

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Optimización del sistema de gestión de mantenimiento preventivo - predictivo de activos del proceso de Pasteurización de leche de empresa Láctea

Julio César Santa Velásquez

Ingeniería Electromecánica

Director(es) del trabajo de grado

Carlos Alberto Acevedo Álvarez, IM

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Marzo 2018

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Este proyecto se basa en la optimización del sistema de gestión de mantenimiento preventivo – predictivo de activos del proceso de pasteurización de leche de empresa láctea que agrupa el ciclo de vida de activos, personal operativo e instalaciones industriales. Con base en la experiencia laboral del autor en este campo industrial, se pudo dimensionar la necesidad que existe de establecer un plan de mantenimiento competente que esté acorde a las funciones, necesidades y exigencias en la sección de pasteurización de leche en la empresa láctea debido a que los procesos derivados de la leche van creciendo a grandes rasgos y exigen cada día más el rendimiento y confiabilidad de esta sección, implementando mantenimientos predictivos de análisis de vibraciones y ensayos no destructivos a equipos críticos que pueden causar contaminaciones de producto como también en caso de una falla un paro de la planta procesadora, aplicando frecuencias de mantenimiento que garanticen el correcto funcionamiento de los equipos, al igual que la estipulación de mantenimientos preventivos de revisiones de rutina.

Con este proyecto se busca optimizar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo – predictivo de activos del proceso de pasteurización de leche de una empresa láctea. Para el desarrollo de este proyecto se recolectarán los resultados de la gestión de mantenimiento, costos de la gestión de mantenimiento, tipos de mantenimiento aplicados, análisis AMFE, entre otros. Esto proporcionará información clara que permitirá hacer un balance y evaluación del estado actual del plan de mantenimiento de esta sección y una posterior optimización de la gestión del mantenimiento en el área de proceso.

Como finalidad del proyecto se busca dar solución a la elevación de costos que ha sufrido la empresa debido a fallas en los equipos y alcanzar una estabilidad en el proceso que permita dar cumplimiento a los requerimientos y desarrollos del mercado industrial.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Palabras clave: Mantenimiento, gestión de mantenimiento, tipos de mantenimiento, software de mantenimiento.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Primero doy gracias a Dios por brindarme la vida y tener la oportunidad de realizar mi estudio a pesar de todas las adversidades durante este proceso llevándome de la mano paso a paso, llenándome de fortaleza en todo momento.

A mis padres, por su ayuda incondicional, brindando todo su apoyo, confianza, dedicación y comprensión durante todo mi proceso formativo.

A Carlos Alberto Acevedo Álvarez, docente del Instituto Tecnológico Metropolitano, agradezco a él su gran labor y dedicación por contribuir con mi desarrollo profesional, por compartir de la mejor manera posible todos sus conocimientos, experiencias y amistad.

Para el Instituto Tecnológico Metropolitano, doy agradecimiento por ser la institución encargada de mi proceso formativo, por brindarme la oportunidad de ser un estudiante de ella y comandar un gran grupo de personal docente altamente calificado, orientado y comprometido con la educación de cada uno de nosotros, sus estudiantes.

Muchas gracias a todos por ayudarme a alcanzar mi profesión de Ingeniero Electromecánico.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

AMFE Análisis de modo de fallas y efecto

BPM Buenas prácticas de manufactura

CIP Cleaning In Place

CM Mantenimiento Correctivo

CMMS computadora para la administración de Activos

EP Líquidos Penetrantes

ER Rayos X

EU Ensayos por Ultrasonido

EV Análisis de Vibraciones

GMAO gestión del mantenimiento asistida por ordenador

MPP Preventivo Planificado

OT Ordenes de trabajo

PHVA Ciclo planear, hacer, verificar y actuar

PM Mantenimiento Productivo

PMO Optimización del Mantenimiento Planificado

QC Círculos de Calidad

RCA análisis- Causa- Raíz

RCM Mantenimiento basado en la fiabilidad

SQC Control Estadístico de Calidad

SST Sistema de seguridad y salud en el trabajo

TPM Mantenimiento Participativo Total

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	12
1.1.	Justificación	12
1.2.	OBJETIVOS	13
1.2.1.	General	13
1.2.2.	Específicos	13
1.3.	Alcance	14
2.	MARCO TEÓRICO	15
2.1.	Proceso de pasteurización de leche	15
2.2.	Mantenimiento	18
2.3.	Gestión de mantenimiento	18
2.4.	Definición de mantenimiento	19
2.5.	Evolución del mantenimiento	20
2.5.1.	Simplificación de la línea del tiempo.....	21
2.6.	Objetivos de mantenimiento	21
2.7.	Problemas de mantenimiento en la industria.....	23
2.8.	Tipos de mantenimiento	24
2.8.1.	Mantenimiento preventivo	24
2.8.2.	Mantenimiento predictivo	25
2.8.3.	Mantenimiento correctivo	26
2.8.4.	Mantenimiento de mejora	26
2.9.	Mantenimiento participativo total (TPM).....	27
2.9.1.	Objetivos de TPM	28
2.10.	RCM, Mantenimiento basado en la fiabilidad.....	29
2.11.	Las 5 “s”	30
2.12.	Ciclo PHVA.....	32
2.13.	Tendencias actuales del mantenimiento industrial	34
2.14.	Líquidos penetrantes.....	35
2.14.1.	Características de los Líquidos Penetrantes.....	36
2.15.	Análisis de vibraciones	37

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	METODOLOGÍA.....	39
3.1.	Análisis del modelo actual del sistema de gestión de mantenimiento.....	39
3.2	Comportamiento de los costos de mantenimiento correctivo (año 2015 vs 2016) en el proceso de pasteurización de leche.....	40
3.2.1.	Comportamiento de los costos de mantenimiento preventivo (año 2015 vs 2016) del proceso de pasteurización de leche.....	41
3.2.2.	Análisis del comportamiento de los costos de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche del año 2016.....	42
3.3.	Análisis del cumplimiento del proceso de pasteurización de leche.....	43
3.4.	Organización del grupo de trabajo del departamento de mantenimiento.....	45
3.5.	Identificación de funciones de cargos de personal de mantenimiento.....	46
3.5.1.	Coordinador de Mantenimiento	46
3.5.2.	Supervisor de Mantenimiento	47
3.5.3.	Técnico de Mantenimiento	47
3.6.	Funcionamiento actual del Software de mantenimiento	48
3.6.1	Falencias del software de mantenimiento.....	48
3.7.	Gestión de activos fijos	49
3.7.1.	¿Qué es la codificación?.....	50
3.7.2.	Ficha técnica de equipos	50
3.8.	Historial de trabajo a equipos	51
3.8.1.	Orden de trabajo.....	52
3.9.	Análisis de falencias del sistema de gestión de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche.....	54
3.10.	Fases de optimización del sistema de gestión de mantenimiento	54
3.11.	Optimización de funcionalidades del software de mantenimiento.....	55
3.11.1.	Control de generación y aprobación de órdenes de trabajo	55
3.11.2.	Marcación de equipos críticos	57
3.11.3.	Calificación de órdenes de trabajo.....	57
3.12.	Codificación de activos de proceso de pasteurización de leche	58
3.13.	Inventario de equipos que intervienen en el proceso de Pasteurización de leche	59
3.14.	Análisis de modo de fallas y efecto de equipos de proceso de pasteurización de leche (AMFE).....	67

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.15.	Actividad de mantenimiento.....	71
3.15.1.	Frecuencias de inspección y mantenimiento de equipos	73
3.16.	Optimización de actividades de Mantenimiento	74
3.16.1.	Actividad de ensayos no destructivos (análisis de líquidos penetrantes).....	74
3.16.2.	Actividad de análisis de vibraciones.....	76
3.16.3.	Actividad de inspecciones semanales de mantenimiento	77
3.16.4.	Actividad de inspecciones semanales de mantenimiento locativo y construcción ..	78
3.16.5.	Actividad de limpieza y desinfección	79
3.17.	Optimización de gestión de repuestos.....	80
3.17.1.	Actividad: Gestión de stock de inventarios de repuestos	80
3.18.	Plan de mantenimiento por activo.....	82
3.19.	Servicios contratados	82
3.20.	Gestión de sistema de seguridad y salud en el trabajo (SST) en mantenimiento.....	83
3.20.1.	Componentes de SST.....	83
3.21.	Capacitación del personal de mantenimiento	85
3.21.1.	¿En qué beneficia la capacitación del personal?.....	86
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	88
4.1.	Optimización de codificación de equipos de proceso.....	88
4.2.	Análisis de control de costos de mantenimiento por activo.....	88
4.3.	Documentación de ficha técnica de equipos de proceso	89
4.4.	Optimización del Plan de mantenimiento predictivo generado a equipos de proceso....	97
4.5.	Optimización del Plan de mantenimiento preventivo generado a equipos de proceso ..	99
4.6.	Optimización de costos de mantenimiento	102
4.7.	Optimización de paros del proceso de pasteurización de leche.....	103
4.8.	Implementación de Indicadores de mantenimiento.....	104
4.8.1.	Fórmula para el cálculo de indicador de mantenimiento	106
4.9.	Calificación de órdenes de trabajo, Calidad del servicio prestado	107
4.10.	Control de cambios en el software de mantenimiento	107
5	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	109
5.1.	Conclusiones.....	109

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.2. Trabajo futuro 110

REFERENCIAS 111

Apéndice A. Formato Informe Ficha de activos 116

Apéndice B. Aplicativo permiso generación y aprobación de órdenes de trabajo 116

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de la leche.....	16
Figura 2. Diagrama de gestión de mantenimiento.....	19
Figura 3. Principios fundamentales de TPM.....	29
Figura 4. Ideas básicas de RCM.	30
Figura 5. Definición de 5 “s”.	31
Figura 6. Ciclo PHVA.	34
Figura 7. Análisis con líquidos penetrantes.....	36
Figura 8. Análisis de vibraciones.....	38
Figura 9. Análisis de costos de mantenimiento correctivo.	41
Figura 10. Análisis de costos de mantenimiento preventivo.	42
Figura 11. Comportamiento de costos de mantenimiento.....	43
Figura 12. Cumplimiento de proceso año 2016.	44
Figura 13. Jerarquía de cargos de mantenimiento.....	46
Figura 14. Proceso de ingreso de activos.	53
Figura 15. Aviso equipo crítico de proceso.	57
Figura 16. Secuencia de solicitud de orden de trabajo.	58
Figura 17. Silos de almacenamiento de leche.	61
Figura 18. Bomba centrífuga de alimentación de leche.....	62
Figura 19. Intercambiador de calor.	62
Figura 20. Centrífuga triprocesos.	63
Figura 21. Bomba centrífuga de circulación de CIP.....	64
Figura 22. Homogeneizador de leche.....	65
Figura 23. Bomba centrífuga alimentación agua caliente.....	66
Figura 24. Intercambiador de calor de agua caliente.....	67
Figura 25. Optimización del plan de mantenimiento predictivo.....	99
Figura 26. Optimización del plan de mantenimiento preventivo.	101
Figura 27. Proyección de reducción de costos de mantenimiento correctivo.....	102
Figura 28. Proyección de costos de mantenimiento preventivo - predictivo.	103
Figura 29. Optimización de paros de proceso.....	104
Figura 30. Indicador de efectividad de mantenimiento preventivo - predictivo.	105

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estrategias de mantenimiento.....	21
Tabla 2. Análisis de cumplimiento de proceso año 2016.....	44
Tabla 3. Datos de orden de trabajo.....	52
Tabla 4. Permiso de generación de órdenes de trabajo	56
Tabla 5. Permiso de aprobación de órdenes de trabajo	56
Tabla 6. Análisis de modo de falla y efecto	68
Tabla 7. Formato de actividades de mantenimiento	72
Tabla 8. Codificación de actividades de mantenimiento	73
Tabla 9. Tiempos de penetración para LP coloreados	75
Tabla 10. Actividad análisis por medio de líquidos penetrantes.....	76
Tabla 11. Actividad análisis de vibraciones	77
Tabla 12. Actividad de inspección locativa de proceso.....	78
Tabla 13. Actividad de limpieza y desinfección de proceso	79
Tabla 14. Actividad gestión de stock de inventarios de repuestos	81
Tabla 15. Codificación de equipos del proceso pasteurización de leche.....	88
Tabla 16. Ficha técnica de Intercambiador de calor del pasteurizador de leche.....	89
Tabla 17. Ficha técnica de Homogeneizador de leche	90
Tabla 18. Ficha técnica de Centrífuga triprocesos	91
Tabla 19. Ficha técnica de Silo de almacenamiento de leche	92
Tabla 20. Ficha técnica de Intercambiador de calor agua caliente.....	93
Tabla 21. Ficha técnica de Bomba alimentación agua caliente.....	94
Tabla 22. Ficha técnica de Bomba centrífuga de circulación de CIP	95
Tabla 23. Ficha técnica de Bomba centrífuga de alimentación de leche.....	96
Tabla 24. Plan de mantenimiento predictivo	98
Tabla 25. Plan de mantenimiento preventivo.....	100
Tabla 26. Metas de indicador de mantenimiento	105
Tabla 27. Ítems de calificación de órdenes de servicio	107
Tabla 28. Intervenciones en el software de mantenimiento	108

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las industrias alimenticias se encuentran sometidas a una gran presión de ser competitivas, innovadoras y brindar una entrega oportuna de sus productos con excelente calidad. El entorno comercial ha obligado a los gerentes e ingenieros con la optimización de todos los componentes que intervienen en los procesos con el fin de cumplir con todas las necesidades y requerimientos de los clientes y consumidores.

Con la finalidad de ser altamente competitiva y buscar una buena posición en el mercado, la industria alimenticia de derivados lácteos ha identificado el proceso de pasteurización de leche como un proceso crítico, por tal razón, se crea la necesidad de establecer un programa de gestión del mantenimiento estricto que asegure la continuidad de los procesos y cumplimiento de las políticas de gestión de calidad.

1.1. Justificación

Uno de los objetivos de una empresa es buscar una competitividad productiva de altura internacional y ser competitiva en sus campos de producción con la ayuda de la optimización de los recursos en sus procesos.

La empresa láctea, conocida en el sector alimenticio, ha adquirido su maquinaria, en su gran mayoría de excedentes de empresas multinacionales que han debido disminuir de tamaño o hasta cerrar sus plantas agobiados por la crisis económica, como también maquinaria industrial nueva de primera mano con tecnología moderna.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se crea la necesidad de optimizar el sistema de gestión de mantenimiento que permita a la industria ordenar la información, garantizar procesos, cumplir con los estándares de calidad, contribuir con las políticas de desarrollo integral y ser competente en el mercado.

La empresa desea atender nuevos mercados y para ello en el sistema de mantenimiento actual se deben reducir tiempos muertos debidos a mantenimientos correctivos e implementar programas de mantenimiento preventivo y predictivo. De tal forma que al optimizar el mantenimiento se pueda lograr reducir en 15% los costos ocasionados por el mantenimiento correctivo y alcanzar un cumplimiento de los productos ofrecidos al consumidor. En el marco teórico se explica el sistema de mantenimiento actual incluyendo fortalezas, debilidades y desarrollo del trabajo de grado.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Optimizar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo - predictivo de activos del proceso de pasteurización de leche que posibilite mayor competencia de los equipos de proceso.

1.2.2. Específicos

- Evaluar el estado actual del sistema de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche Identificando y analizando las falencias.
- Estudiar las tendencias actuales de optimización de los sistemas de gestión de mantenimiento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Realizar la optimización de la gestión de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche.
- Establecer las fases para realizar la optimización del sistema de gestión de mantenimiento del proceso.

1.3. Alcance

Con el proyecto se pretende la optimización del plan de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche, mediante el estudio e implementación de actividades de mantenimiento acordes a las necesidades del proceso y nuevas tendencias de mantenimiento.

Se realizará con la ayuda del software de mantenimiento con el que cuenta la empresa, llevando a cabo las modificaciones que sean necesarias en el software, para cumplir con cada uno de los objetivos propuestos y desde el departamento de mantenimiento contribuir con el mejoramiento continuo de la empresa.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Proceso de pasteurización de leche

Este tratamiento térmico lo llevó a cabo por primera vez, el científico-químico francés Louis Pasteur, a quien le debe su nombre, junto a Claude Bernard el 20 de abril de 1864.

Louis Pasteur mejoró la calidad de vida al hacer posible que productos alimenticios básicos, como la leche, se pudieran transportar largas distancias sin ser afectados por la descomposición. En la pasteurización, el objetivo primordial no es la "eliminación completa de los agentes patógenos" sino la disminución sustancial de sus poblaciones, reduciéndolas a niveles que no causen intoxicaciones alimentarias a los humanos, siempre que el producto pasteurizado se mantenga refrigerado correctamente y que se consuma antes de la fecha de caducidad indicada. (<http://www.equiposylaboratorio.com/> septiembre de 2017)

El proceso de pasteurización de leche se hace con la intención de realizar una disminución de las poblaciones patógenas de microorganismos o para desactivar las enzimas que modifican el sabor de la leche. Es un proceso térmico con temperaturas inferiores al punto de ebullición (100 °C) sin alterar las condiciones organolépticas de la leche y su valor nutritivo. (<http://www.laygo.es/> / septiembre de 2017)

En la figura 1 se encuentra el proceso de la leche desde el ordeño hasta que llega el producto final para el consumo humano.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 1. Proceso de la leche. (<http://www.dsp.com.es> / septiembre de 2017)

La pasteurización de la leche se realiza en intercambiadores de calor de placas, el recorrido que hace la leche en este proceso es el siguiente:

- La leche llega al equipo intercambiador de calor al ser impulsada por una bomba centrífuga a 4° C aproximadamente, proveniente de un tanque de almacenamiento; en el primer ciclo se realiza un precalentamiento de la leche en la etapa de regeneración del intercambiador de calor. En esta sección de regeneración o precalentamiento, la leche cruda se calienta a 58° C aproximadamente por medio de la leche ya pasteurizada que va saliente del intercambiador de calor cuya temperatura se aprovecha por medio de transferencia de calor por contacto indirecto entre los dos fluidos.

(<http://pasteurizacionyesterilizacion.blogspot.com.co> / septiembre de 2017)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Al salir la leche de la sección de regeneración, ésta pasa a través de un filtro que elimina impurezas que pueda tener, usualmente este trabajo de eliminar todo tipo de impurezas y suciedades lo realiza un equipo llamado centrífuga que a su vez realiza la función de extraer crema de leche, luego la leche es impulsada mediante una bomba centrífuga a la zona de pasteurización del intercambiador de calor, es la zona donde se la calienta la leche hasta la temperatura de pasteurización, esta es 72–73°C por medio del intercambio de calor indirecto entre agua caliente y leche.
- la leche cuando alcanza esta temperatura de pasteurización pasa a la sección de retención de temperatura; esta sección puede estar constituida por un tubo externo o un retardador incluido en el propio intercambiador de calor; el más común es el tubo de retención; en donde el tiempo que la leche es retenida es de 15 a 20 segundos.
- A la salida de la zona de retención, la leche pasa por una válvula de desviación; en esta válvula, si la leche no alcanza la temperatura de 72–73°C, automáticamente la hace regresar al tanque de almacenamiento para ser luego reprocesada, pero si la leche alcanza la temperatura de 72–73°C, pasa entonces a la zona de regeneración o precalentamiento, donde es enfriada por transferencia de calor por la leche cruda que está empezando el proceso hasta los 18° C.
- De aquí la leche pasa a la sección de enfriamiento del intercambiador de calor en donde se hace circular agua fría que disminuye la temperatura de la leche mediante transferencia de calor indirecta, para terminar de esta manera el recorrido de la leche, saliendo del intercambiador de calor a una temperatura de 4°C, que se almacenará en un tanque que conservará su temperatura o será utilizada en otros procesos.

