
19	HORA TOTAL OPERACION:	12:00:00		HORA TOTAL OPERACION:	12:00:00
20					
21	FECHA: DICIEMBRE 04 2014				
22					
23	PLANTA:FLORIDA LINEA 1			PLANTA:FLORIDA LINEA 2	
24	HORA INICIO OPERACIÓN:	6:00:00 a. m.		HORA INICIO OPERACIÓN:	9:00:00 a. m.
25	HORA FINAL OPERACIÓN:	8:15:00 p. m.		HORA FINAL OPERACIÓN:	5:30:00 p. m.
26	HORA TOTAL PRODUCCION:	14:15:00		HORA TOTAL OPERACION:	8:30:00
27					
28	PLANTA: SURATA				
29	HORA INICIO OPERACIÓN:	6:00:00 a. m.			
30	HORA FINAL OPERACIÓN:	6:30:00 p. m.			
31	HORA TOTAL OPERACION:	12:30:00			

Fuente: Autor

Con estos datos se procede a realizar el cálculo de la disponibilidad de los equipos con el registro TMEF y TMER.

$$dp = \frac{tmef}{tmef + tmer} * 100$$

Ecuación 1 Disponibilidad Operativa

Dónde:

- dp: Disponibilidad operativa
- tmef: Tiempo medio entre fallas
- tmer: Tiempo medio entre reparación.

Figura 4. Disponibilidad operativa equipo móvil 25/11/2014

7	FECHA: 25 NOVIEMBRE 2014				
8					
9	EQUIPO	PLANTA	tmef	tmer	dp%
10	T0289	FLORIDA 2	9	1,5	85,71
11	T0549	FLORIDA 2	9	1,5	85,71
12	T0267	SURATA	12	1	92,31
13	BRC407	SURATA	12	0,5	96,00
14	UFQ440	SURATA	12	0,5	96,00
15	T0439	SURATA	12	0,5	96,00
16	T0593	SURATA	12	1	92,31
17	SRE270	SURATA	12	0,5	96,00
18	BYE848	FLORIDA 2	9	3	75,00
19					

Fuente: Autor

Figura 5. Disponibilidad operativa equipo móvil 04/12/2014

20	FECHA: 04 DICIEMBRE 2014				
21					
22	EQUIPO	PLANTA	tmef	tmer	dp%
23	T0535	FLORIDA 1	14,25	1,5	90,48
24	T0307	SURATA	12,5	1,5	89,29
25	T0527	FLORIDA 2	8,5	3	73,91
26	T0267	SURATA	12,5	2	86,21
27	BRA297	SURATA	12,5	2	86,21
28	SRE329	FLORIDA 1	14,25	4	78,08
29					

Fuente: Autor

Figura 6. Disponibilidad operativa equipo móvil 12/12/2014


30	FECHA: 12 DICIEMBRE 2014				
31					
32	EQUIPO	PLANTA	tmef	tmer	dp%
33	UFQ440	SURATA	12	4	75,00
34	T0664	FLORIDA 2	13,75	1	93,22
35	BRD265	SURATA	12	1	92,31
36	BYE848	FLORIDA 2	13,75	0,75	94,83
37	UFS073	SURATA	12	3	80,00
38	T8611	FLORIDA 2	13,75	2	87,30
39					

Fuente: Autor

9.2. Aplicación de la matriz de excelencia

El diagnóstico se realiza con la información que se ha manejado como practicante del área de mantenimiento, entrevistas al personal operativo , coordinadores de producción y personal encargado de realizar el mantenimiento del equipo móvil. Como se muestra en la siguiente Figura.

Figura 7. Matriz de excelencia

No.	Evaluación Organización de Mantenimiento	ESTADO (x)	PUNTAJE AUTOEVALUACIÓN	ACUMULADO AUTOEVALUACIÓN	HALLAZGOS Y RECOMENDACIONES PRELIMINARES
1	MATRIZ DE EXCELENCIA				
2	 FECHA: 20/11/2014 a 12/12/2014				
4	NIVELES DE CALIFICACIÓN:				
5	Entre 0 - 10	Mantenimiento "INOCENTE"			
6	Entre 10 - 20	Mantenimiento "INSATISFACTORIO"			
7	Entre 20 - 50	Mantenimiento "CONSCIENTE"			
8	Entre 50 - 70	Mantenimiento "DE LO MEJOR EN SU CLASE"			
9	Entre 70 - 100	Mantenimiento "CLASE MUNDO"			
11	Scoring 1.00 = Efectivamente implementado en todas las operaciones 0.75 = Efectivamente implementado en la mayoría de las operaciones 0.50 = Efectivamente implementado en alguna de las operaciones 0.25 = Efectivamente implementado en solo una operación (prototipo) 0.00 = No implementado				
18	MATRIX CEMEX				

Fuente: Clase de gerencia de mantenimiento UPB

El resultado del diagnóstico al estado actual del mantenimiento de equipo móvil en las Plantas de concreto de CEMEX PREMEZCLADOS S.A., se puede

concluir que el departamento de mantenimiento se encuentra clasificado en mantenimiento **CONSIENTE** con un puntaje de 39.25 sobre 100. Esta clasificación de desempeño es donde se encuentra la mayoría de las industrias Colombiana. Con base en este resultado se realizara una identificación de cada área con su respectiva posible mejora.