(<http://pasteurizacionyesterilizacion.blogspot.com.co/> / septiembre de 2017)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2. Mantenimiento

La palabra mantenimiento comprende el conjunto de acciones direccionadas a mantener y sostener bienes y servicios en condiciones óptimas, perfectas y seguras en su funcionamiento. (Pesántez, 2007)

2.3. Gestión de mantenimiento

La Gestión de mantenimiento está directamente relacionada con la coordinación, supervisión, organización y ejecución de acciones apoyadas en recursos humanos y materiales enfocados en mantener o reestablecer un sistema, proceso, herramienta o maquinaria fundamentados en asegurar la prestación de un servicio de un proceso productivo. (Castillo, 2009)

Hoy, uno de los mayores inconvenientes de las empresas es el factor económico, todos los empresarios quieren que todos los departamentos, instalaciones y recursos rindan lo máximo posible con la mayor calidad asegurando la integridad de las personas y al menor costo posible, muchas de estas responsabilidades recaen sobre el departamento de mantenimiento cuyo objetivo principal es planear, ejecutar y alcanzar los objetivos de preservación de equipos y procesos de manera eficiente. (Basabe & Bejarano, 2009)

La gestión de mantenimiento puede resumirse en la figura 2, comprendida como un diagrama que divide los principales aspectos que conforman la gestión de mantenimiento en busca de reducción de costos, involucrando las respectivas funciones de los recursos humanos, equipos, materiales y actividades a desarrollar para hacer una eficiente gestión de mantenimiento de procesos, de esta manera se logra alcanzar disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de la empresa, su proceso productivo y sus equipos.

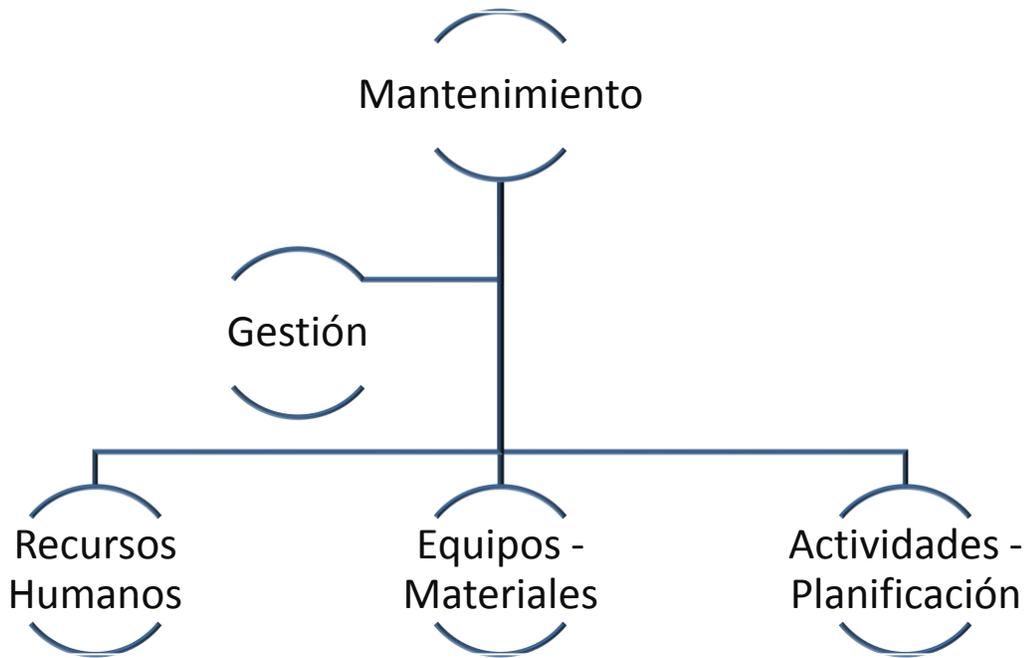


Figura 2. Diagrama de gestión de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

2.4. Definición de mantenimiento

La palabra mantenimiento está ligada al verbo “mantener”, expertos la definen como el conjunto de actividades que deben ejecutarse a equipos, instalaciones, procesos con el fin de prevenir, corregir, cuidar, restaurar, de tal manera que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. (Zapata, 2009)

Debido a que las máquinas no pueden mantenerse en buen funcionamiento por si solas, se debe de contar con un grupo de personas de mantenimiento con la visión de preservar, mantener y optimizar el funcionamiento de los equipos e instalaciones para la producción, todo esto enfocado en la disminución de costos por paros de producción debido a fallas en los equipos, mediante la aplicación de una determinada cantidad de mantenimiento ejecutada en los momentos más oportunos. (Hoyer, 2014)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Un objetivo claro de mantenimiento es alcanzar al máximo la utilización de los equipos durante toda su vida útil, la reducción de factores de desgaste, deterioros y roturas garantiza que los equipos alcancen su mayor vida útil. (Henríquez, 2010)

Es responsabilidad del departamento de mantenimiento, mantener el correcto funcionamiento de todas las instalaciones de la empresa a través de acciones preventivas interponiéndose a fallas, o acciones correctivas interviniendo después del fallo. (Seas, 2012)

2.5. Evolución del mantenimiento

Desde el inicio de la vida humana las herramientas fabricadas por el hombre se han perfeccionado día a día, debido a que éstas le permiten satisfacer sus necesidades físicas y psíquicas. Durante la Primera Revolución Industrial, se consideró que, para fabricar un producto cualquiera, era necesario emplear 90% de mano de obra y el resto era trabajo realizado por las máquinas. Con el paso del tiempo, con ayuda del desarrollo tecnológico y los esfuerzos por mejorar su función haciendo las máquinas más rápidas y precisas, en la actualidad se consigue obtener un producto o servicio con máquinas que se encargan de elaborar más de 90% de éste, lo cual ha sido posible por la dedicación que la humanidad le ha puesto al desarrollo de las labores de cuidado a sus recursos físicos, materia a la que desde sus inicios se llamó mantenimiento. (Sierra, 2004)

Desde los comienzos de la historia se ha llamado mantenimiento a la acción de reparar, cambiar, componer, corregir lo cual ha ido cambiando, hoy en día estas acciones han cambiado por prevenir, mantener, planear y mejorar, a continuación, se enmarca una línea de tiempo que muestra claramente la evolución del mantenimiento debido a estrategias y dinámicas planteadas para la preservación de equipos y reducción de costos (Ver Tabla 1). (Rivera, 2011)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5.1. Simplificación de la línea del tiempo

Tabla 1. Estrategias de mantenimiento (Rivera, 2011)

Año	Estrategia de mantenimiento
1780	Mantenimiento Correctivo (CM)
1798	Uso de partes intercambiables en las máquinas
1903	Producción Industrial Masiva
1910	Formación de cuadrillas de Mantenimiento Correctivo
1914	Mantenimiento Preventivo (MP)
1916	Inicio del Proceso Administrativo
1927	Uso de la estadística en producción
1931	Control Económico de la Calidad del producto Manufacturado
1937	Conocimiento del Principio de W. Pareto
1939	Se controlan los trabajos de Mantenimiento Preventivo con estadística.
1946	Se mejora el Control Estadístico de Calidad (SQC)
1950	En Japón se establece el Control Estadístico de Calidad
1950	En Estados Unidos de América se desarrolla el Mantenimiento Productivo (PM)
1951	Se da a conocer el "Análisis de Weibull"
1960	Se desarrolla el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)
1961	Se inicia el Poka-Yoke
1962	Se desarrollan los Círculos de Calidad (QC)
1965	Se desarrolla el análisis- Causa- Raíz (RCA)
1968	Se presenta la Guía MSG-1 conocida como el RCM mejorado.
1970	Difusión del uso de la computadora para la administración de Activos (CMMS)
1971	Se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM)
1978	Se presenta la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en naves aéreas.
1980	Se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO)
1980	Se aplica el RCM-2 en toda clase de industrias
1995	Se desarrolla el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (5S's)
2005	Se estudia la filosofía de la Conservación Industrial (IC).

2.6. Objetivos de mantenimiento

- **Optimización de equipos:** debido a las altas inversiones realizadas por las empresas en busca de la modernización de sus procesos, es responsabilidad del departamento de mantenimiento implementar planes de mantenimiento preventivo con el objeto

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de sacar el mayor provecho y rendimiento de sus instalaciones y que perduren al máximo. (González, 2007)

- **Asegurar la calidad del producto:** el departamento de mantenimiento está directamente relacionado con la inocuidad del producto, si los equipos no operan en condiciones óptimas, con frecuentes averías y fallas, puede afectar considerablemente la calidad y especificaciones iniciales del producto. (Ochoa, 2014)
- **Cero averías:** más que un objetivo de mantenimiento es una meta por alcanzar por parte del departamento de mantenimiento. (Ahmadi, 2016)
- **Cero fallos:** planear mantenimientos preventivos oportunos que ayuden a disminuir fallos inoportunos de equipos que causen paros de proceso que afecten la calidad del producto. (Verbert, 2017)
- **Cero retrasos:** todas las intervenciones de mantenimiento en cualquier proceso productivo deben llevarse a cabo en el menor tiempo posible. (Mendoza, 2009)
- **Informatización:** en la actualidad es necesario el buen procesamiento de la información, la utilización de sistemas GMAO (gestión del mantenimiento asistida por ordenador) brindan gran ayuda y soporte al departamento de mantenimiento. (Seas, 2012)
- **Garantizar la seguridad de las personas:** por encima de cualquier proceso productivo se encuentra el bienestar y seguridad de los trabajadores de una empresa, es prioridad del departamento de mantenimiento estar comprometido con la seguridad en los puestos de trabajo adecuando, instalando, reparando, cambiar, instalar todos los elementos de seguridad que sean necesarios en las máquinas para garantizar la seguridad de las personas. (Rey Sacristán, 2001)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Optimización de costos:** realizar una eficiente gestión del mantenimiento con una buena administración de costos, esto se consigue controlando factores importantes como lo son el control de gastos con respecto a presupuestos, conocer el alcance y rendimiento de las acciones de mantenimiento y tomar decisiones a nivel de renovación, contratación de trabajos, etc. (García, 2009)

- **Mejorar, modernizar, renovar, reconstruir, automatizar:** este objetivo es forzado con el paso del tiempo cuando las máquinas se convierten en anticuadas, no funcionales, no productivas y no aptas tecnológicamente o funcionalmente con las necesidades de proceso. (Muñoz, 2003)

- **Instalación y puesta en marcha de nuevos equipos:** el departamento de mantenimiento es el encargado de garantizar, verificar y revisar el correcto funcionamiento de maquinaria nueva en los procesos productivos al igual que el cumplimiento de las normas vigentes. (Seas, 2012)

2.7. Problemas de mantenimiento en la industria

Tanto en pequeñas, medianas y grandes empresas existen falencias que generan grandes controversias con respecto a las funciones y objetivos de un departamento de mantenimiento, dentro de esto cabe resaltar que no existe una planeación estratégica ni planificación para la preservación y mantenimiento de los recursos físicos de la empresa; por lo general las órdenes de trabajo son elaboradas por el personal de producción y se llama erróneamente programa de mantenimiento. (Ardila *et al.*, 2016)

Una guerra siempre latente entre el personal del departamento de producción y el de mantenimiento que destruye considerablemente la misión y visión de una industria, generando conflictos internos industriales representativos. En la cultura de mantenimiento

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

se encontrará que cada persona tiene su propio punto de vista sobre lo que es el mantenimiento, pida a varias personas, de cualquier nivel económico y cultural, con experiencia en el mantenimiento productivo total o el mantenimiento Correctivo, o la diferencia que existe entre éste y el mantenimiento preventivo, entre otros, se encontrará con una gran cantidad de significados, porque cada quien le dará “su definición”, la cual difícilmente coincidirá en significado, lo que muestra una falta de conocimiento sobre el tema. (Rivera, 2011)

2.8. Tipos de mantenimiento

2.8.1. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de disminuir el mantenimiento correctivo y todo lo que este representa. Pretende reducir las reparaciones inesperadas mediante rutinas de inspecciones periódicas, la renovación y cambio de los elementos deteriorados y desgastados, programados sin generar paros en los procesos. (SENATI, 2007)

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado - MPP. Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. (Salas, 2012)

La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno. Con un buen mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, entre otros. (Morrow, 1973)

El mantenimiento preventivo se apoya en un software que ayuda con la generación de órdenes comúnmente llamadas órdenes preventivas sistemáticas que se ejecutan respecto a periodos de tiempo (horas, días y meses), siendo un método muy eficaz, seguro y económico. (Seas, 2012)

2.8.2. Mantenimiento predictivo

Consiste en anteponerse a una falla del equipo. Se fundamenta en la aplicación de herramientas, instrumentos de control permanente o técnicas de detección de los diferentes elementos medibles de anticipación al fallo, como por ejemplo el desgaste. Su objetivo es indicar el momento preciso para la ejecución del mantenimiento preventivo. (Cruz, 2011)

La aplicación de mediciones o ensayos no destructivos con equipos sofisticados a equipos brindará información que permitirá anteponerse a una falla, algunas de estas mediciones se llevan a cabo con los equipos en funcionamiento sin interrumpir la producción, algunos otros si requieren de disponibilidad de proceso, algunos ensayos frecuentes son:

- Análisis de partículas
- Espesor de paredes
- Análisis de vibraciones
- Análisis con líquidos penetrantes
- Altas temperaturas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Este tipo de mantenimiento es fundamental en equipos críticos que debido a su falla pueden llevar al paro general de un proceso generando representativos costos para la industria. (<http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/> septiembre de 2017)

2.8.3. Mantenimiento correctivo

Es aquel que se lleva a cabo con posterioridad a la aparición de una falla, es considerado como una reparación, corrección. Se presenta por agotamiento de vida útil o por factores externos de los componentes, piezas, materiales y en general de elementos que constituyen procesos, infraestructura y planta física. (Aguiar & Rodríguez, 2014)

Este tipo de mantenimiento involucra gran cantidad de tareas de reparación no programadas con el objetivo de restaurar la funcionalidad de un equipo, las causas que pueden llegar a originar este tipo de paros pueden ser imperfectos no detectados durante mantenimientos predictivos, errores de operación, ausencia de tareas de mantenimiento preventivo, utilización de los equipos fuera de las condiciones normales de operatividad de diseño, cuando se realiza este tipo de mantenimiento no hay proceso productivo, por tanto la producción disminuye y los costos aumentan. (Morrow, 1973)

2.8.4. Mantenimiento de mejora

Las reiterativas fallas y averías de un equipo que ocasionan obligatoriamente mantenimientos correctivos generan altos costos, debido a este tipo de problemas, se debe analizar las causas que lo originan y corregirla con el objeto de que esta no vuelva a aparecer. (Guillén, 2016).

Según los resultados de este análisis pueden surgir conclusiones que recomienden acciones de mejora en el equipo en las cuales sea necesario reestructuraciones, cambios y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

reparaciones de optimización, que mejoran el rendimiento, mantenibilidad, fiabilidad y disponibilidad. (Aguilar, 2008)

2.9. Mantenimiento participativo total (TPM)

TPM es un sistema de mantenimiento industrial que surgió en Japón, el cual fue fundamentado y desarrollado en base al mantenimiento preventivo en los años de 1950. (López, 2009)

El TPM se considera como una estrategia que ayuda a implementar actividades competitivas mediante la eliminación estricta de deficiencias en los equipos, se enfoca principalmente en asegurar cero fallos y defectos para mejorar la eficacia en los procesos y alcanzar un “estado de referencia”, se entiende estado de referencia como aquel en el que el equipo de producción puede proporcionar su mayor rendimiento. Por tanto, la implementación de TPM en la industria debe asegurar la situación de referencia de los activos bajo determinados parámetros como son:

- Tiempo de ciclo
- Parámetros de proceso
- Parámetros de lubricación
- Parámetros eléctricos
- Parámetros de lubricación
- Parámetros de calidad
- Parámetros mecánicos
- Parámetros hidráulicos
- Parámetros de higiene
- Otros (Bojorquez, 2008)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TPM es un sistema de gestión de mantenimiento en busca de alcanzar estándares y el continuo mejoramiento de los procesos, integrando la participación de todos los departamentos que conforman una empresa, indiferentemente de sus funciones preestablecidas. (Hortiales, 1997)

2.9.1. Objetivos de TPM

El principal objetivo del sistema TPM se encuentra encaminar el sector productivo a un mejoramiento continuo.

- Implementar actividades competitivas desde la operación de la empresa que contribuyan a la mejora de la efectividad de sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta que contribuyan con la disminución de costos.
- Asegurar la funcionalidad de los equipos disminuyendo a cero fallas, de esta manera se consigue eliminar toda clase de perdidas, mejorando la disponibilidad de los equipos y emplean verdaderamente la capacidad instalada en los procesos.
- Impulsar y motivar el trabajo en equipo creando un espacio de trabajo donde cada persona pueda dar lo mejor de sí con el propósito de crear un entorno creativo, seguro y donde trabajar sea realmente satisfactorio.
- Contribuir con la preservación y cuidado del medio ambiente. (Escudero, 2007)

En la figura 3. Se encuentra una representación gráfica de los principios fundamentales que asume TPM, interpretando que mediante la integración de personas en procesos y la disponibilidad de equipos que ofrece el departamento de mantenimiento, se impulsa el mejoramiento continuo de las industrias que ayudan a satisfacer las necesidades del cliente.

Principios Fundamentales de TPM

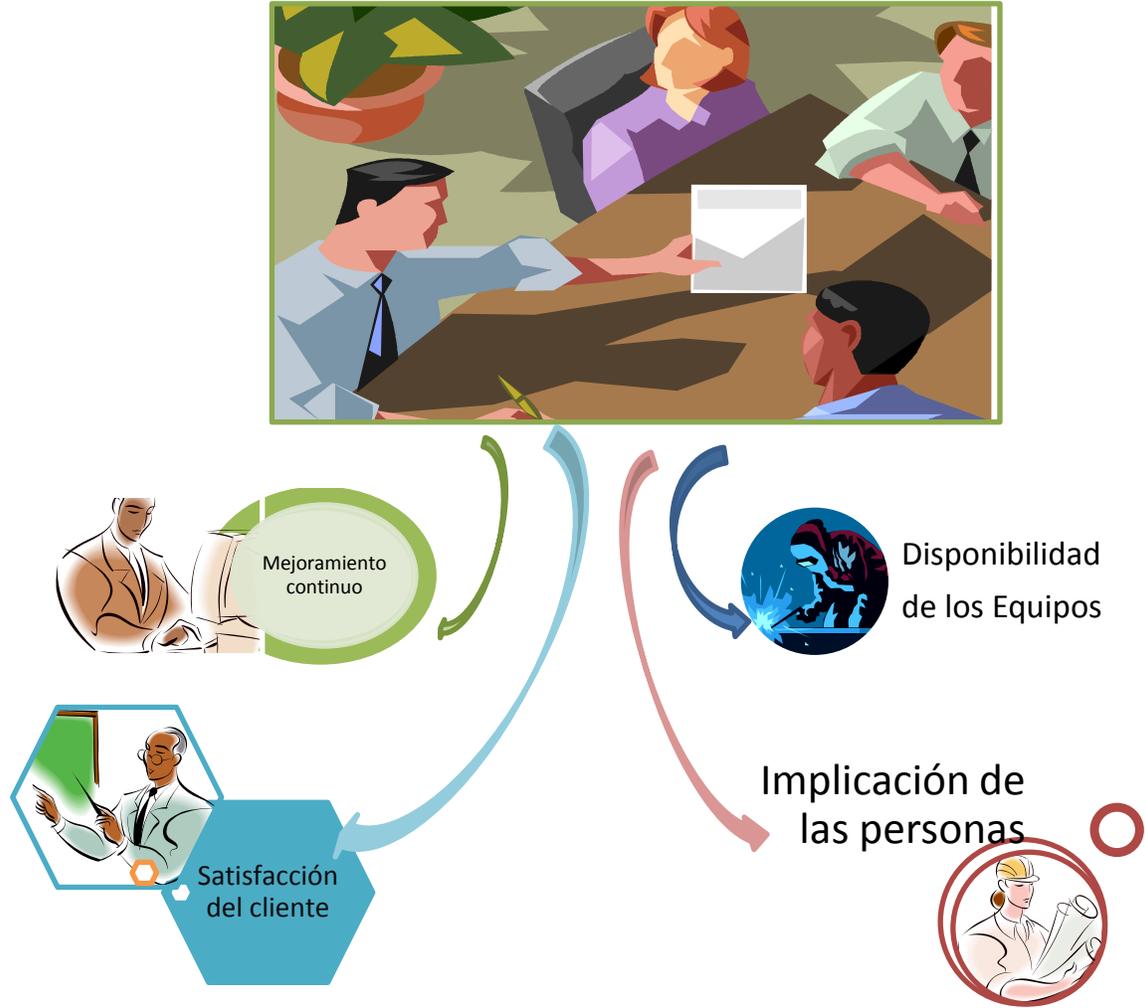


Figura 3. Principios fundamentales de TPM. Fuente: Elaboración propia

2.10. RCM, Mantenimiento basado en la fiabilidad

RCM es una metodología desarrollada en la década de los 1970, aplicada en la industria de la aviación y plantas nucleares, fundamentada en procesos sistemáticos de análisis para el desarrollo de técnicas de mantenimiento que faciliten la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo de industrias. (Seas, 2012)

Esta metodología de mantenimiento va de la mano con herramientas informáticas que apoyan su correcto desarrollo, en la figura 4. Se observa un diagrama que describe las ideas en las cuales se fundamenta RCM.



Figura 4. Ideas básicas de RCM. Fuente: Elaboración propia

2.11. Las 5 “s”

Es considerado como una estrategia industrial de origen japonés, cuyo objetivo es lograr puestos de trabajo más organizados y limpios para alcanzar un mejor entorno laboral, esta estrategia ha sido muy bien acogida en el departamento de mantenimiento debido a la cantidad de residuos generados los cuales se les debe dar un buen manejo. (Rey Sacristán, 2005)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Su nombre proviene de las iniciales en japonés de las etapas que lo conforman, en la figura 5. Encontramos sus definiciones.



Figura 5. Definición de 5 "s". (https://es.slideshare.net/SST_Asesores/las-5s-37397736 / septiembre de 2017)

La aplicación de esta estrategia en la industria, incluyendo el departamento de mantenimiento, brinda grandes beneficios, algunos son:

- Ahorro de espacio
- Incremento de la productividad
- Mayores niveles de seguridad
- Incremento de la calidad
- Generación de condiciones necesarias para aumentar la vida útil de los equipos
- Dinamismo y mejora de los equipos
- Tiempos de respuesta más cortos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Generación de cultura organizacional
- Menos productos defectuosos

(<http://www.ipn.mx/dse/intra/Documents/pdfs/Material5s.pdf> / septiembre de 2017)

2.12. Ciclo PHVA

Es una herramienta de gestión empresarial de aplicación integral en todos los departamentos que conforman la industria, con orígenes en 1950 en EE. UU, presentándose como una estrategia de crecimiento empresarial con el objetivo de alcanzar un alto nivel de competencia, evolucionar y renovarse de forma fluida y constante buscando un mejoramiento continuo.

(http://sata.ruv.itesm.mx/portalesTE/Portales/Proyectos/2631_BienvenidaCyP/QP161.pdf /septiembre de 2017)

El ciclo PHVA son las siglas de 4 conceptos que conforman las etapas del ciclo, estas son:

- **Planificar:** En la etapa de planificación se establecen objetivos y se identifican los procesos necesarios para lograr unos determinados resultados de acuerdo a las políticas de la organización. En esta etapa se determinan también los parámetros de medición que se van a utilizar para controlar y seguir el proceso. Fuente: www.escolme.edu.co
- **Hacer:** Consiste en la implementación de los cambios o acciones necesarias para lograr las mejoras planteadas. Con el objeto de ganar en eficacia y poder corregir fácilmente posibles errores en la ejecución, normalmente se desarrolla un plan piloto a modo de prueba o testeo. (Arbeláez & correa, 2014)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Verificar:** Una vez se ha puesto en marcha el plan de mejoras, se establece un periodo de prueba para medir y valorar la efectividad de los cambios. Se trata de una fase de regulación y ajuste. Fuente: <http://www.euskalit.net/pdf/folleto2.pdf>
- **Actuar:** Realizadas las mediciones, en el caso de que los resultados no se ajusten a las expectativas y objetivos predefinidos, se realizan las correcciones y modificaciones necesarias. Por otro lado, se toman las decisiones y acciones pertinentes para mejorar continuamente el desarrollo de los procesos.

(<http://www.ipn.mx/dse/intra/Documents/pdfs/Material5s.pdf> / septiembre de 2017)

En la figura 6 se visualiza claramente el ciclo PHVA con sus respectivas definiciones y objetivos de cada una de ellas.

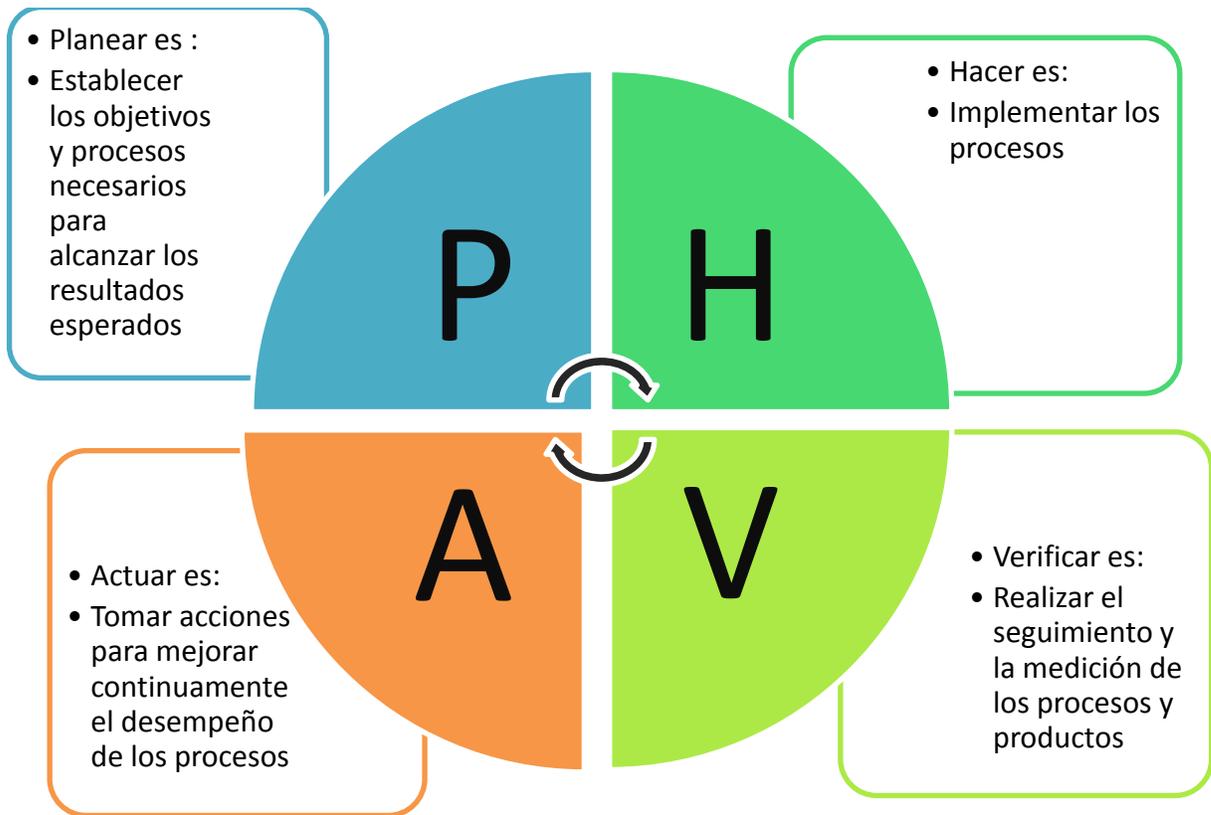


Figura 6. Ciclo PHVA. Fuente: elaboración propia

2.13. Tendencias actuales del mantenimiento industrial

El desarrollo de nuevas tecnologías ha marcado sensiblemente la actualidad industrial mundial. En los últimos años, la industria mecánica se ha visto bajo la influencia determinante de la electrónica, la automática y las telecomunicaciones, exigiendo mayor preparación en el personal, no sólo desde el punto de vista de la operación de la maquinaria, sino desde el punto de vista del mantenimiento industrial. La realidad industrial está caracterizada por la enorme necesidad de explotar eficaz y eficientemente la maquinaria instalada y elevar a niveles superiores la actividad del mantenimiento. Ejecutar grandes soluciones que presuponen diseños, innovaciones, y tecnologías de recuperación, no es efectivo sin mantener una alta disponibilidad industrial. Es decir, la Industria tiene que distinguirse por una correcta explotación y un mantenimiento eficaz, la operación correcta

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

y el mantenimiento oportuno constituyen vías decisivas para sostener lo que se tiene. (Labaian & Carrasco, 2009)

Hoy, los departamentos de mantenimiento han estado encaminando sus labores implementando mantenimientos predictivos como lo son ensayos no destructivos, que son herramientas de control de calidad o proceso que permite diagnosticar preventivamente las condiciones de un equipamiento, deterioro de un componente o su mal funcionamiento, análisis de piezas recién fabricadas o reparadas. Los más importantes métodos de ensayos no destructivos son los ensayos por Ultrasonido (EU), Líquidos Penetrantes (EP), Rayos X (ER), Análisis de Vibraciones (EV), Termografía, Partículas Magnéticas, entre otras. Este tipo de mantenimiento se le realiza con una frecuencia predeterminada a los equipos industriales, con el objetivo de ser competentes en sus labores y contribuir con el desarrollo empresarial. (Sandoval & Idrovo, 2009)

2.14. Líquidos penetrantes

El ensayo por líquidos penetrantes es un método no destructivo que permite la detección de discontinuidades en materiales sólidos no porosos tales como metales, cerámicos, vidrios y plásticos y siempre que las discontinuidades se encuentren abiertas a la superficie. Este método está basado en la penetración de un líquido dentro de las fisuras y esto ocurre debido al fenómeno de la capilaridad que es la propiedad de penetración de un líquido en lugares extremadamente pequeños debido a sus características fisicoquímicas, tal como la tensión superficial de este líquido mencionado. Una vez dentro de la fisura se provoca la absorción de este líquido hacia la superficie del material a través del uso de un agente absorbente denominado revelador. (Cano, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.14.1. Características de los Líquidos Penetrantes

El líquido penetrante tiene la propiedad de penetrar en cualquier abertura u orificio en la superficie del material (Ver Figura 7). El penetrante ideal debe reunir lo siguiente:

- Habilidad para penetrar orificios y aberturas muy pequeñas y estrechas.
- Habilidad de permanecer en aberturas amplias.
- Habilidad de mantener color o la fluorescencia.
- Habilidad de extenderse en capas muy finas.
- Resistencia a la evaporación.
- De fácil remoción de la superficie.
- De difícil eliminación una vez dentro de la discontinuidad.
- De fácil absorción de la discontinuidad.
- Atóxico.
- Inoloro.
- No corrosivo.
- Anti inflamable.
- Estable bajo condiciones de almacenamiento.
- Costo razonable. (Sandoval & Idrovo, 2009)

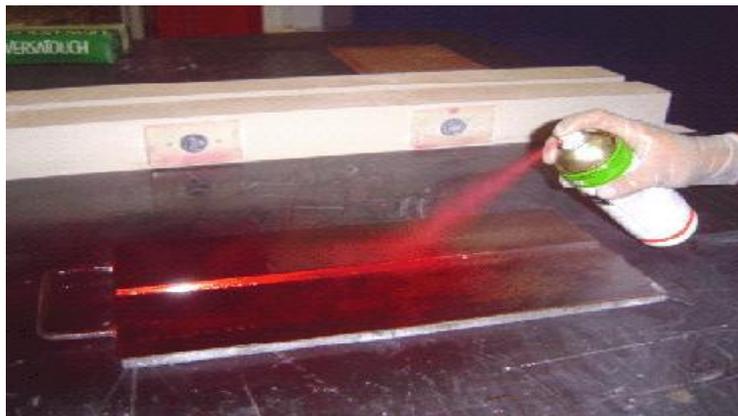


Figura 7. Análisis con líquidos penetrantes.

(http://serviciosdeinspeccion.com/wordpress/?page_id=318 / septiembre de 2017)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.15. Análisis de vibraciones

El interés del análisis de Vibraciones Mecánicas llega al mantenimiento Industrial con el objetivo de alertar un elemento vibrante en una máquina y la necesaria prevención de las averías que conllevan las vibraciones a medio plazo. (A-MAQ, 2005)

El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral (Ver Figura 8). (Labaïen & Carrasco, 2009)

Las razones más habituales por las que una máquina o elemento de máquina puede llegar a presentar vibraciones son:

- Desequilibrio
- Desalineamiento
- Excentricidad
- Defectos en rodamientos y/o cojinetes
- Defectos en engranajes
- Defectos en correas
- Holguras
- Falta de lubricación. (Rosa et al., 2009)

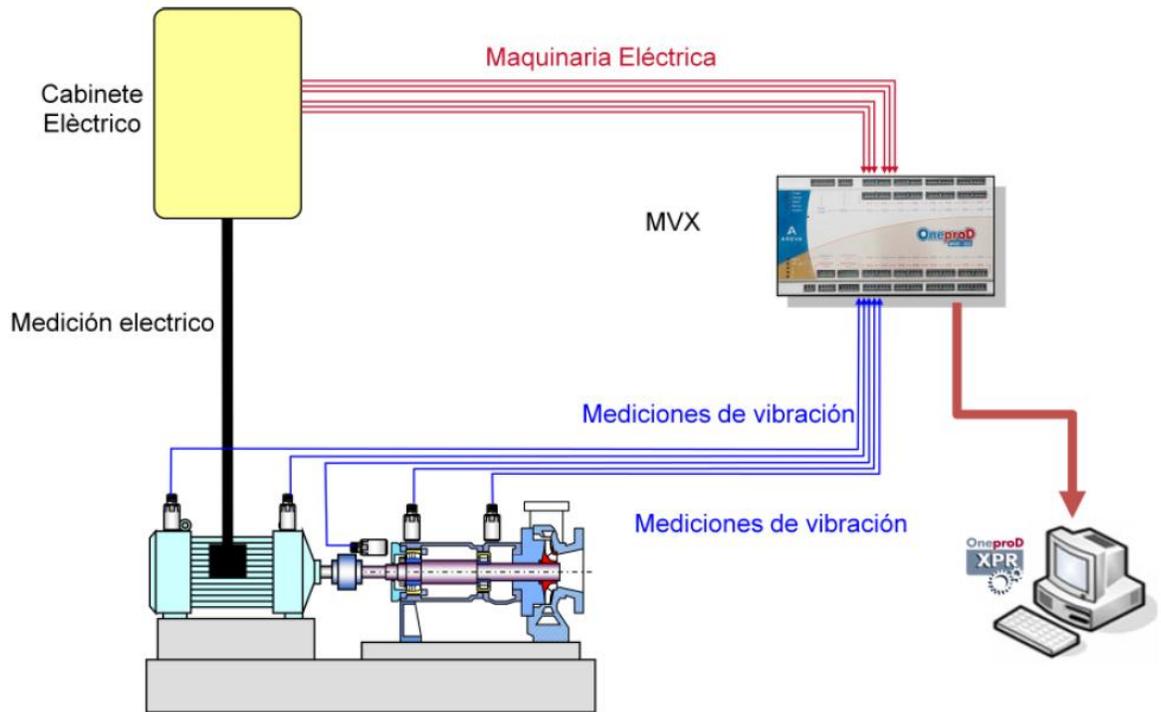


Figura 8. Análisis de vibraciones. (<http://www.sistindacematmx.com/vibra-meca.html/> septiembre de 2017)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3 METODOLOGÍA

3.1. Análisis del modelo actual del sistema de gestión de mantenimiento

Hoy, el proceso de pasteurización de leche cuenta con un plan de mantenimiento, el cual está determinado por:

- Actividades preventivas de inspecciones de proceso.
- Revisiones y mantenimiento a los equipos.
- Frecuencias de mantenimiento.

Con el modelo actual del sistema de gestión, el departamento de mantenimiento presenta algunas dificultades que comprometen considerablemente el pleno desarrollo del proceso de pasteurización de leche, como lo son:

- Las actividades de mantenimiento no describen claramente las tareas que se deben ejecutar a los equipos, dejando por fuera tareas primordiales de revisiones en los equipos que hacen parte fundamental en la sostenibilidad y seguimiento del buen funcionamiento de los componentes.
- Los equipos que conforman el proceso de pasteurización de leche no están codificados de manera independiente en el sistema, solo existe una codificación de identificación general para el proceso de pasteurización de leche y sobre este código único en el sistema, son reportadas todas las intervenciones de mantenimiento de cada uno de los componentes (equipos).
- Ningún equipo del proceso cuenta mantenimientos predictivos programados con frecuencias específicas en el sistema que ayuden a evaluar la condición de los

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

equipos e intervención de mantenimientos preventivos que ayuden con la disminución de mantenimientos correctivos.

La necesidad actual del departamento de mantenimiento para garantizar el buen estado de los equipos del proceso de pasteurización de leche es implementar actividades de mantenimiento predictivo a equipos críticos de proceso para ser competentes y brindar seguridad e inocuidad de los productos.

Estructurar un mantenimiento preventivo eficaz, ordenado y preciso, necesidad que se refleja con las fallas constantes de equipos críticos, este mantenimiento preventivo puede implementarse en conjunto con el mantenimiento predictivo, debido a la disponibilidad y aprovechamiento de tiempos muertos de producción.

Es de vital importancia la seguridad y salud en el trabajo de todas las actividades que se realizan en los procesos, el bienestar y salud de las personas es responsabilidad de todos los miembros de la empresa, todos los planes de mantenimiento que se implementarán, serán acompañados de actividades y uso de elementos de protección personal.

3.2 Comportamiento de los costos de mantenimiento correctivo (año 2015 vs 2016) en el proceso de pasteurización de leche

En la figura 9 se evidencia el comportamiento hacia el incremento de ejecución de mantenimientos correctivos en el año 2016 en comparación con el año 2015, este incremento de aplicación de mantenimiento correctivo representa un 15% con respecto al costo total de mantenimientos correctivos realizados en el año 2015, resultados desfavorables en el departamento de mantenimiento, debido a la afectación de disponibilidad del proceso, baja sostenibilidad de los equipos y tendencia al aumento en el tiempo.

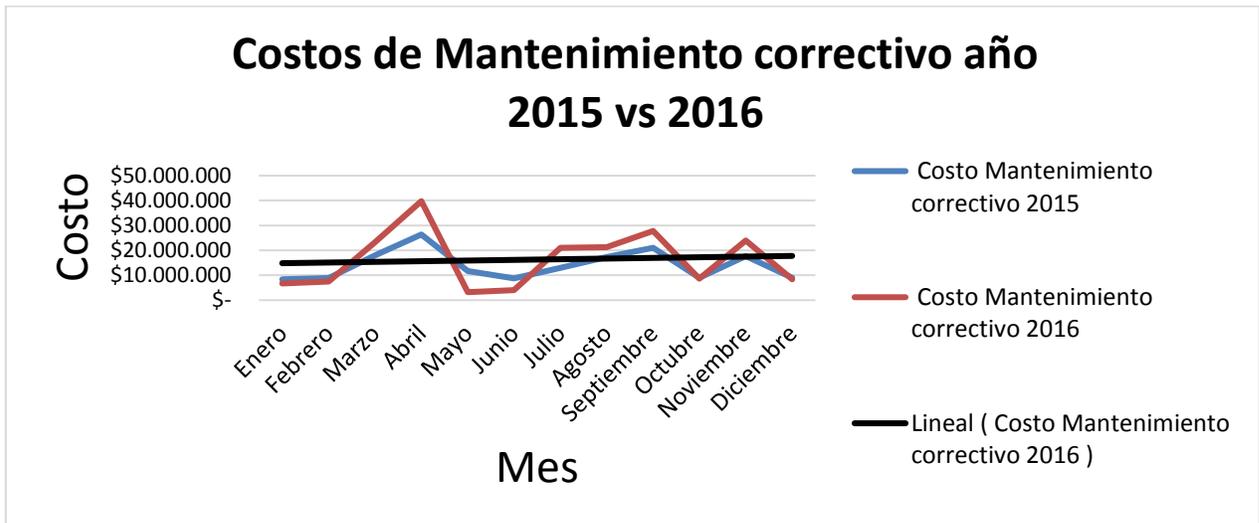


Figura 9. Análisis de costos de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Comportamiento de los costos de mantenimiento preventivo (año 2015 vs 2016) del proceso de pasteurización de leche

En la figura 10 se encuentra el comportamiento de la disminución de los costos de mantenimiento preventivo realizados durante el año 2016 en comparación con el año 2015, datos desfavorables cuando anteriormente se evidencia que los mantenimientos correctivos presentaron aumentos en la misma escala de tiempo de medición, costos que controversia la función fundamental de un departamento de mantenimiento que consiste en prever fallas en los equipos.