9.2.1 Estrategia de mantenimiento

Actualmente no existe un plan estratégico de mantenimiento a largo plazo que cubra todas las áreas de la matriz de excelencia, además que no hay planes de mejoramiento del mantenimiento actual.

Es necesario desarrollar un plan propuesto para basar el mantenimiento en la metodología basada en confiabilidad y riesgo, ya que esto permite ahorrar costos asociados en repuestos, tiempo de reparación y paradas de equipos.

Desarrollar una estrategia de mantenimiento basado en confiabilidad a largo plazo mayor a 2 años.

Implementar la práctica del mantenimiento por oportunidad.

9.2.2 Administración y organización

- Desarrollar evaluaciones y seguimientos a los trabajos realizados por terceros.
- Realizar control de calidad para los trabajos realizados externamente.
- Definir un plan en el manejo de inventarios para los almacenes que soporte la estrategia de mantenimiento actual.
- Realizar reuniones para identificar oportunidades de mejora e involucrar proveedores estratégicos de bienes y servicios.
- Mejorar la política corporativa para la compra y manejo de inventarios para las Plantas de concreto de CEMEX PREMEZCLADOS S.A

9.2.3 Planeación y programación

- Implementar mantenimientos preventivos basados en análisis de

RCM, análisis de falla y soporte técnico.

- Implementar soporte técnico para la detección de fallas.

9.2.4 Técnicas de mantenimiento

- Implementar mantenimientos predictivos en los equipos.
- Implementar mantenimientos basados en condición.

9.2.5 Medidas de desempeño

- Implementar cálculos de efectividad de los equipos
- Implementar registros y control en los tiempos de: TMEF (tiempo medio entre fallas) y TMER (tiempo medio hasta reparar).
- Implementar registros de modos y causas de falla.

9.2.6 Tecnología de la información y su uso

- Actualizar la base de datos de los equipos móviles con información completa de cada equipo, su caracterización y componentes.
- Desarrollar base de datos con los repuestos disponibles.

9.2.7 Involucramiento de los empleados

- Desarrollar equipos formalmente creados para implementar mejoras en el área de mantenimiento y seguridad.
- Implementar reuniones de seguimiento a las actividades de mantenimiento realizadas.

9.2.8 Análisis de confiabilidad

- Implementar análisis de falla basados en estudios de modos de falla tipo (FMA Y RCA).
- Se recomienda usar herramientas de análisis probabilístico usando software de simulación como Weibull entre otros que permita desarrollar un modelamiento de los análisis de confiabilidad.

9.2.9 Análisis de procesos

- Se recomienda revisiones y seguimiento a todas las actividades

de mantenimiento con el fin de garantizar la calidad de los mismos.

- Realizar reuniones periódicas para informar el estado de los equipos móviles y realizar solicitudes de mantenimientos o repuestos.


9.2.10 Información sobre infraestructura e instalaciones

- Facilitar acceso a la totalidad de los manuales de los equipos.
- Adquirir, solicitar y almacenar la información técnica faltante de los componentes de los equipos.

9.3 Parámetros de stock de repuestos críticos

El parámetro que se tomó para la definición de un stock repuestos críticos fue el de repuestos históricos usados en el transcurso de la práctica, se realizó una base de datos en la cual se registró el repuesto usado mensualmente y la cantidad de veces que se usó. Como se muestra en la siguiente Figura.

Figura 8. Historial de repuestos usados

	A	B	C	D	E
1					
2	HISTORIAL DE REPUESTOS USADOS				
3	SEPTIEMBRE				CANTIDAD
4	EMPAQUETADURA FANCLOSH				1
5	VALVULAS DESCARGUE FRENO DE SEGURIDAD				1
6	LLANTAS DELANTERAS				3
7	MANGUERAS HIDRAULICAS				1
8	BOMBA FRENO				1
9	MANGUERAS LEVANTE CANAL				1
10	CAMARAS DE FRENOS				8
11	EMPAQUETADURA TRASMISION				1
12	ESPARRAGOS				2
13	TORNILLERIA				5
14	RACHES (FRENOS)				2
15	RETENEDOR(BOSIN)				2
16	MANGUERA DE COMPRESOR				4
17	GRAPAS				1
18	SILLINIS				1
19	TAPA ANTIDERRAMES				1
20	BANDAS (FRENOS)				16
21	EMBRAGUE				2
22	CRUZETAS CARDAN				3
23	RETENEDOR CIGÜEÑAL				1
24	BOMBA UNITARIA				1
25	LLANTAS TRACCION				1
26	BOMBA AGUA				1
27	CANALES				1
28	EMPAQUE MULTIPLE ESCAPE				1
29	RODILLO GIRO OLLA				1
30	BUJE BARRA DE CAMBIOS				2
31	FLASHER				15
32	EXPLORADORAS				10
33	PACHA				2
34	ESPEJO LUNA				1
35	ESPEJO RETROVISOR				1