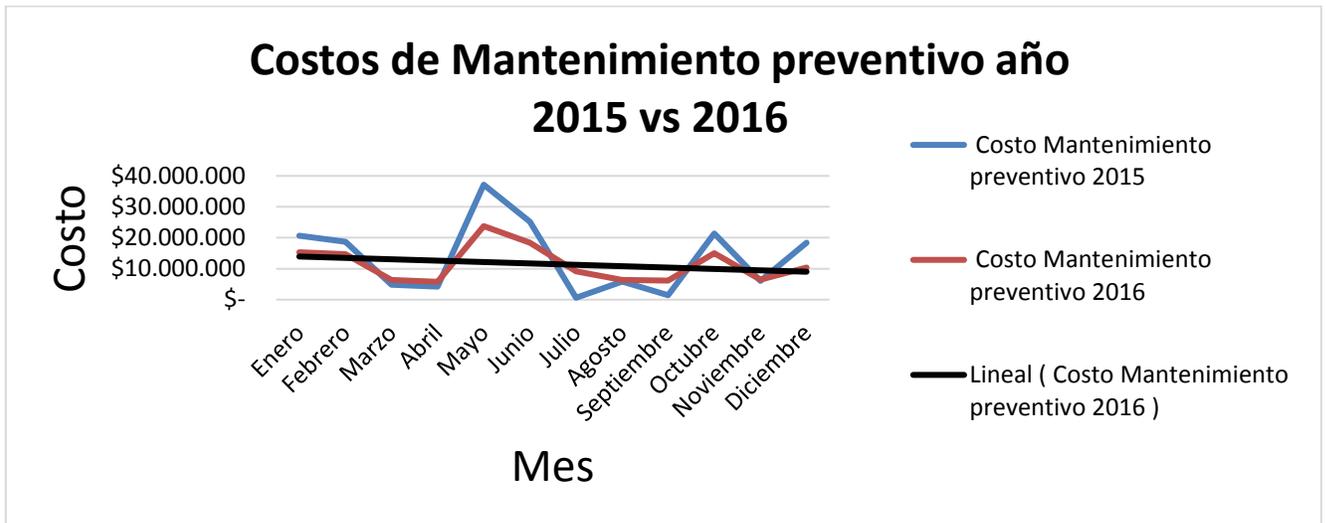


Figura 10. Análisis de costos de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Análisis del comportamiento de los costos de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche del año 2016

En la figura 11 se describe el comportamiento general de los costos de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche donde evidentemente se refleja que los costos de mantenimiento correctivos superen el mantenimiento preventivo, comportamiento crítico frente a las principales funciones y responsabilidades de un departamento de mantenimiento, que en su medida conlleva a generar indisponibilidad e incumplimientos del proceso industrial.

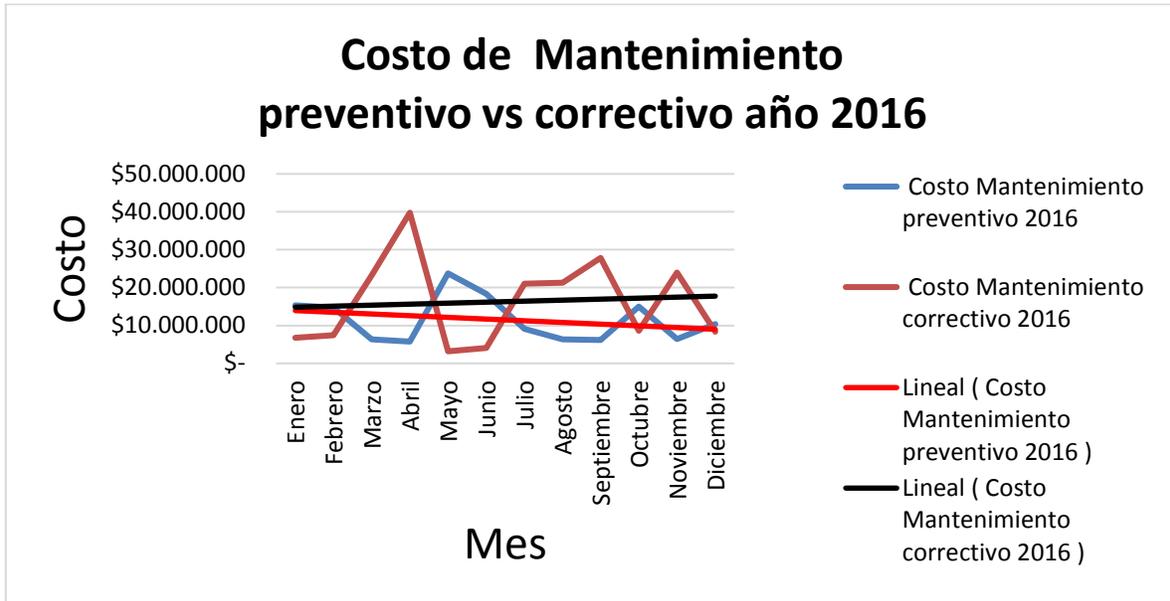


Figura 11. Comportamiento de costos de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

Frente al comportamiento de los costos de mantenimiento preventivo y correctivo del año 2016, se puede evidenciar la oportuna necesidad de establecer planes de mantenimiento preventivo y predictivo más competentes frente a las necesidades del proceso y realizar una medición estratégica que permita el análisis de avances y mejoras, para esto, implementar un indicador de mantenimiento es lo recomendable.

3.3. Análisis del cumplimiento del proceso de pasteurización de leche

En la tabla 2 se encuentra el cumplimiento de producción del proceso de pasteurización de leche durante todos los meses del año 2016, los datos que se muestran en la gráfica, son suministrados por el departamento de producción, donde se evalúa la producción del proceso y su comportamiento frente a la capacidad del proceso de un 100% (Ver Figura 12), incumplimientos generados por intervenciones correctivas de fallas ocurridas en el proceso.

Tabla 2. Análisis de cumplimiento de proceso año 2016 (Elaboración propia)

Mes	Horas por Paros no programados	Disponibilidad /mes (%)	Cumplimiento del proceso (%)
ene-16	2	99.58	97.00
feb-16	3	99.38	96.90
mar-16	5	98.96	95.80
abr-16	18	96.25	92.00
may-16	1	99.79	97.80
jun-16	1	99.79	97.80
jul-16	5	98.96	95.80
ago-16	4	99.17	96.80
sep-16	11	97.71	94.00
oct-16	2	99.58	97.00
nov-16	5	98.96	95.80
dic-16	3	99.38	96.90
Total	60		

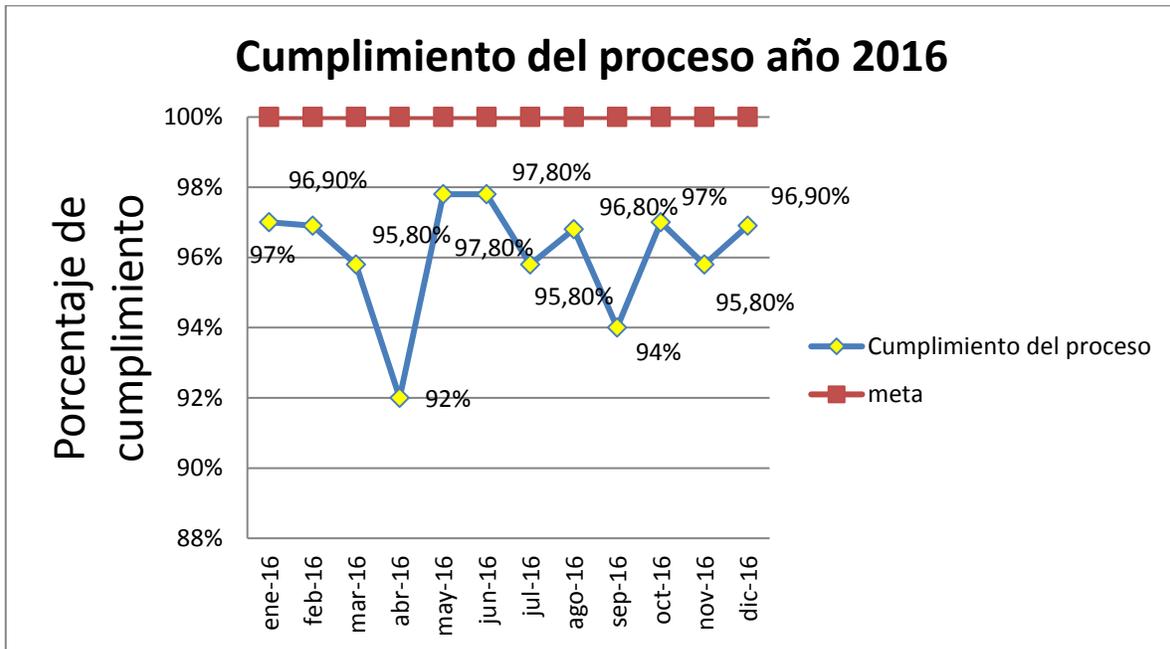


Figura 12. Cumplimiento de proceso año 2016. Fuente: Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.4. Organización del grupo de trabajo del departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento está conformado por un coordinador general de mantenimiento de la planta procesadora, supervisores y técnicos encargados de los procesos, con funciones que están orientadas a mantener siempre los equipos en condiciones óptimas de funcionamiento.

Para el proceso de pasteurización de leche, se cuenta con un supervisor de mantenimiento encargado de esta área y cinco técnicos de mantenimiento que son los encargados de ejecutar todas las tareas electromecánicas necesarias para mantener el proceso en funcionamiento.

El departamento de mantenimiento ha enfocado sus acciones más a la parte técnica, prestando poca importancia a las herramientas de la gestión del mantenimiento de la empresa que son de vital importancia y ayuda para cumplir con sus objetivos de reducir los costos de mantenimiento, sostenibilidad de los procesos y manejo de información.

En la figura 13. Se encuentra la jerarquización de cargos en el departamento de mantenimiento, cada uno de estos con funciones y tareas específicas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 13. Jerarquía de cargos de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

3.5. Identificación de funciones de cargos de personal de mantenimiento

3.5.1. Coordinador de Mantenimiento

Generalidades: Estructurar, dirigir, planear y coordinar actividades de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

Características: Este puesto está enfocado en responsabilidades administrativas dirigidas al cumplimiento de procedimientos generales de la empresa para el manejo integral del departamento de mantenimiento.

Funciones y responsabilidades: Dar cumplimiento a las instrucciones y normas de la empresa relacionadas con el departamento de mantenimiento.

- Coordinar las intervenciones de mantenimiento con la dirección de producción y control calidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Presentar presupuestos y costos de mantenimiento.
- Gestionar el cumplimiento del plan de mantenimiento anual.
- Aplicar los indicadores de mantenimiento para evaluar la gestión.
- Implementar y ejecutar metodologías que permitan localizar y eliminar averías de los equipos.

3.5.2. Supervisor de Mantenimiento

Generalidades: Supervisar, dirigir y controlar las actividades de mantenimiento ejecutadas por el personal técnico y contrataciones.

Características: Este puesto se caracteriza por la programación de actividades de mantenimiento ejecutadas por el personal técnico.

Funciones y responsabilidades: Suministrar los recursos para el cumplimiento del plan de mantenimiento y calificar resultados.

- Programar el mantenimiento de equipos de proceso.
- Ejecutar acciones que permitan la optimización del mantenimiento.
- Identificar, notificar y dar solución a los problemas que se presentan en la ejecución de trabajos de mantenimiento.
- Sugerir trabajos y mejoras para perfeccionar procesos y trabajos de mantenimiento.
- Organizar el abastecimiento de materiales, herramientas, componentes y repuestos.
- Implementar estrategias de gestión de mantenimiento para reducir costos.

3.5.3. Técnico de Mantenimiento

Generalidades: Ejecutar actividades de mantenimiento programado e imprevistos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Características: Este puesto se caracteriza por la ejecución de actividades de mantenimiento correctivas, preventivas y predictivas en el campo mecánico y eléctrico.

Funciones y responsabilidades

- Cumplir con las actividades del plan de mantenimiento
- Informar imprevistos presentados en la ejecución de trabajos.
- Solicitar materiales y repuestos oportunamente.
- Sugerir mejoras para la reducción de tiempos, costos y mantenimiento de equipos.

3.6. Funcionamiento actual del Software de mantenimiento

La gestión de mantenimiento asistida por ordenador (GMAO), está actualmente funcionando en la empresa mediante la implementación de un software de mantenimiento, herramienta que presta la ayuda de administrar y organizar todos los servicios prestados por mantenimiento a los procesos, de una manera más segura y eficaz.

Actualmente el software cumple gran variedad de funcionalidades como lo son:

- Controlar activos fijos
- Generar planes de mantenimiento
- Generar ordenes de trabajo
- Controlar inventarios
- Generar informes de costos

3.6.1 Falencias del software de mantenimiento

Actualmente, el software de mantenimiento necesita algunos desarrollos que permitan una mejor administración de la información como lo son:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Generación y aprobación de órdenes de trabajo por procesos de los equipos de la empresa, previniendo la generación equivocada de órdenes de trabajo a equipos que no corresponden, debido a que, al cerrar estas órdenes de trabajo mal generadas, se pueden cargar costos de mantenimiento a equipos que no han requerido estos gastos, ocasionando problemas en los historiales de mantenimiento de equipos, repuestos y facturas a equipos que estuvieron en correcta operación.
- El software de mantenimiento actualmente no cuenta con una opción que permita identificar equipos considerados críticos en el proceso.
- El software de mantenimiento no cuenta con la funcionalidad de dar una calificación a las órdenes de trabajo requeridas por otros departamentos de la industria.

3.7. Gestión de activos fijos

Cuando la empresa realiza la compra de alguna máquina, esta adquisición tiene un proceso contable, el departamento de contabilidad es el responsable de suministrar un código de activo contable, con el cual será identificado el equipo, como también el encargado se ingresa los datos contables en el software de mantenimiento como lo son:

- Código de identificación
- Costo de adquisición de la máquina
- Proveedor
- Fecha de compra
- Centro de costos al que pertenece
- Valor de adquisición
- Vida útil estimada
- Depreciación
- Número de registro contable

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.7.1. ¿Qué es la codificación?

Es el control y administración que realiza el departamento de contabilidad del ingreso de un activo a la empresa, la identificación que es asignada “código de placa”, es un número consecutivo que identificara al activo durante su proceso de productividad, vida útil y el aplicativo de activos fijos.

A continuación, se lleva a cabo un acta de entrega y recibo de activo al departamento de mantenimiento, el cual será el responsable de mantener el funcionamiento y permanencia de los activos hasta que cumplan su ciclo de vida y requieran ser retirados “dados de baja” con el fin de tener una buena administración.

Se debe considerar que una mala administración de los activos puede generar grandes pérdidas de dinero para la empresa, si no se tiene un buen control de activos se generarían nuevas compras causando un exceso de inventarios y gastos innecesarios.

3.7.2. Ficha técnica de equipos

Cuando un activo es recibido por el departamento de mantenimiento para su instalación y puesta en marcha, ha terminado su proceso contable y se encuentra en el software de mantenimiento con su identificación de código de activo, ahora es responsabilidad del departamento de mantenimiento registrar los datos y especificaciones técnicas del equipo. Para todos los equipos que se independizaron del proceso de pasteurización de leche, se debe asignar un código e información de datos contables y luego proceder a registrar los datos de la ficha técnica que son:

- Nombre de la máquina.
- Fabricante.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Marca.
- Serie.
- Modelo.
- Ubicación física.
- Función.
- Datos de placa.

Teniendo esta información correctamente diligenciada en el software de mantenimiento, queda completado el proceso de registro de la ficha técnica del activo, información a la que puede tener acceso cualquier persona que trabaje en la empresa mediante la acreditación en el software de base de datos y descargar su información en archivos PDF y XLS.

3.8. Historial de trabajo a equipos

Mediante el cierre de órdenes de trabajo en el programa de mantenimiento se crea el historial de trabajos y costos de mantenimiento que se le han realizado a un equipo durante su vida útil, se detalla el trabajo realizado a determinado equipo, información importante para la presentación de informes y retroalimentación de trabajos, se registra en el cierre de la orden de trabajo información como:

- Empleado o proveedor que ejecuta el trabajo.
- Tiempo de ejecución.
- Repuestos utilizados.
- Trabajo realizado.
- Fecha de ejecución.
- Tipos de trabajo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Un buen manejo de historial de información de intervenciones de mantenimiento realizadas a equipos es de vital importancia para manejar, mantener y mejorar las condiciones de los equipos, su buen diligenciamiento y orden es de vital ayuda para:

- Evaluar el rendimiento de equipos en función del tiempo.
- Desarrollar el mejoramiento de los equipos, mediante la retroalimentación de información.

En la tabla 3. Se encuentra la información que debe contener una orden de trabajo que se les ejecuta a los equipos, lo cual permite tener registrado información de mantenimiento de cada equipo, que servirá de base para analizar la gestión de mantenimiento.

Tabla 3. Datos de orden de trabajo (Elaboración propia)

Orden	Activo	c.costos	fecha de terminación	Trabajo realizado	tipo de trabajo	Tiempo de ejecución	Responsable	Mano de obra	Repuestos	Mano de obra contratada	TOTAL

3.8.1. Orden de trabajo

Mediante el software de mantenimiento existente, se generan las órdenes de trabajo (OT) a los equipos. Estas OT ya cuentan con un formato estándar en función de la organización, activo, consecutivo de la orden, tipo de trabajo ejecutado, etc.

Estos formularios permiten la organización de ejecución de trabajos y obtener la información que permite la administración del mantenimiento y algunas otras funciones como:

- Servir de control y orden de trabajos terminados y costos de mantenimiento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Facilitar información de soporte de informes.
- Contribuir con la creación de historial para cada equipo.

En el momento, el manejo de las (OT) por medio del departamento de mantenimiento de la empresa opera de manera clara y ordenada, se realizará modificaciones mediante la estipulación de tipos de trabajo en las ordenes de trabajo de mantenimiento acordes a la ejecución de trabajos.

En la figura 14 se describe el orden que debe llevarse cuando un equipo es adquirido por la empresa, siguiendo estos pasos se logra una buena documentación de información facilitando el orden y gestión de mantenimiento.

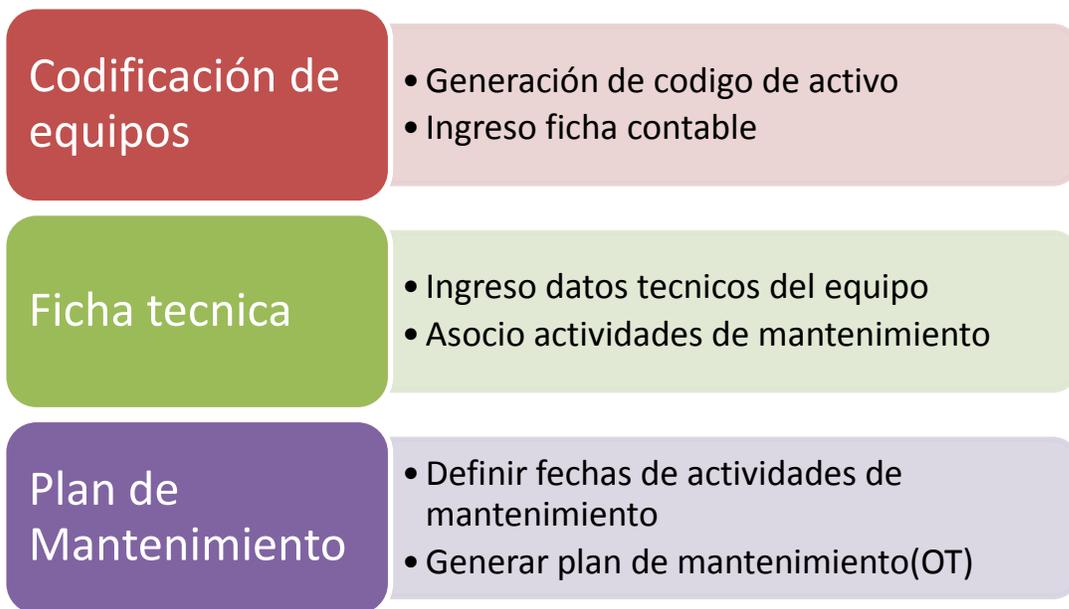


Figura 14. Proceso de ingreso de activos. Fuente: Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.9. Análisis de falencias del sistema de gestión de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche

Al momento de dirigir esfuerzos de optimizar el funcionamiento y gestión de mantenimiento de un proceso, es fundamental encontrar los puntos críticos que ocasionan pérdidas de estabilidad industrial.

Comenzar el proceso de optimización de gestión de mantenimiento de un proceso industrial, requiere analizar e interrogar las falencias y funcionalidad de factores importantes de gestión como lo son:

- El plan de mantenimiento actual del proceso de pasteurización de leche no satisface las necesidades que permitan la sostenibilidad de los equipos
- La división y codificación de los equipos que componen el proceso no facilitan la administración y mantenibilidad efectiva del proceso.
- Documentar claramente la ficha técnica de los equipos que conforman el proceso.
- Actualmente los equipos del proceso no cuentan con mantenimientos predictivos que permitan analizar sus condiciones.
- Es necesario crear un desarrollo en el software de mantenimiento que permita la identificación de equipos críticos.
- Es necesario que el software de mantenimiento funcione con niveles de control para la generación, aprobación y calificación de órdenes de trabajo.

3.10. Fases de optimización del sistema de gestión de mantenimiento

- Crear desarrollos en el software de mantenimiento que permitan un mejor manejo y control de la información del departamento de mantenimiento.
- Inventariar cada uno de los equipos que componen el proceso de pasteurización de leche.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Analizar las causas de fallas del proceso, análisis AMFE, paso importante al momento de optimizar planes de mantenimiento de equipos.
- Realizar la codificación el software de mantenimiento de cada uno de los equipos que componen el proceso de pasteurización de leche.
- Elaborar ficha técnica de cada uno de los componentes que componen el proceso de pasteurización de leche.
- Elaborar actividades de mantenimiento preventivo y predictivo acordes a las necesidades de los equipos del proceso.
- Generar el plan de mantenimiento para cada equipo (ordenes de trabajo “OT”), de acuerdo a cada una de las actividades de mantenimiento creadas.
- Implementar indicadores de mantenimiento de permitan realizar un seguimiento constante del proceso en el tiempo, proceso administrativo de mantenimiento con el que no cuenta en la actualidad el proceso de pasteurización de leche.

3.11. Optimización de funcionalidades del software de mantenimiento

3.11.1. Control de generación y aprobación de órdenes de trabajo

Desarrollar una opción en el software de mantenimiento que permita restringir el acceso para la generación y aprobación de órdenes de trabajo (OT), de tal forma que solo se puedan generar ordenes de trabajo a los equipos que en realidad las personas son responsables de su mantenimiento.

Con la creación de esta opción, se habilitarán controladamente los permisos en el software de mantenimiento a cada persona para la generación y aprobación de órdenes de trabajo según los procesos a los cuales estén asociados los equipos en responsabilidad de ellos, de esta manera, si el personal quiere generar ordenes de trabajo a equipos y no cuentan con los permisos, el software no les permitirá hacer el procedimiento.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Para los permisos de generación de órdenes de trabajo por parte de los técnicos de mantenimiento, el software habilitará una ventana, en donde el coordinador de mantenimiento será el encargado de habilitar los procesos en los cuales estén cargados los equipos que el técnico podrá generar ordenes de trabajo.
- En el caso de los supervisores de mantenimiento, que son los encargados de aprobar las ordenes de trabajo, el software habilitará una opción para la aprobación de órdenes de trabajo según los procesos de equipos de los cuales ellos sean responsables.

En la tabla 4. Se encuentra cómo es la pestaña del software de mantenimiento para asignar permisos de órdenes de trabajo que generan los técnicos de mantenimiento.

Tabla 4. Permiso de generación de órdenes de trabajo (Elaboración propia)

Permisos para generar órdenes de trabajo					
Cedula	Nombre	Cargo	Planta procesadora	Proceso Asociado	Descripción de proceso

En la tabla 5. Se encuentra cómo es la pestaña del software de mantenimiento para asignar permisos de órdenes de trabajo que aprueban los supervisores de mantenimiento.

Tabla 5. Permiso de aprobación de órdenes de trabajo (Elaboración propia)

Permisos para aprobar órdenes de trabajo					
Cedula	Nombre	Cargo	Planta procesadora	Proceso Asociado	Descripción de proceso

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

--	--	--	--	--	--

3.11.2. Marcación de equipos críticos

- El desarrollo de una opción en el software de mantenimiento que permita realizar una marcación a los equipos considerados como críticos en el proceso, permitirá generar una alarma visual en el momento en que alguien desee generar, aprobar o cerrar una orden de trabajo según sea el caso, esta opción de alerta le indicará a la persona que debe tener un especial cuidado con las intervenciones que desee ejecutar en este equipo por ser considerado como crítico para el proceso, en la figura 15, se ilustra la alarma visual que podrá ser identificada con este desarrollo en el software.

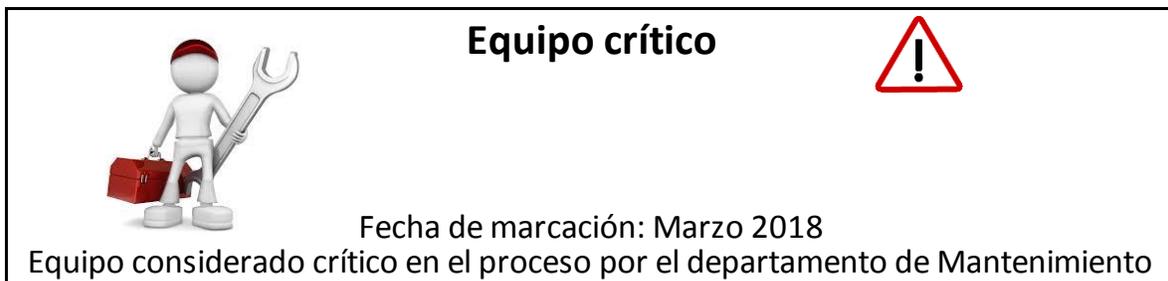


Figura 15. Aviso equipo crítico de proceso. Fuente: Elaboración propia

3.11.3. Calificación de órdenes de trabajo

Con el desarrollo de una opción en el software de mantenimiento que permita a los diferentes departamentos de la empresa calificar las ordenes que ellos solicitan al departamento de mantenimiento, se construye un mejoramiento continuo y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

retroalimentación de los trabajos que son ejecutados por el personal de mantenimiento, en la figura 16, se encuentra la secuencia que debe llevar una orden de trabajo solicitada.

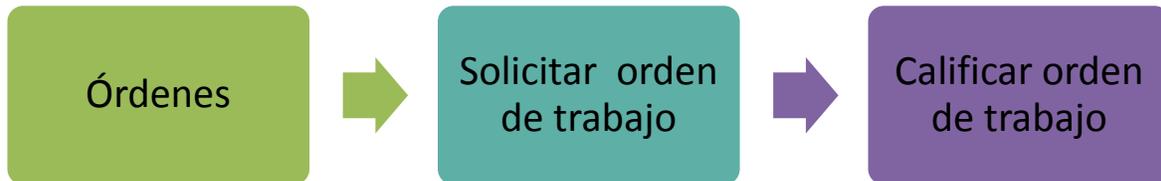


Figura 16. Secuencia de solicitud de orden de trabajo. Fuente: Elaboración propia

3.12. Codificación de activos de proceso de pasteurización de leche

Actualmente los equipos del proceso de pasteurización de leche cuentan con un único código de activo, un código general que abarca todos los equipos que conforman el proceso.

Este tipo de codificación es confusa debido a que no se puede llevar un control independiente a cada uno de los equipos que conforman el proceso, como lo es: análisis de costos, consumo de repuestos y fallas de cada máquina.

Se ejecutará un despiece de todos equipos que intervienen en el proceso de pasteurización de leche, asignándoles un código de activo con el cual serán identificados independientemente, de esta manera se lograría alcanzar los siguientes objetivos:

- Identificar equipos independientes
- Tener control centralizado de costos de mantenimiento por equipo
- Analizar por parte de que equipo hay frecuentes paros de proceso
- Analizar ciclos de vida de activos
- Facilitar la planeación de mantenimientos

Para optimizar el proceso de codificación de los equipos del proceso, es necesario realizar un inventario de equipos que intervienen en el proceso de pasteurización de leche, con este

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

inventario se pretende realizar una codificación independiente a cada equipo y tener costos independientes por cada equipo que interviene en el proceso, al hacerse esta codificación debe llenarse una ficha técnica de todos los equipos en la cual se encuentren sus características.

3.13. Inventario de equipos que intervienen en el proceso de Pasteurización de leche

Se realizó un inventario de los equipos que hacen parte del proceso de pasteurización de leche, equipos a los cuales se les asignó un código de activo independiente proceso que lleva a realizar otras actividades como lo son:

- Ingresar existencia de equipo en el software de mantenimiento.
- Registrar información contable.
- Crear ficha técnica del equipo.
- Generar planes de mantenimiento.

Es de vital importancia realizar un inventario físico de los equipos que intervienen el proceso de pasteurización de leche, para realizar este inventario se consideran las siguientes características:

- Ubicación de la máquina.
- Función.
- Datos técnicos.

Con un inventario claro de los equipos existentes del proceso, se procede a realizar un cruce de información en el software de mantenimiento, actualizando los datos técnicos, funciones y ubicación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Una vez listados los equipos que intervienen en el proceso de pasteurización de leche y una información clara de ellas, se ejecuta un análisis según los siguientes criterios:

- Horas de operación de las máquinas.
- Listado de daños, fallas y paros de proceso.
- Frecuencia de intervenciones por parte del personal de mantenimiento.

Para la ejecución y validez de la información de este análisis, fue necesario del apoyo por parte del personal encargado de operación del proceso, personal de mantenimiento encargado del área e información registrada en el software de mantenimiento.

Después de un previo recorrido por el proceso, analizando la criticidad de los equipos e historial de fallas, se toma la decisión de independizar con códigos de activos los siguientes equipos:

- **Silos de almacenamiento de leche**

Tanque de acero inoxidable. Este equipo cuenta con un sistema de refrigeración que se encarga de sostener la temperatura de almacenamiento de la leche para su conservación y con un sistema de agitación que es el encargado de que no se presente sedimentación en la leche. (Ver Figura 17)



Figura 17. Silos de almacenamiento de leche. Fuente: Elaboración propia

- **Bomba centrífuga de alimentación de leche al intercambiador de calor del pasteurizador**

La bomba centrífuga es la encargada de recibir el producto desde el tanque de almacenamiento e impulsar la leche a un caudal específico al intercambiador de calor del pasteurizador. (Ver Figura 18)



Bomba centrífuga de alimentación de leche

Figura 18. Bomba centrífuga de alimentación de leche. Fuente: Elaboración propia

- **Intercambiador de calor pasteurización de leche**

Equipo crítico de proceso, el intercambiador de placas corrugadas es el encargado de realizar la pasteurización de la leche mediante transferencia de calor entre leche y agua caliente, garantizando la reducción de agentes patógenos. (Ver Figura 19)



Intercambiador de calor

Figura 19. Intercambiador de calor. Fuente: Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Centrífuga triprocesos**

Es el equipo crítico de proceso, cuya función es someter la leche a una fuerza centrífuga para eliminar toda clase de impurezas que pueda tener y obtener la separación de algunos de sus componentes. (Ver Figura 20)



Figura 20. Centrífuga triprocesos. Fuente: Elaboración propia

- **Bomba centrífuga de circulación de CIP**

Es el equipo encargado del transporte de soluciones de CIP (agua, soda y ácido) para el proceso de lavado de las líneas y equipos del proceso de pasteurización de leche. (Ver Figura 21)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

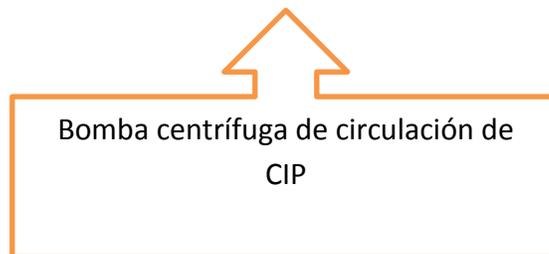


Figura 21. Bomba centrífuga de circulación de CIP. Fuente: Elaboración propia

- **Homogeneizador de leche**

Es el equipo que permite pulverizar las partículas de la leche, obteniendo una emulsión estable, homogénea, permitiendo mejorar las características organolépticas y la estabilidad del producto. (Ver Figura 22)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Homogeneizador de leche

Figura 22. Homogeneizador de leche. Fuente: Elaboración propia

- **Bomba centrífuga alimentación agua caliente del intercambiador de calor**

Este equipo se encarga de suministrar agua caliente al intercambiador de calor del pasteurizador, para que mediante la transferencia de calor se realice el proceso de pasteurización de leche. (Ver Figura 23)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22





 Bomba centrífuga alimentación agua
caliente

Figura 23. Bomba centrífuga alimentación agua caliente. Fuente:
Elaboración propia

- **Intercambiador de calor de agua caliente**

Equipo encargado de calentar agua mediante transferencia de calor entre vapor y agua, el agua caliente será impulsada hacia el intercambiador de calor de pasteurización de leche.

(Ver Figura 24)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 24. Intercambiador de calor de agua caliente. Fuente: Elaboración propia.

3.14. Análisis de modo de fallas y efecto de equipos de proceso de pasteurización de leche (AMFE)

Al realizar un balance general sobre las fallas y averías que han ocurrido en los equipos del proceso de pasteurización de leche, se toma el historial de fallas reportadas en el sistema de información de mantenimiento desde el 1 de enero de 2016 hasta 31 de diciembre de 2016, período en el cual fue reportado bastantes paros de proceso que generaron altos costos, por tal motivo se emprenden acciones correctivas con el fin de intervenir de una manera urgente el proceso y ejecutar planes de mantenimiento eficaces.

En la tabla 6 se encuentra un análisis de modo de falla y efecto (AMFE), que brindara los datos que permitirán tomar decisiones sobre los equipos críticos de proceso, este cuadro es creado en base a:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Equipo.
- Función.
- Fallos funcionales.
- Modos de falla.
- Efecto.

Tabla 6. Análisis de modo de falla y efecto (Elaboración propia)

Equipo	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto
Bomba centrífuga agua caliente pasteurizador 30 000 L/h	Suministrar agua caliente al intercambiador de calor	Insuficiencia en el suministro de agua caliente	Fuga de agua por los sellos mecánicos de la bomba centrífuga	Bajo flujo de agua caliente en el intercambiador de calor
Bomba centrífuga agua caliente pasteurizador 30 000 L/h	Suministrar agua caliente al intercambiador de calor	Motor de la bomba centrífuga apagado	No hay tensión eléctrica, calentamiento del motor por desgaste de rodamientos	Paro del proceso por falta de flujo de agua caliente
Bomba centrífuga agua caliente pasteurizador 30 000 L/h	Suministrar agua caliente al intercambiador de calor	Insuficiencia en la red de suministro de agua caliente	Ruptura del sello mecánico de la bomba centrífuga	Cavitación en la red de agua caliente
Bomba centrífuga agua caliente pasteurizador 30 000 L/h	Suministrar agua caliente al intercambiador de calor	Motor de la bomba centrífuga apagado	Motor apagado, rodamientos destruidos	Paro del proceso por falta de flujo de agua caliente
Bomba centrífuga agua caliente pasteurizador 30 000 L/h	Suministrar agua caliente al intercambiador de calor	Motor de la bomba centrífuga apagado	Bobinado quemado	Paro del proceso por falta de flujo de agua caliente

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Centrífuga triprocesos 30 000 L/h	Sacar impurezas de la leche	Caudal bajo de producto	fuga de producto por sellos mecánicos	Paro de proceso por bajo caudal de producto
Centrífuga triprocesos 30 000 L/h	Sacar impurezas de la leche	El equipo no realiza las descargas de producto	Atascamiento de los platos de separación	Paro de proceso por presión alta en la red de producto
Centrífuga triprocesos 30 000 L/h	Sacar impurezas de la leche	Sobre corriente en el equipo, Alto nivel de ruido y vibraciones de la red de producto	Desgaste en sleeve y kid intermedio	Paro de proceso
Centrífuga triprocesos 30 000 L/h	Sacar impurezas de la leche	Sobre corriente en el equipo, Alto nivel de ruido y vibraciones de la red de producto	Desgaste en el eje vertical	Paro de proceso
Centrífuga triprocesos 30 000 L/h	Sacar impurezas de la leche	Máquina apagada	Rodamientos del motor destruidos	Paro de proceso
Homogeneizador pasteurizador 30 000 L/h	Homogenizar el producto	Altas vibraciones	Ejes de acoplamiento a caja reductora desgastados	vibraciones del equipo y en la red de producto
Homogeneizador pasteurizador 30 000 L/h	Homogenizar el producto	Mala homogenización del producto	Pistones y sellos mecánicos presentan fugas	Paro de proceso
Homogeneizador pasteurizador 30 000 L/h	Homogenizar el producto	Equipo no ejecuta su función	Brazo de torque reventado	Paro de proceso

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Homogeneizador pasteurizador 30 000 L/h	Homogenizar el producto	Equipo no homogeniza el producto correctamente	Válvulas de homogenización con desgaste	Paro de proceso por mala homogenización
Homogeneizador pasteurizador 30 000 L/h	Homogenizar el producto	Fuga de producto	Cabezal de homogenización desgastado	Paro de proceso por bajo caudal de producto
Homogeneizador pasteurizador 30 000 L/h	Homogenizar el producto	equipo apagado	Motor presenta atascos por rodamientos desgastados	Paro de proceso
Homogeneizador pasteurizador 30 000 L/h	Homogenizar el producto	Motor principal apagado	Motor principal presenta corriente alta por des alineamiento	Paro de proceso
Intercambiador de calor Pasteurizador 30 000 L/h	Pasteurizar la leche	Suciedad en el equipo	Válvulas de entrada de producto presentan fuga de producto	Paro de proceso debido a riesgos de contaminación
Intercambiador de calor Pasteurizador 30 000 L/h	Pasteurizar la leche	Fugas de producto en el intercambiador de calor	Empaques en mal estado	Paro de proceso debido a riesgos de contaminación
Intercambiador de calor Pasteurizador 30 000 L/h	Pasteurizar la leche	Fugas de producto en el intercambiador de calor	Placas del intercambiador de calor fisuradas	Paro de proceso debido a riesgos de contaminación
Intercambiador de calor Pasteurizador 30 000 L/h	Pasteurizar la leche	Equipo no inicia proceso	Sensores de posiciones iniciales malos	Paro de proceso

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Intercambiador de calor Pasteurizador 30 000 L/h	Pasteurizar la leche	Fugas en la red de producto	Tubería fisurada	Paro de proceso debido a riesgos de contaminación
Intercambiador de calor Pasteurizador 30 000 L/h	Pasteurizar la leche	Fugas de producto en el intercambiador de calor	Placas del intercambiador de calor fisuradas	Paro de proceso debido a riesgos de contaminación
Intercambiador de calor Pasteurizador 30 000 L/h	Pasteurizar la leche	Fugas de producto en el intercambiador de calor	Placas del intercambiador de calor fisuradas	Paro de proceso debido a riesgos de contaminación

Con el análisis de los resultados, se procedió a verificar en el software de mantenimiento el plan de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche, evaluando los siguientes ítems:

- Actividades de mantenimiento.
- Frecuencias de inspecciones y mantenimientos.

3.15. Actividad de mantenimiento

El diseño de una actividad de mantenimiento debe agrupar una serie de tareas que ayuden a cumplir los requerimientos y procedimientos del sistema de gestión de calidad, seguridad y salud en el trabajo al igual que tareas claras, precisas y competentes en el mantenimiento a los equipos.

Se debe hacer una codificación de actividades de mantenimiento, en la cual se especifiquen claramente lo que se quiere realizar al equipo, como es:

- Código de la actividad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Nombre de la actividad de mantenimiento.
- Tipo de trabajo.
- Frecuencia.
- Tareas por realizar al equipo.
- Equipos de protección personal que se deben utilizar en la ejecución de los trabajos.
- Equipos de seguridad y salud en el trabajo.
- Cumplimiento de buenas prácticas de manufactura (BPM).

En la tabla 7. Se observa el formato con el cual serán creadas las actividades de mantenimiento.