Fuente: Autor

De acuerdo a la información recolectada y la realización de un promedio de los repuestos usados mensualmente se puede observar que los repuestos críticos que debe haber en el stock son los siguientes y estas cantidades mensualmente:

- Cámaras de freno: 10
- Raches: 9
- Bandas: 14
- Flasher: 14
- Exploradoras: 12

Si se cuentan con estos repuestos en stock mensualmente se disminuirán

considerablemente los tiempos de paradas de la flota ya que si no hay estos repuestos el técnico tendrá que salir y comprarlo lo cual representa disminución en la disponibilidad operativa de los equipos y aumento de tiempos muertos.

9.4 Plan de acción de acuerdo a los hallazgos encontrados en la evaluación de la matriz de excelencia

El plan de acción que se realizó en este caso fue los ítems que permitían implementar propuestas a corto plazo ya que el periodo de la práctica es tan solo de 6 meses.


- **Estrategia de mantenimiento:**

Implementar esta práctica de mantenimiento por oportunidad garantizara el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización después de haber realizado las reparaciones necesarias además de que no se afectara actividad principal de la empresa (despacho de concreto) ya que se realizara en periodos de bajo volumen en el cual no se use los equipos a intervenir.

- **Administración y organización**



Se desarrollaron dos formatos los cuales permitía evaluar y realizar seguimientos a los trabajos realizados por los técnicos, además que mediante una revisión mensual se podrán prevenir futuras fallas en los componentes críticos de los equipos. Como se muestra en la siguientes Figuras.

Figura 9.Formato Seguimiento de mantenimientos realizados

	A	C	D	E	F	G
1		SEGUIMIENTO DE MANTENIMIENTOS REALIZADOS		NOMBRE AGENTE:		
2		EQUIPO MÓVIL - PLANTA DE CONCRETOS BUCARAMANGA		PLACA:		
3	INFOMACION RESPONSABLES DEL MANTENIMIENTO					
4	FECHA	PLANTA	PERSONAL INVOLUCRADO	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	
5						
6						
7						
8						
9	LABORES REALIZADAS					
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17	REPUESTOS USADOS					
18						
19						
20						
21	OBSERVACIONES O PENDIENTES					
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

Fuente: Autor


Figura 10.Formato Seguimiento de lubricación y engrase mensual

		LUBRICACION Y ENGRASE		<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 50px;">PLACA</td> <td style="width: 50px;">CORRIGO</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		PLACA	CORRIGO			
PLACA	CORRIGO									
PLANTA _____		FECHA _____								
NOMBRE DEL AGENTE DE SERVICIO _____			HOROMETRO _____							
CONDICIONES DE TERMINALES										
COMPONENTE (SISTEMA)	BUENO	MALO	CONDICIONES							
NIVEL DE VALVULINA CAJA DE CAMBIOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
CRUCEROS Y FLANCHES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
EMBRAGUE Y MACHO DEL CARDEN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
CAUCHOS CENTRALES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
BANDAS Y RACHES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
NIVEL DE TRASMISIONES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
BUJES TEMPLETES Y MOGOLLAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
TORNILLOS, CANALES Y SEGUROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
REVISAR RETENEDOR CONFUGAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
OBSERVACIONES										
FIRMA DEL AGENTE DE SERVICIO				FIRMA DEL REVISOR						

- **Medidas de desempeño**

Con el fin de mejorar el área de medidas de desempeño se implementó un formato en el cual el personal que esté usando una mixer o una bomba lleve registro de los tiempos medios en reparación con el fin de que a final del mes se pueda realizar una base de datos de la disponibilidad operativa de cada equipo. Como se muestra en la siguiente Figura.

Figura 11. Formato de historial de mantenimientos realizados.

	A	B	C	D	E	F	G
1		HISTORIAL DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS O DE OPORTUNIDAD REALIZADOS				NOMBRE AGENTE:	
2		EQUIPO MÓVIL – PLANTA DE CONCRETOS BUCARAMANGA				PLACA:	
3	TIPO DE MTTTO	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	AVERIA O DAÑO ENCONTRADO	FECHA Y HORA FALLA(INICIAL)	FECHA Y HORA OPERATIVO(FINAL)	OBSERVACIONES	REALIZO
4							
5							
6							

Fuente: Autor

- **Involucramiento de los empleados**

En esta propuesta se desea implementar un equipo de trabajo para implementar mejoras en el área de mantenimiento.