Tabla 7. Formato de actividades de mantenimiento (Elaboración propia)

Actividad	Nombre	Tipo de trabajo	Frecuencia-días
Código			
Tareas de actividad de mantenimiento			
Tareas Asociadas	Equipos de protección personal	Cumplimiento BPM	
1			
2			
3			

La codificación de las actividades de mantenimiento, se identificarán con dos iniciales al principio, según el tipo de trabajo a realizar y 4 números que son consecutivos de las actividades. En la tabla 8, se encuentra especificado el criterio de asignación de códigos de actividad.

Tabla 8. Codificación de actividades de mantenimiento (Elaboración propia)

Codificación de Actividad de Mantenimiento	
EM	Actividades Electromecánicas
LO	Actividades Locativas
BPM	Actividades de Limpieza y desinfección
AD	Actividades administrativas

Cuando la actividad de mantenimiento se encuentra definida, debe ser aprobada por el coordinador de mantenimiento, el cual hace las observaciones pertinentes, ahora la actividad está preparada para ser programada en el software de mantenimiento y ser asociada a los equipos en los cuales se requiera, con una frecuencia de mantenimiento y fecha de inicio para la generación del plan de mantenimiento.

3.15.1. Frecuencias de inspección y mantenimiento de equipos

Tomar decisiones sobre el tiempo establecido para ejecutar las inspecciones y mantenimiento a equipos, está afectado principalmente por tiempos de disposición de equipos y costos en la ejecución de los trabajos.

Para establecer de una manera más precisa y eficaz estas frecuencias de intervención de equipos por parte de mantenimiento es necesario tener las siguientes consideraciones:

- **Edad y condiciones de trabajo:** los equipos más antiguos y con mayor tiempo de trabajo, son susceptibles a frecuentes daños, por esta razón requieren de mayor intervención o considerarse darles de baja y adquirir un equipo de primera tecnología.
- **Severidad de servicio:** Aplicaciones y condiciones más severas clasifican un equipo como crítico y requieren ciclos más cortos de mantenimiento.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Requerimiento de seguridad:** Equipos con un alto potencial de riesgo de accidentes requieren frecuencias altas de inspección.
- **Horas de operación:** Los fabricantes de los equipos recomiendan un tiempo definido para la intervención de inspecciones y rutinas de mantenimiento.
- **Susceptibilidad de averías:** Equipos en condiciones de funcionamiento de altas vibraciones, deben aplicárseles revisiones de estado o condición de funcionamiento.
- **Susceptibilidad al desgaste y ajuste:** Altos índices de fricción, fatiga, esfuerzos, pérdidas de tolerancias y desalineamientos, disminuyen el tiempo entre las frecuencias necesarias para inspecciones y evaluación de condición de equipos.

3.16. Optimización de actividades de Mantenimiento

Después de analizar las frecuentes fallas en el proceso y los requerimientos del departamento de producción por garantizar la funcionalidad del proceso se toma la decisión de implementar actividades de mantenimiento predictivo a equipos críticos de proceso.

3.16.1. Actividad de ensayos no destructivos (análisis de líquidos penetrantes)

Este tipo de análisis no destructivo se implementó en tanques de almacenamiento de leche e intercambiadores de calor, esta inspección se usa en estos equipos para encontrar fisuras superficiales o desgastes internos del material, de este modo se logra prevenir un contacto directo entre la leche y los líquidos con los que funcionan los equipos, en este caso agua fría y caliente lo que podría ocasionar una contaminación del producto.

La inspección consiste en la aplicación de una tinta especial uniformemente sobre la superficie del área a inspeccionar que previamente tuvo un proceso de limpieza para ser más efectiva la prueba, se deja transcurrir un periodo de tiempo estimado de 15 minutos para que la tinta tenga tiempo de penetrar en todos los posibles defectos del material.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Luego se retira la tinta mediante una limpieza superficial y se aplica un nuevo líquido absorbente revelador que tiene como finalidad extraer toda la tinta que quedó atrapada en grietas y poros del material, revelando fatigas del material, de igual manera se puede utilizar otro tipo de tinta fluorescente, la cual es revelada mediante el uso de una luz ultravioleta, que tiene la misma finalidad de revelar grietas y fatigas del material.

En la tabla 9. Se encuentra la especificación de los tiempos que se debe dejar aplicado los líquidos penetrantes en función de condiciones de material y defectos, criterio indispensable para la buena aplicación de esta técnica.

Tabla 9. Tiempos de penetración para LP coloreados (Cano, 2007)

Material y condición	Defecto	Tiempo de aplicación (min)	
		15-32°C	1-15°C
Todos los metales	Fisuras de tratamiento térmico	3-5	10-15
Todos los metales	Fisuras de amoniaco	7-10	15-20
Todos los metales	Fisuras de fatiga	8-10	16-20
Plásticos	Fisuras	3-5	10-15
Cerámicos	Fisuras	3-5	10-15
Cerámicos	Porosidad	3-5	10-15
Herramientas de corte			
Puntas de carburos	Bronceado Pobre	3-5	10-15
Puntas de corte	Fisuras en la punta	3-5	10-15
Puntas de corte	Fisuras en la caña	3-5	10-15
Metales			
Fundiciones de molde permanente	Porosidad	3-5	10-15
Fundiciones en matriz	Porosidad	3-5	10-15
Fundiciones en matriz	Solapado	3-20	10-20
Forjados	Solapado y fisuras	7-20	15-20
Metal rolado	Costuras	7-20	10-15
Soldaduras de aluminio	Fisuras y porosidades	3-5	10-15
Soldaduras de acero	Fisuras y porosidades	7-20	15-20

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la tabla 10. Se muestra el formato sobre el cual fue creada la actividad de inspección de análisis no destructivos de líquidos penetrantes que posteriormente es programada y asociada a los equipos en los que se requiera hacer el trabajo.

Tabla 10. Actividad análisis por medio de líquidos penetrantes (Elaboración propia)

Actividad	Nombre	Tipo de trabajo	Frecuencia-días
EM 1606	Análisis por medio de líquidos penetrantes	Predictivo	180
Tareas de actividad de mantenimiento			
Tareas Asociadas	Equipos de protección personal	Cumplimiento BPM	
1			
2			
3			

3.16.2. Actividad de análisis de vibraciones

Mantenimiento predictivo que se implementa a los siguientes equipos del proceso:

- Bombas centrífugas.
- Centrífuga triprocesos.
- Homogeneizador de leche.

Este análisis que tiene como objetivo identificar vibraciones anormales en máquinas generadas por holguras, desequilibrios, rozamientos, desalineación, desgaste o fatiga de cualquier componente de máquina.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Este análisis se implementa con la finalidad de indicar la severidad de alguna falla o desgaste, indicando el momento oportuno para la intervención preventiva de mantenimiento evitando una falla que genere paros de procesos y altos costos.

En la tabla 11. Se muestra el formato sobre el cual fue creada la actividad de inspección de análisis no destructivos de vibraciones que posteriormente es programa y asociada a los equipos en los que se requiera hacer el trabajo.

Tabla 11. Actividad análisis de vibraciones (Elaboración propia)

Actividad	Nombre	Tipo de trabajo	Frecuencia-días
EM 1607	Análisis de vibraciones	Predictivo	180
Tareas de actividad de mantenimiento			
Tareas Asociadas	Equipos de protección personal	Cumplimiento BPM	
1			
2			
3			

3.16.3. Actividad de inspecciones semanales de mantenimiento

Se desarrollará una inspección de mantenimiento semanal a cada uno de los equipos de proceso de pasteurización de leche, donde se realiza un análisis superficial de estado, operación y defectos de equipos que se pueden intervenir y corregir al instante.

Para esta inspección será apoyada de la herramienta de tareas que contiene una actividad de mantenimiento, en la cual se especifica funciones, parámetros y trabajos a ejecutar, permitiendo visualizar el comportamiento a través del tiempo de los equipos y planificación de mantenimiento predictivos y preventivos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.16.4. Actividad de inspecciones semanales de mantenimiento locativo y construcción

El área de mantenimiento locativo es el encargado de sostener los bienes de la empresa como lo son:

- Infraestructuras.
- Pisos, paredes, baños, puertas, ventanas, muebles de oficina, etc.
- Suministro de servicios públicos.

Se creó una actividad locativa, especificando todas aquellas labores de albañilería, carpintería, pintura con la finalidad de mantener todas las infraestructuras del proceso en óptimas condiciones estructurales y funcionamiento.

En la tabla 12. Se muestra el formato sobre el cual fue creada la actividad de inspección locativa de procesos que posteriormente es programada y asociada a los equipos en los que se requiera hacer el trabajo.

Tabla 12. Actividad de inspección locativa de proceso (Elaboración propia)

Actividad	Nombre	Tipo de trabajo	Frecuencia-días
LO 1608	Inspección locativa de proceso	Preventivo	7
Tareas de actividad de mantenimiento			
Tareas Asociadas	Equipos de protección personal	Cumplimiento BPM	
1			
2			
3			

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.16.5. Actividad de limpieza y desinfección

Se integra el departamento de higienización, mediante la creación de actividad de mantenimiento, con el objetivo de mantener el proceso de pasteurización de leche bajo condiciones óptimas de higiene y salubridad en todo el proceso.

Este plan de limpieza tiene como finalidad la eliminación de la suciedad de todas las superficies y equipos de proceso, al igual que el proceso de desinfección que se encarga de destruir microorganismos patógenos reduciendo las probabilidades de que se altere la inocuidad de los productos.

En la tabla 13. Se muestra el formato sobre el cual fue creada la actividad limpieza y desinfección de procesos que posteriormente es programada y asociada a los equipos en los que se requiera hacer el trabajo.

Tabla 13. Actividad de limpieza y desinfección de proceso (Elaboración propia)

Actividad	Nombre	Tipo de trabajo	Frecuencia-días
BPM 1609	Limpieza y desinfección de proceso	Preventivo	1
Tareas de actividad de mantenimiento			
Tareas Asociadas	Equipos de protección personal	Cumplimiento BPM	
1			
2			
3			

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.17. Optimización de gestión de repuestos

Los repuestos necesarios para el mantenimiento de los equipos son el principal generador de altos costos, por tal motivo se debe ejecutar un buen control, manejo, administración y un seguimiento a la utilización adecuada de estos.

Actualmente la empresa cuenta con un departamento de suministros el cual es el encargado de gestionar el suministro de repuestos que el personal de mantenimiento requiere, este procedimiento se lleva a cabo con una orden de pedido que el empleado realiza.

Un problema que se tiene con la gestión de suministros de repuestos es que el departamento de suministros no se encarga de mantener un inventario mínimo de los repuestos de alta rotación de consumo por parte del departamento de mantenimiento, generando grandes pérdidas de tiempo y dificultades en la gestión de mantenimiento.

Para darle solución a este problema de gestión de mantenimiento, se implementará una actividad de mantenimiento administrativo, que permita garantizar un inventario mínimo de stock de repuestos, previamente identificados según la rotación, consumo, criticidad y necesidades del proceso.

3.17.1. Actividad: Gestión de stock de inventarios de repuestos

Esta actividad surge de la necesidad de mantener un stock mínimo de repuestos en el almacén para tener una mejor gestión de mantenimiento en el momento de realizar reparaciones en los equipos, este inventario se llevará a cabo con un previo análisis de condiciones como:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Repuestos de mayor rotación en el almacén.
- Próximos mantenimientos de equipos.
- Repuestos que requieren importaciones.
- Equipos críticos.

Al realizar un listado de repuestos de más consumo en los equipos del proceso de pasteurización de leche, se clasifican y se les asigna un código según la utilidad, cuando ya se tiene un código que los identifica se asocian en el código de activo del equipo en el software de mantenimiento, de esta manera se podrá visualizar los repuestos que se necesitan para intervenir cualquier máquina y ser más eficaz en la intervención de equipos y gestión de repuestos.

Los supervisores de mantenimiento son los encargados de llevar a cabo la gestión de repuestos al indicar la cantidad de repuestos requeridos, compartiendo responsabilidad con el departamento de suministros que se encargara de la compra de todos los repuestos.

En la tabla 14. Se muestra el formato sobre el cual fue creada la actividad de gestión de stock de inventarios de repuestos que posteriormente es programada y asociada a los equipos en los que se requiera hacer el trabajo.

Tabla 14. Actividad gestión de stock de inventarios de repuestos (Elaboración propia)

Actividad	Nombre	Tipo de trabajo	Frecuencia-días
AD 1610	Gestión de stock de inventarios de repuestos	Preventivo	30
Tareas de actividad de mantenimiento			
Tareas Asociadas	Equipos de protección personal	Cumplimiento BPM	
1			
2			
3			

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.18. Plan de mantenimiento por activo

Después de asociadas las actividades de mantenimiento a cada equipo en el software de mantenimiento, se optimiza el plan de mantenimiento a los equipos, esto no es más que las órdenes de trabajo que se generan a cada equipo según cada una de las actividades asociadas con su respectiva frecuencia de mantenimiento, las cuales se deben ejecutar a cada uno de los equipos, en estas órdenes de trabajo en las cuales se visualizara datos como:

- Nombre y código del equipo.
- Descripción de la orden de trabajo, (Actividad de mantenimiento asociada).
- Frecuencia del mantenimiento.
- Tipo de mantenimiento.
- Fecha requerida del mantenimiento.
- Tareas de la orden.

3.19. Servicios contratados

La contratación, selección, administración y control de empresas y personal técnico calificado externo para ejecutar trabajos de mantenimiento dentro de la empresa, es un objetivo claro para la administración de costos de mantenimiento y satisfacción en los servicios prestados.

El mantenimiento de ensayo por medio de líquidos penetrantes y análisis de vibraciones será un trabajo contratado con personal externo calificado para la ejecución y análisis de ensayos no destructivos, esto se debe a que el personal interno no cuenta con estudios, experiencia, materiales, certificación y capacitación para la ejecución de este mantenimiento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La empresa suministrará las condiciones óptimas de infraestructura y disposiciones de equipos que faciliten una buena ejecución, salud y seguridad en el trabajo a realizar.

3.20. Gestión de sistema de seguridad y salud en el trabajo (SST) en mantenimiento

Todo el personal de mantenimiento que realiza trabajos sobre algún equipo, personas que ejecutan labores en proceso y en general todos los miembros de la empresa deben estar capacitados en gestión de seguridad y salud en el trabajo, para realizar esta capacitación se contó con el apoyo del departamento de bienestar social quien procedió a capacitar a todas las personas de la empresa.

Existen algunos principios fundamentales de la gestión de SST para garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores que intervienen en procesos, estos son:

- Evaluación de riesgos.
- Claridad en funciones y responsabilidades de cada persona.
- Directrices claras de trabajo seguro.
- Formación y competencias adecuadas.
- Comunicación eficaz.

3.20.1. Componentes de SST

- **Planificar**

El mantenimiento siempre debe comenzar con una planificación adecuada, es importante comenzar con una evaluación de riesgos teniendo la participación de los trabajadores abordando aspectos como:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Alcance de las tareas a ejecutar.
- Evaluar e identificar riesgos potenciales (sustancias peligrosas, espacios confinados, equipos móviles, sustancias químicas, etc.
- Definir e implementar sistemas de trabajo seguro, equipos de bloqueo.
- Definir tiempo y recursos que se requieren para la ejecución de la actividad.
- Establecer comunicación entre todas las partes que intervienen el proceso.
(<https://osha.europa.eu/> septiembre de 2017).

- **Asegurar el área de trabajo**

El área de trabajo siempre debe tener una restricción al acceso de personal no autorizado mediante la utilización de carteles y barreras, de igual manera bloquear el suministro de energía eléctrica, máquinas de movimiento en posición segura, vías de acceso y salida del personal. (<https://osha.europa.eu/> septiembre de 2017).

- **Equipamiento adecuado**

Suministrar a todo el personal herramientas y equipos de protección personal adecuados en buenas condiciones, con instrucciones de uso, de igual manera vigilar la correcta utilización de los mismos. (<https://osha.europa.eu/> septiembre de 2017).

- **Seguimiento de la planificación**

Todo el personal debe estar enterado de los procedimientos de trabajo seguro y su compromiso de aplicarlos correctamente. Todos estos trabajos deben ser supervisados por la persona encargada de mantenimiento, para hacer cumplir todos los procedimientos y normas acordadas, de igual manera todas estas especificaciones se cumplen para personal contratado. (<https://osha.europa.eu/> septiembre de 2017).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Control Final**

Todas las intervenciones de mantenimiento deben concluir con comprobaciones que garanticen que las actividades y tareas se han terminado y los equipos se encuentran seguros y en buen funcionamiento. (<https://osha.europa.eu/> septiembre de 2017).

3.21. Capacitación del personal de mantenimiento

La capacitación es uno de los procesos más importantes que puede realizar una empresa, una planificación adecuada del componente humano en una organización requiere de una política de capacitación continua, los jefes deben ser los primeros interesados en su propia formación y los primeros responsables en capacitar al personal a su cargo. Así, los equipos de trabajo mejorarán su desempeño.

Debido a que el personal de mantenimiento de la empresa no contaba con un amplio y suficiente conocimiento de las nuevas técnicas de mantenimiento implementada a los equipos de pasteurización de leche, se lleva a cabo una capacitación integral que abarca diferentes temas que ayudan en su competencia y desarrollo dentro y fuera de la empresa, se capacitó el personal en temas como:

- Manejo del software de mantenimiento utilizado en la empresa.
- Sistema de seguridad y salud en el trabajo.
- Políticas de gestión ambiental.
- Ensayos no destructivos por medio de líquidos penetrantes.
- Análisis de vibraciones.
- Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.21.1. ¿En qué beneficia la capacitación del personal?

Son innumerables los beneficios que tiene la capacitación continua de las personas que conforman los grupos de trabajo de los diferentes departamentos de la empresa, se alcanzan beneficios colectivos de la empresa, personales, relaciones humanas, relaciones internas y externas, como lo son:

- Genera un aumento de la productividad y la calidad de trabajo.
- Incrementa la rentabilidad de la organización.
- Levanta la moral de los trabajadores.
- Ayuda a resolver problemas concretos en el día a día.
- Disminuye la necesidad de supervisión.
- Contribuye a prevenir los accidentes de trabajo.
- Mejora la estabilidad de la organización y su flexibilidad.
- Propende a que el personal se sienta identificado con la empresa.
- Mejora la imagen de la organización.
- Mejora la relación jefes – subordinados.
- Coadyuva a la comprensión y adopción de políticas.
- Ayuda a reducir los costos.
- Ayuda a las personas a resolver problemas y a tomar decisiones.
- Forjar líderes y mejora las aptitudes comunicativas de las personas.
- Permite el logro de metas individuales.
- Aumenta la confianza en sí mismo, eliminando los temores a la incompetencia o a la ignorancia individual.
- Mejora la comunicación entre grupos y entre individuos.
- Ayuda en la orientación de nuevos empleados.
- Proporciona información sobre disposiciones oficiales.
- Hace viables las políticas de la organización.
- Alienta la cohesión de grupos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Proporciona una buena atmósfera para el aprendizaje.
- Convierte a la empresa en un entorno de mejor calidad para trabajar.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Optimización de codificación de equipos de proceso

Para la codificación de los equipos que intervienen en el proceso de pasteurización de leche, se toma como referencia el código de activo que existe del pasteurizador de leche y de este código se hace una derivación consecutiva de cada equipo. (Ver Tabla 15).

Tabla 15. Codificación de equipos del proceso pasteurización de leche (Elaboración propia)

Codificación de equipos	
Código de activo	Descripción de activo
1598	Pasteurizador de leche
1598-1	Intercambiador de calor del pasteurizador de leche
1598-2	Homogeneizador de leche
1598-3	Centrífuga triprocesos
1598-4	Silo de almacenamiento de leche
1598-5	Intercambiador de calor agua caliente
1598-6	Bomba centrífuga alimentación agua caliente
1598-7	Bomba centrífuga de circulación de CIP
1598-8	Bomba centrífuga de alimentación de leche

4.2. Análisis de control de costos de mantenimiento por activo

Mediante la codificación de todos los equipos que conforman el proceso de pasteurización de leche, se alcanza registrar todos los costos que genera cada equipo por cada intervención

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de mantenimiento, optimización que permitirá un mejor análisis de la generación de gastos de cada equipo, lo que permitirá fácilmente determinar en qué momento se requiere intervenciones de mejora o es costo factible el cambio, este control brinda información como lo es:

- Número de orden de trabajo.
- Fechas de intervención.
- Costos de mano de obra.
- Costos de repuestos.
- Tipo de trabajo.

4.3. Documentación de ficha técnica de equipos de proceso

Para cada uno de los equipos codificados del proceso de pasteurización de leche, se creó ficha técnica en el software de mantenimiento, en donde se especifican datos técnicos y características que permiten su identificación y ubicación en el proceso. (Ver tablas 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23)

Tabla 16. Ficha técnica de Intercambiador de calor del pasteurizador de leche (Elaboración propia)

Ficha técnica de activos			
Código de activo	1598-1	Descripción	Intercambiador de calor del pasteurizador de leche
Departamento	Antioquia	Planta/ División	Lácteos Plantas Procesadoras
Clase	A001	Descripción	Intercambiador de calor de placas
Centro Costos	0303606	Descripción	Pasteurización de leche
Ubicación	606	Descripción	Proceso pasteurización de leche

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tiempo Operación	20 horas	Función	Transferir calor a través de placas en acero inoxidable soportadas en un bloque formando 3 etapas en la cual se efectuará el proceso de pasteurización de leche a una temperatura de 348.15 K \pm 5 K. por 15 seg
Año	2008	Marca	Tetra Pak
Estado	Activo	Serie	65687-905982
Modelo	C598-852	Fabricante	Tetra Pak Ltda.
Proceso	Datos de placa	Valor / Und	Explicación
Pasteurización de leche	Caudal	30.000 L	Caudal según especificaciones de diseño
Pasteurización de leche	No. de placas	273	Número total de las placas
Pasteurización de leche	Material	Ainox	Material de fabricación
Pasteurización de leche	Temperatura	350 K	Temperatura de operación

Tabla 17. Ficha técnica de Homogeneizador de leche (Elaboración propia)

Ficha técnica de activos			
Código de activo	1598-2	Descripción	Homogeneizador de leche
Departamento	Antioquia	Planta/ División	Lácteos Plantas Procesadoras
Clase	A022	Descripción	Dos etapas
Centro Costos	0303606	Descripción	Pasteurización de leche
Ubicación	606	Descripción	Proceso pasteurización de leche
Tiempo Operación	20 horas	Función	Estandarizar las partículas grasas a una razón MAX. de 40 MPa
Año	2008	Marca	Niro
Estado	Activo	Serie	156295-151

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Modelo	NW-89865-055H	Fabricante	GEA Niro Soavi
Proceso	Datos de placa	Valor / Und	Explicación
Pasteurización de leche	Voltaje de alimentación	220/440 v	Voltaje de alimentación
Pasteurización de leche	Grado de protección	IP55 --	Normas nema iec 34-5, ip54, ip55, otros
Pasteurización de leche	Número de fases	3 número	Número de fases
Pasteurización de leche	Frecuencia	60 Hz	Frecuencia de la red de alimentación
Pasteurización de leche	Potencia	86 kW	Potencia nominal
Pasteurización de leche	Corriente	121 A	Corriente nominal
Pasteurización de leche	Velocidad de rotación	187 (1790) rad/s (rpm)	Velocidad nominal
Pasteurización de leche	Factor potencia	0.84 --	Relación de energía útil
Pasteurización de leche	Caudal	30.000 L/H	Capacidad de caudal

Tabla 18. Ficha técnica de Centrífuga triprocesos (Elaboración propia)

Ficha técnica de activos			
Código de activo	1598-3	Descripción	Centrífuga triprocesos
Departamento	Antioquia	Planta/ División	Lácteos Plantas Procesadoras
Clase	A202	Descripción	triprocesos
Centro Costos	0303606	Descripción	Pasteurización de leche
Ubicación	606	Descripción	Proceso pasteurización de leche
Tiempo Operación	20 horas	Función	Someter leche a una fuerza centrífuga para retirar el contenido de grasa y solidos deseado.
Año	2008	Marca	GEA

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Estado	Activo	Serie	18936-677
Modelo	FA 500-01	Fabricante	Gea Process
Proceso	Datos de placa	Valor / Und	Explicación
Pasteurización de leche	Voltaje de alimentación	220/440 v	Voltaje de alimentación
Pasteurización de leche	Grado de protección	IP55 --	Normas nema iec 34-5, ip54, ip55, otros
Pasteurización de leche	Número de fases	3 número	Número de fases
Pasteurización de leche	Frecuencia	60 Hz	Frecuencia de la red de alimentación
Pasteurización de leche	Potencia	115 kW	Potencia nominal
Pasteurización de leche	Corriente	156 A	Corriente nominal
Pasteurización de leche	Velocidad de rotación	4800 rpm	Velocidad nominal
Pasteurización de leche	Factor potencia	0.9 --	Relación de energía útil
Pasteurización de leche	Caudal	30.000 L/H	Capacidad de caudal

Tabla 19. Ficha técnica de Silo de almacenamiento de leche (Elaboración propia)

Ficha técnica de activos			
Código de activo	1598-4	Descripción	Silo de almacenamiento de leche
Departamento	Antioquia	Planta/ División	Lácteos Plantas Procesadoras
Clase	A059	Descripción	Tanque de almacenamiento
Centro Costos	0303606	Descripción	Pasteurización de leche
Ubicación	606	Descripción	Proceso pasteurización de leche
Tiempo Operación	24 horas	Función	Almacenar 100.000 L de leche cruda para el proceso de pasteurización de leche.
Año	2008	Marca	Incolnox

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Estado	Activo	Serie	2008-06
Modelo	595-45	Fabricante	Incolnox
Proceso	Datos de placa	Valor / Und	Explicación
Pasteurización de leche	Capacidad	100.000 L	Capacidad nominal
Pasteurización de leche	Temperatura producto	277.13 K	Temperatura producto
Pasteurización de leche	Material de fabricación	Ainox	Material de fabricación
Pasteurización de leche	Potencia	2 kW	Potencia sistemas me agitación
Pasteurización de leche	Voltaje de alimentación	220/440 v	Voltaje de alimentación
Pasteurización de leche	Grado de protección	IP55 --	Normas nema iec 34-5, ip54, ip55, otros
Pasteurización de leche	Número de fases	3 número	Número de fases
Pasteurización de leche	Frecuencia	60 Hz	Frecuencia de la red de alimentación
Pasteurización de leche	Corriente	5 A	Corriente nominal
Pasteurización de leche	Velocidad de rotación	1800 rpm	Velocidad nominal
Pasteurización de leche	Factor potencia	0.89 --	Relación de energía útil

Tabla 20. Ficha técnica de Intercambiador de calor agua caliente (Elaboración propia)

Ficha técnica de activos			
Código de activo	1598-5	Descripción	Intercambiador de calor agua caliente
Departamento	Antioquia	Planta/ División	Lácteos Plantas Procesadoras
Clase	A001	Descripción	Intercambiador de calor de placas
Centro Costos	0303606	Descripción	Pasteurización de leche
Ubicación	606	Descripción	Proceso pasteurización de leche

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tiempo Operación	20 horas	Función	Transferir calor a través de placas bronce soldadas soportadas en un bloque formando 1 etapa en la cual se efectuará el proceso de calentamiento de agua a una temperatura de 359,15 K a 362,15 K (86 °C a 92 °C) a un caudal entre 35 000 L/h y 50 000 L/h.
Año	2008	Marca	Sondex
Estado	Activo	Serie	5982- dr-5532
Modelo	C8865-55	Fabricante	Sondex
Proceso	Datos de placa	Valor / Und	Explicación
Pasteurización de leche	Caudal	50.000 L	Caudal según especificaciones de diseño
Pasteurización de leche	No. de placas	90	Número total de las placas
Pasteurización de leche	Material	Ainox	Material de fabricación
Pasteurización de leche	Temperatura	359 K	Temperatura de operación

Tabla 21. Ficha técnica de Bomba alimentación agua caliente (Elaboración propia)

Ficha técnica de activos			
Código de activo	1598-6	Descripción	Bomba centrífuga alimentación agua caliente
Departamento	Antioquia	Planta/ División	Lácteos Plantas Procesadoras
Clase	A515	Descripción	Centrífugas
Centro Costos	0303606	Descripción	Pasteurización de leche
Ubicación	606	Descripción	Proceso pasteurización de leche
Tiempo Operación	20 horas	Función	Bombear agua caliente a un caudal de 30.000 L/h para el intercambiador de calor del pasteurizador a una temperatura de 355,15 K \pm 5 K.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Año	2008	Marca	Q-PUMPS
Estado	Activo	Serie	QC-15650-MVG-368
Modelo	2655-561	Fabricante	Q-PUMPS
Proceso	Datos de placa	Valor / Und	Explicación
Pasteurización de leche	Voltaje de alimentación	220/440 v	Voltaje de alimentación
Pasteurización de leche	Grado de protección	IP55 --	Normas nema iec 34-5, ip54, ip55, otros
Pasteurización de leche	Número de fases	3 número	Número de fases
Pasteurización de leche	Frecuencia	60 Hz	Frecuencia de la red de alimentación
Pasteurización de leche	Potencia	7 kW	Potencia nominal
Pasteurización de leche	Corriente	21 A	Corriente nominal
Pasteurización de leche	Velocidad de rotación	3600 rpm	Velocidad nominal
Pasteurización de leche	Factor potencia	0.87 --	Relación de energía útil
Pasteurización de leche	Caudal	30.000 L/H	Capacidad de caudal

Tabla 22. Ficha técnica de Bomba centrífuga de circulación de CIP (Elaboración propia)

Ficha técnica de activos			
Código de activo	1598-7	Descripción	Bomba centrífuga de circulación de CIP
Departamento	Antioquia	Planta/ División	Lácteos Plantas Procesadoras
Clase	A515	Descripción	Centrífugas
Centro Costos	0303606	Descripción	Pasteurización de leche
Ubicación	606	Descripción	Proceso pasteurización de leche
Tiempo Operación	8 horas	Función	Bombear soluciones de CIP caliente a un caudal de 20.000 L/h hacia los

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

			equipos de pasteurización de leche a una temperatura de $355,15\text{ K} \pm 5\text{ K}$.
Año	2008	Marca	Fristam
Estado	Activo	Serie	FPX34518912219895
Modelo	FW3451-2562	Fabricante	Fristam
Proceso	Datos de placa	Valor / Und	Explicación
Pasteurización de leche	Voltaje de alimentación	220/440 v	Voltaje de alimentación
Pasteurización de leche	Grado de protección	IP55 --	Normas nema iec 34-5, ip54, ip55, otros
Pasteurización de leche	Número de fases	3 número	Número de fases
Pasteurización de leche	Frecuencia	60 Hz	Frecuencia de la red de alimentación
Pasteurización de leche	Potencia	9 kW	Potencia nominal
Pasteurización de leche	Corriente	23 A	Corriente nominal
Pasteurización de leche	Velocidad de rotación	1800 rpm	Velocidad nominal
Pasteurización de leche	Factor potencia	0.89 --	Relación de energía útil
Pasteurización de leche	Caudal	20.000 L/H	Capacidad de caudal

Tabla 23. Ficha técnica de Bomba centrífuga de alimentación de leche (Elaboración propia)

Ficha técnica de activos			
Código de activo	1598-8	Descripción	Bomba centrífuga de alimentación de leche
Departamento	Antioquia	Planta/ División	Lácteos Plantas Procesadoras
Clase	A515	Descripción	Centrífugas
Centro Costos	0303606	Descripción	Pasteurización de leche

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ubicación	606	Descripción	Proceso pasteurización de leche
Tiempo Operación	20 horas	Función	Bombear leche cruda a un caudal de 30 000 L/h desde lo de almacenamiento hacia el pasteurizador de 30 000 L/h a una temperatura de 277,15 K a 279,15 K (4°C a 6 °C).
Año	2008	Marca	Fristam
Estado	Activo	Serie	FPX345188-98565-1985
Modelo	FE3851-662	Fabricante	Fristam
Proceso	Datos de placa	Valor / Und	Explicación
Pasteurización de leche	Voltaje de alimentación	220/440 v	Voltaje de alimentación
Pasteurización de leche	Grado de protección	IP55 --	Normas nema iec 34-5, ip54, ip55, otros
Pasteurización de leche	Número de fases	3 número	Número de fases
Pasteurización de leche	Frecuencia	60 Hz	Frecuencia de la red de alimentación
Pasteurización de leche	Potencia	11 kW	Potencia nominal
Pasteurización de leche	Corriente	25 A	Corriente nominal
Pasteurización de leche	Velocidad de rotación	3600 rpm	Velocidad nominal
Pasteurización de leche	Factor potencia	0.91 --	Relación de energía útil
Pasteurización de leche	Caudal	30.000 L/H	Capacidad de caudal

4.4. Optimización del Plan de mantenimiento predictivo generado a equipos de proceso

Después de haber llevado a cabo la codificación de los equipos del proceso de pasteurización de leche y creado las actividades de mantenimiento predictivo que fueron

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

asociadas en el software de mantenimiento con determinada frecuencia de mantenimiento a los equipos del proceso según sus necesidades, se genera el plan de mantenimiento para el proceso de pasteurización de leche por un periodo de 2 años comprendido entre el 1 de enero de 2017 hasta el 31 de diciembre de 2018. En la tabla 24. Se encuentra el número de órdenes de trabajo ejecutadas y pendientes con la generación del plan de mantenimiento predictivo.

Tabla 24. Plan de mantenimiento predictivo (Elaboración propia)

Equipo	Tipo de trabajo	Actividad de Mantenimiento	Frecuencia de Mantenimiento	Ordenes ejecutadas (OT)	Ordenes pendientes (OT)
Intercambiador de calor del pasteurizador de leche	Predictivo	Realizar proceso de inspección por medio de líquidos penetrantes	6 meses	3	1
Silo de almacenamiento de leche	Predictivo	Realizar proceso de inspección por medio de líquidos penetrantes	12 meses	2	0
Homogeneizador de leche	Predictivo	Realizar Análisis de vibraciones a equipo	6 meses	3	1
Centrífuga triprocesos	Predictivo	Realizar Análisis de vibraciones a equipo	6 meses	3	1
Bomba centrífuga alimentación agua caliente	Predictivo	Realizar Análisis de vibraciones a equipo	6 meses	3	1
Bomba centrífuga de circulación de CIP	Predictivo	Realizar Análisis de vibraciones a equipo	6 meses	3	1
Bomba centrífuga de alimentación de leche	Predictivo	Realizar Análisis de vibraciones a equipo	6 meses	3	1

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la figura 25, se evidencia el número de órdenes de trabajo de mantenimiento predictivo implementadas después de la optimización del sistema de gestión de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche, con datos de referencia de 1 año de funcionamiento del modelo establecido en el cual no existe implementación de mantenimientos predictivos en comparación de 1 año del modelo optimizado.

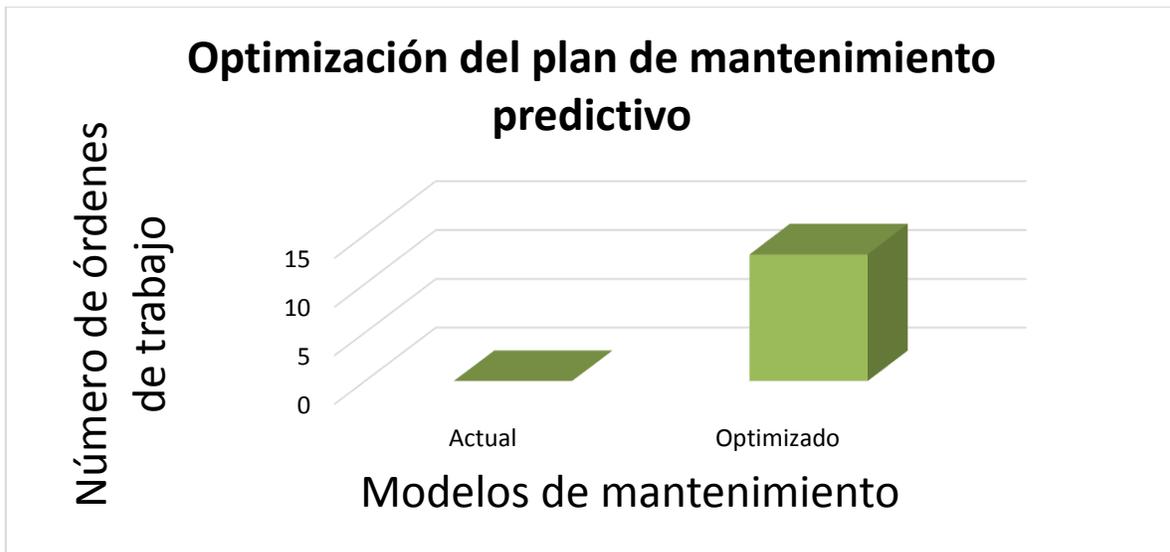


Figura 25. Optimización del plan de mantenimiento predictivo. Fuente: Elaboración propia

4.5. Optimización del Plan de mantenimiento preventivo generado a equipos de proceso

De igual forma, fue generado un plan de mantenimiento preventivo para los equipos del proceso de pasteurización de leche, estrechamente ligado al mantenimiento predictivo que se ejecutará a todos los equipos durante el mismo periodo de tiempo comprendido entre el 1 de enero de 2017 hasta el 31 de diciembre de 2018. En la tabla 25. Se encuentra detalle de órdenes de trabajo para la ejecución de mantenimientos y revisiones de equipos de proceso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 25. Plan de mantenimiento preventivo (Elaboración propia)

Equipo	Tipo de trabajo	actividad de Mantenimiento	Frecuencia de Mantenimiento	Ordenes ejecutadas (OT)	Ordenes pendientes (OT)
Intercambiador de calor del pasteurizador de leche	Preventivo	Revisión semanal a intercambiador de calor	7 días	90	13
	Preventivo	Mantenimiento a intercambiador de calor	6 meses	3	1
Silo de almacenamiento de leche	Preventivo	Revisión semanal a tanque silo	7 días	90	13
	Preventivo	Mantenimiento a tanque silo	6 meses	3	1
Homogeneizador de leche	Preventivo	Revisión semanal a homogeneizador de leche	7 días	90	13
	Preventivo	Mantenimiento a homogeneizador de leche	6 meses	3	1
Centrífuga triprocesos	Preventivo	Mantenimiento semanal a centrífuga	7 días	90	13
	Preventivo	Mantenimiento a centrífuga	6 meses	3	1
Bomba centrífuga alimentación agua caliente	Preventivo	Mantenimiento semanal a bomba centrífuga	7 días	90	13
	Preventivo	Mantenimiento a bomba centrífuga	6 meses	3	1
Bomba centrífuga de circulación de CIP	Preventivo	Mantenimiento semanal a bomba centrífuga	7 días	90	13
	Preventivo	Mantenimiento a bomba centrífuga	6 meses	3	1

Bomba centrífuga de alimentación de leche	Preventivo	Mantenimiento semanal a bomba centrífuga	7 días	90	13
	Preventivo	Mantenimiento a bomba centrífuga	6 meses	3	1
Intercambiador de calor agua caliente	Preventivo	Revisión semanal a intercambiador de calor	7 días	90	13
	Preventivo	Mantenimiento a intercambiador de calor	6 meses	3	1

En la figura 26, se encuentra el comparativo de la cantidad de órdenes de mantenimiento generadas en 1 año de funcionamiento del modelo actual comparado con 1 año del modelo optimizado, donde se puede evidenciar una mayor cantidad de OT, en busca de garantizar un mejor funcionamiento, sostenibilidad y disponibilidad del proceso.