El líder del equipo será el Jefe de planta Sergio Andrés Caballero Martínez y el apoyo para jefe de planta será el pasante en curso en el área de mantenimiento.

El equipo está conformado por las siguientes personas de las diferentes áreas:

Camiones Mezcladores

- Edgar Santos Osorio
- Winston Silva Ramirez
- Edinson Vera Contreras
- Hector Torres Rodriguez

Bombas

- Sando Ortega Vega

Técnico Mecánico

- Ricardo Ramirez

El objetivo de este equipo de mantenimiento es que sea una canal directa entre los empleados con el jefe de planta y el técnico mecánico con el fin de evaluar el mantenimiento, presentar propuestas y realizar seguimiento al servicio prestado por los mecánicos.

Las reuniones se harán una vez al mes.

En cada reunión se deberán pasar propuestas de mejoras, críticas y observaciones de manera formales al pasante en curso, con el fin de saber los temas a tratar en la reunión.

10 Evaluación de Resultados de la Implementación

Tabla 2. Evaluación de Resultados de la Implementación de Propuestas

Actividad	Propuesta	% Cumplimiento
Recopilación de Información del estado actual del mantenimiento.	Evaluar la disponibilidad operativa actual de algunos equipos	100%
Evaluar el nivel de mantenimiento del equipo móvil de las plantas de Bucaramanga	Aplicación de la matriz de la excelencia.	100%
Definir parámetros de stock de repuestos críticos	Se tomó como parámetro el histórico de repuestos usados.	100%
Generar plan de acción	De acuerdo a los hallazgos encontrados se generaron algunas propuestas a corto plazo.	100%

Fuente: Autor

Con cada actividad desarrollada en la práctica se implementaron propuestas con el fin de aumentar la disponibilidad operativa de los equipos móviles, mediante la mejorara del plan de mantenimiento actual de la empresa.

Conclusiones

- En el periodo universitario generalmente no se tiene contacto directo con situaciones reales de ingeniería en la industria. Razón por la cual, esta práctica permite conocer y entender como es la metodología real en el área de mantenimiento de una empresa.
- La práctica empresarial brinda la posibilidad de ampliar y poner en práctica los conocimientos en diferentes áreas, sobre lo importante que es el correcto uso de los elementos de protección personal a la hora de laborar dentro y por fuera de la planta con el fin de conservar nuestra integridad personal .
- Evaluar periódicamente el estado actual del mantenimiento mediante la aplicación de la matriz de excelencia, es una excelente practica si se desea que la empresa sea más competitiva a nivel mundial y cada mejore más su imagen.
- La correcta planeación y mejora de las labores de mantenimiento es de gran importancia para el cumplimiento de estos, de igual forma que el canal de comunicación entre partes y el oportuno servicio de los técnicos, garantizara el aumento de la disponibilidad de los equipos, aumentar la vida operativa, prevenir fallas prematuras y mejorar la imagen de la empresa.

Recomendaciones

Se recomienda el debido seguimiento y cumplimiento de las mejoras propuestas, con el fin de garantizar el aumento el aumento de la disponibilidad operativa de los equipos. Se recomienda continuar con la buena práctica de la aplicación de la matriz de excelencia con el fin de evaluar estado del mantenimiento actual comparado a nivel mundial y observar que mejoras se pueden implementar.

Bibliografía

Fuentes electrónicas

- CEMEX COLOMBIA. INFORMACION DE CEMEX HISTORIA ®. [en línea] URL
<http://www.cemexcolombia.com/NuestraEmpresa/Historia.aspx>
- CEMEX CONCRETOS. INFORMACION DE CEMEX AREA MANTENIMIENTO ®. [en línea] URL
<http://www.cemexcolombia.com/SolucionesConstructor.aspx>
- Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, entendiendo sus diferencias [en línea] URL
<http://maintenancela.blogspot.com/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>
- Tipos de mantenimiento [en línea] URL
<http://www.mitecnologico.com/Main/TiposDeMantenimiento>

Fuentes impresas

- LYONNET, Patrick Los métodos de la calidad total ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid (1989)
- Navarro Elola, Luis Pastor Tejedor, Ana, Gestión Integral de Mantenimiento (1997).
- Nyman, Don Levitt, Joel, Maintenance Planning Scheduling, and Coordination (2001).
- Jardine, Andrew K. S, Tsang, Albert H.C., Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications (2006).
- Campbell, John D. Reyes-Picknell, James, V Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management (2006).