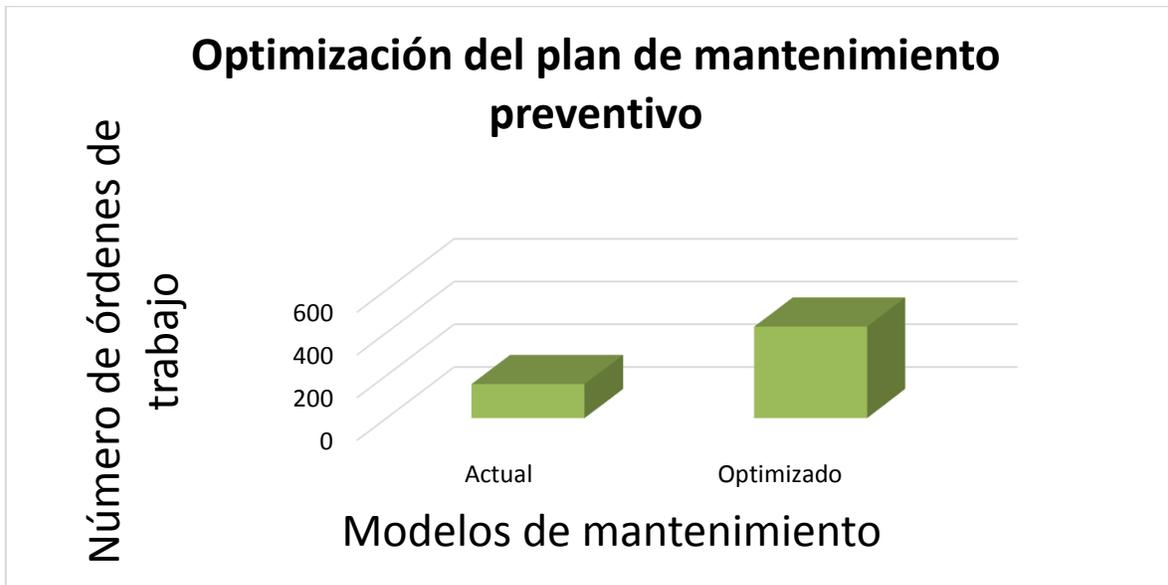


Figura 26. Optimización del plan de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.6. Optimización de costos de mantenimiento

Con las diferentes optimizaciones realizadas en el sistema de gestión de mantenimiento del proceso de pasteurización de leche, se proyecta alcanzar una reducción de los costos de mantenimiento correctivo, reflejando esta disminución en el incremento los gastos del mantenimiento preventivo y predictivo, de tal forma que inicialmente se alcance igualar estos costos con los del año anterior y posteriormente reducirlos de forma continua gracias a los mantenimientos predictivos y preventivos que ayudan en el análisis de condición de los equipos y reducción de los paros de proceso.

En los gráficos 27 y 28, se puede evidenciar la proyección de costos de mantenimiento anual con la optimización del sistema de gestión de mantenimiento preventivo – predictivo del proceso de pasteurización de leche.

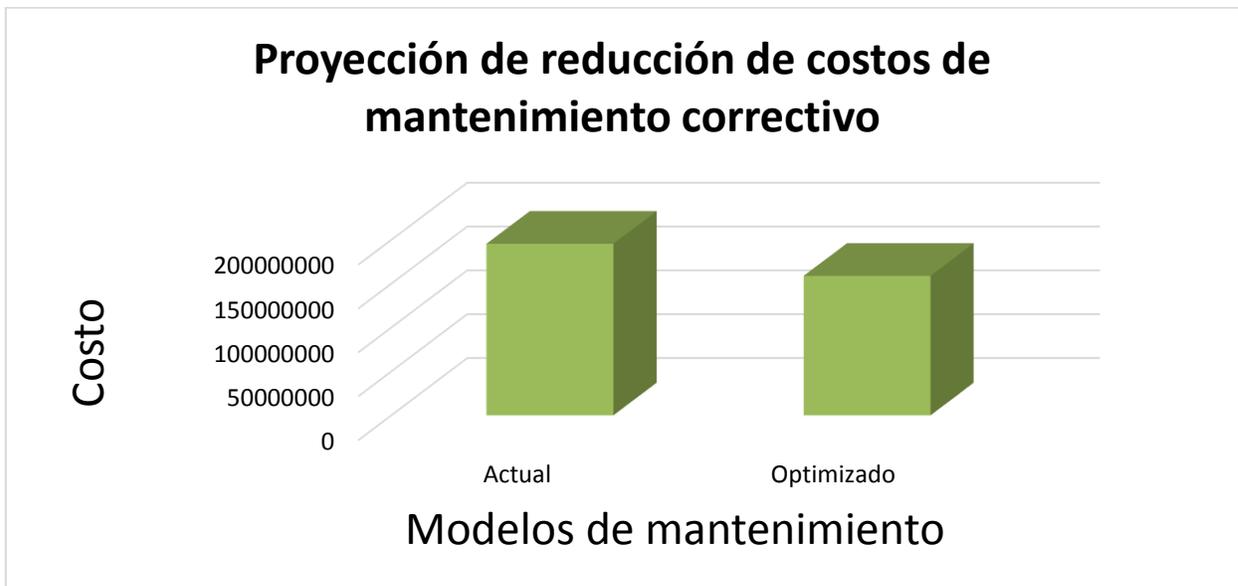


Figura 27. Proyección de reducción de costos de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia

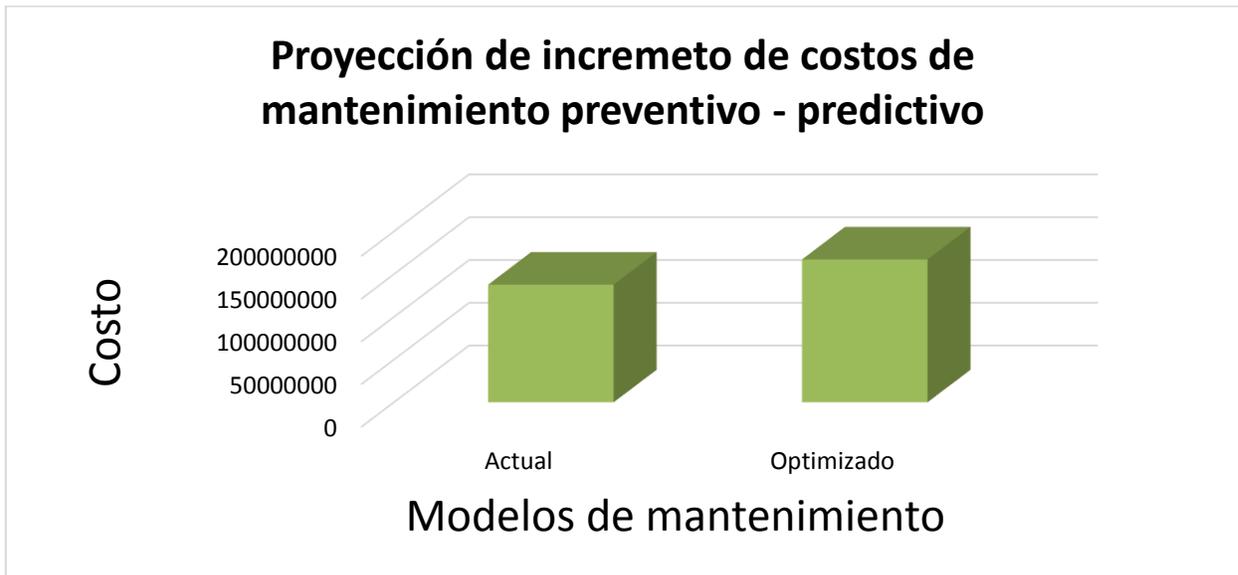


Figura 28. Proyección de costos de mantenimiento preventivo - predictivo. Fuente: Elaboración propia

4.7. Optimización de paros del proceso de pasteurización de leche

En el grafico 29, se encuentra la proyección de disminución de tiempos de paros no programados del proceso de pasteurización de leche, gracias a la optimización del sistema de gestión de mantenimiento preventivo – predictivo, importante factor para incrementar la disponibilidad del proceso.

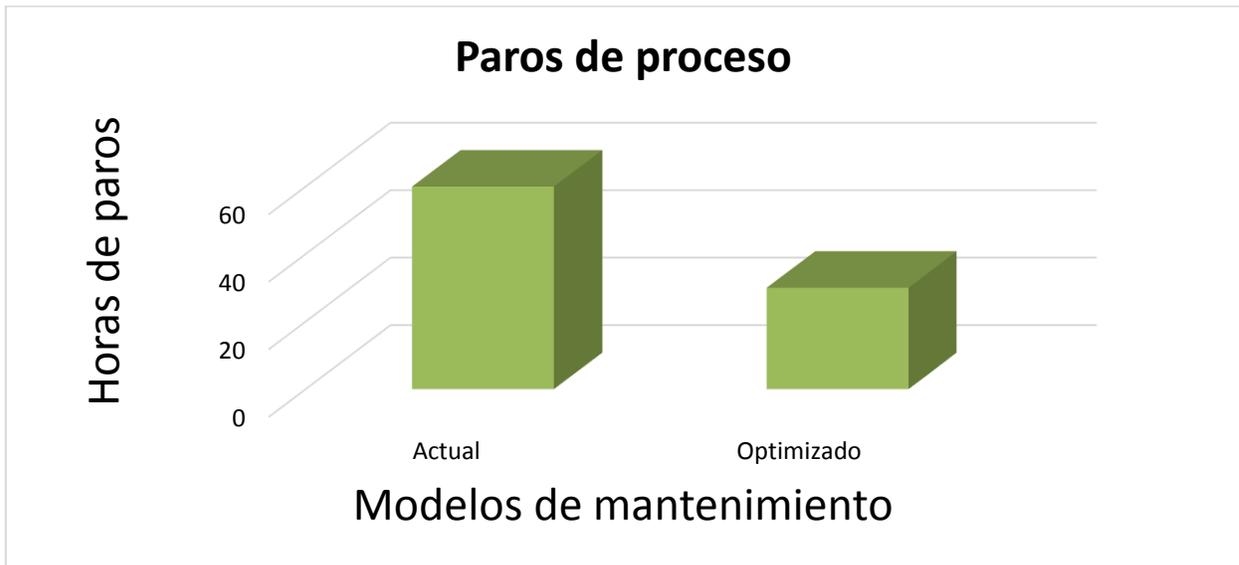


Figura 29. Optimización de paros de proceso. Fuente: Elaboración propia

4.8. Implementación de Indicadores de mantenimiento

Un indicador de mantenimiento es un parámetro numérico que brinda información sobre el comportamiento y avance en el cumplimiento de metas establecidas durante un periodo de tiempo definido, mediante el cual se puede identificar posibles causas de incumplimientos y fallas.

Se tiene como objetivo establecer un indicador de gestión del mantenimiento preventivo-predictivo que se evaluará durante periodos para tener control del comportamiento de mantenimiento en la ejecución de trabajo en el proceso.

Las variables que conforman el indicador son:

- Número de órdenes de trabajo generadas en un periodo determinado.
- Número de órdenes de trabajo ejecutadas.
- Número de órdenes de trabajo pendientes.
- Paros de equipos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Es necesario establecer metas de cumplimiento del indicador, las cuales realizarán una clasificación del indicador, las metas son:

Tabla 26. Metas de indicador de mantenimiento (Elaboración propia)

Estado de Meta	Rango (%)		
BUENO	85	-	100
REGULAR	70	-	84
MALO	0	-	69

El seguimiento al comportamiento del mantenimiento preventivo y predictivo se llevará a cabo durante cada mes, utilizando graficas de comportamiento y tendencia, las cuales tendrán origen mediante el cálculo de un indicador con su respectiva fórmula y componentes, a continuación, se observa la figura 30 del control de indicador de mantenimiento mes a mes.

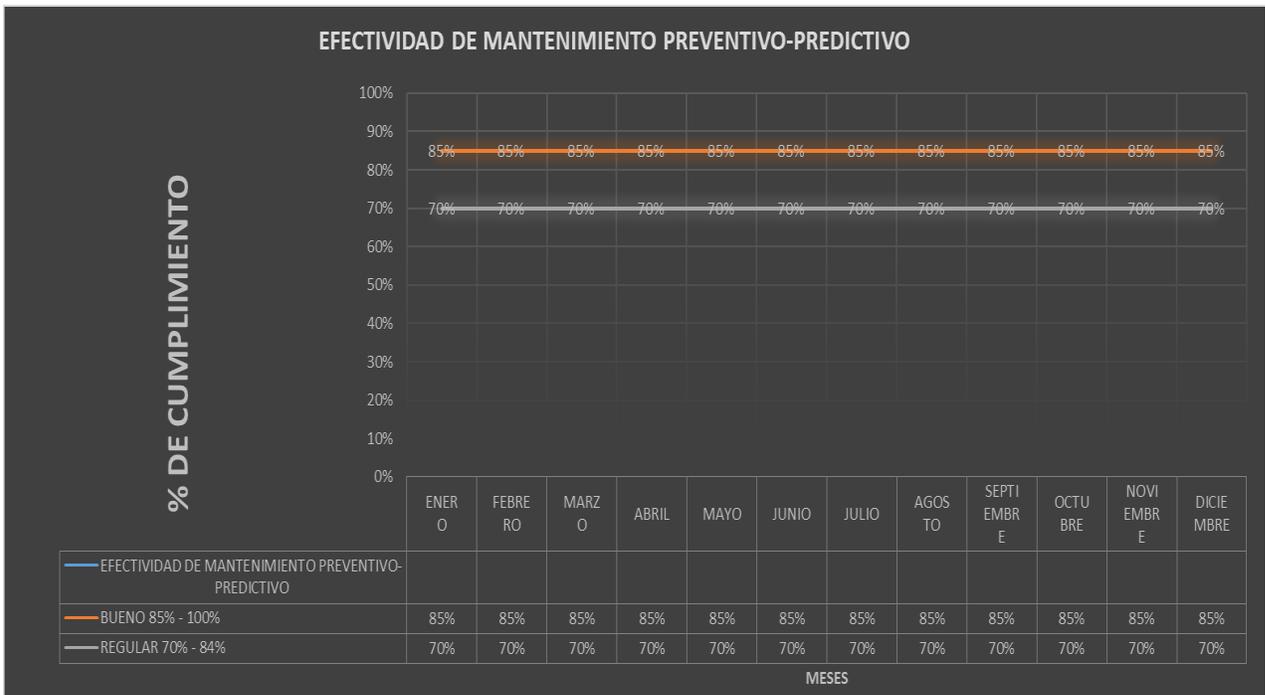


Figura 30. Indicador de efectividad de mantenimiento preventivo - predictivo. Fuente: Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.8.1. Fórmula para el cálculo de indicador de mantenimiento

La fórmula que determinará el indicador de gestión de mantenimiento preventivo – predictivo es:

- El primer componente de la fórmula consiste en determinar el número de órdenes que fueron ejecutadas en el periodo que se desea evaluar, posteriormente estas órdenes serán divididas por la suma las ordenes ejecutadas en el periodo a evaluar más las ordenes pendientes que existen por realizar, el cociente de esta división se multiplica por 100%, de esta manera se obtiene la primera variable del indicador.

$$X = \frac{N^{\circ} \text{ de órdenes ejecutadas en el periodo a evaluar}}{N^{\circ} \text{ de órdenes ejecutadas en el periodo a evaluar} + N^{\circ} \text{ de órdenes pendientes}} * 100\% \quad (1)$$

- El segundo componente de la fórmula consiste en determinar los paros de equipos del proceso durante el periodo a evaluar y se multiplicarán por 1%.

$$Y = \text{Paros de equipos} * 1\% \quad (2)$$

- Cuando se tiene determinado estos dos componentes, se realiza la diferencia de porcentajes de estos, obteniendo así el resultado de indicador de gestión de mantenimiento.

$$\text{Indicador de gestión del mantenimiento preventivo-predictivo} = (X - Y) \quad (3)$$

El seguimiento del indicador de gestión de mantenimiento se realizará semanalmente para analizar frecuentemente cual ha sido su comportamiento, y cada mes se realizará un informe general de este indicador el cual será presentado en reuniones de planta que permitirá analizar causas de comportamiento del proceso.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.9. Calificación de órdenes de trabajo, Calidad del servicio prestado

En busca del mejoramiento continuo de los servicios prestados por el departamento de mantenimiento, se plantea la posibilidad de crear una calificación de órdenes de servicio solicitadas por personas externas al departamento de mantenimiento en las cuales se pueda ver reflejado la satisfacción respecto a los trabajos ya realizados requeridos por ellos a equipos y procesos.

Con la aplicación de esta técnica se puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas del personal de mantenimiento, logrando ser más productivos y competitivos en la ejecución de funciones.

En la tabla 27, se describe los ítems de calificación que deberán ser calificados por los solicitantes cuando los trabajos ya estén realizados.

Tabla 27. Ítems de calificación de órdenes de servicio (Elaboración propia)

Ítems por calificar	Calificación	Observaciones
¿El trabajo es entregado con las especificaciones concertadas?	si ó No	
¿El equipo fue restablecido a condiciones normales de funcionamiento?	si ó No	
¿El personal de mantenimiento hizo seguimiento al equipo?	si ó No	
¿El personal de mantenimiento Realizo el trabajo con dotación y Herramienta limpia según las buenas prácticas de manufactura?	si ó No	
¿El tiempo de respuesta a la solicitud de servicio estuvo acorde a las expectativas del solicitante?	si ó No	
¿La entrega del trabajo estuvo dentro del tiempo concertado?	si ó No	

4.10. Control de cambios en el software de mantenimiento

En la tabla 28, se describen los cambios introducidos en el software de mantenimiento, al igual que los desarrollos para permitir optimizar el sistema de gestión de mantenimiento.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 28. Intervenciones en el software de mantenimiento (Elaboración propia)

Control de cambios en el software de Mantenimiento
Desarrollo de permisos de generar y aprobar ordenes de trabajo
Marcación de equipos críticos de proceso
Calificar órdenes de trabajo
Optimización en la codificación de equipos
Elaboración de ficha técnica de equipos del proceso
Optimización de actividades de mantenimiento
Optimización del plan de mantenimiento preventivo - predictivo del proceso

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1. Conclusiones

- El análisis de las fallas existentes en la gestión del mantenimiento en el proceso de pasteurización de leche en una empresa lechera, permite realizar la implementación de un mantenimiento predictivo riguroso a los equipos que conforman el proceso, acompañado de un mantenimiento preventivo ordenado, resolviendo problemas del control de planeación de mantenimiento basado en la competencia y disponibilidad de máquinas, convirtiendo el proceso de pasteurización de leche competente para el funcionamiento general de la empresa.
- Todas las acciones de una empresa deben ir acompañadas de salud y seguridad del personal, el establecimiento de planes de adiestramiento, capacitación y entrenamiento del personal es fundamental para la obtención de buenos resultados empresariales.
- Se optimiza el plan de mantenimiento con ayuda del análisis de modos de falla y efecto, el cual es fundamental para distinguir equipos críticos de proceso y definir estrategias de mantenimiento que ayuden a disminuir el mantenimiento correctivo de los equipos, por ende, la disminución de costos de mantenimiento.
- La correcta utilización y manejo del software de mantenimiento, permite una buena administración y orden de la información de mantenimiento, siempre orientado a la ejecución de una buena gestión de mantenimiento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- La jerarquización de cargos es fundamental para tener claro las funciones y responsabilidades de cada una de las personas que intervienen en la ejecución de las tareas en el departamento de mantenimiento.

5.2. Trabajo futuro

En otros procesos de la empresa láctea, existen equipos de iguales características que los estudiados en el desarrollo de este proyecto, la diferencia es que realizan funciones diferentes dependiendo del proceso al cual pertenecen, pero su funcionamiento técnico es igual.

Con el buen desempeño que se ha tenido mediante la implementación de este proyecto, se plantea la posibilidad de hacer un balance de igual forma en cada uno de los procesos de la empresa láctea, con la finalidad de centralizar y generalizar los planes de mantenimiento en todos los equipos incrementando su competencia en los procesos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- Ardila, J. Ardila. M. Rodríguez, D. & Hincapié, D. (2016). La gerencia del mantenimiento, Dimensión Empresarial.
- Aguiar, L. & Rodríguez, H. (2014). Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas no. 3, Tesis de ingeniería, Universidad libre de Colombia, Facultad de ingeniería, Bogotá.
- Aguilar, C. (2008). Mantenimiento y mejoramiento del sistema de gestión de calidad clínica chicamocha S.A., Tesis de ingeniería, Universidad pontificia bolivariana, Facultad de ingeniería, Bucaramanga.
- Ahmadi. A. (2016). Optimum failure management strategy for periodically inspected units with imperfect maintenance, in: ELSEVIER, 49, Issue 12, Pages 799–804.
- A-MAQ. (2005). Tutorial de vibraciones para mantenimiento mecánico, A-Maq., 14.
- Antonio, G. (2016). A framework for effective management of condition based maintenance programs in the context of industrial development of E-Maintenance strategies, in: ELSEVIER, 82, Pages 170–185.
- Arbeláez, S. & Correa, J. (2014). Creación e implementación de un sistema de semáforos para el control y coordinación de producción en la empresa offline S.A.S, Tesis de ingeniería, Universidad EAFIT, Departamento de ingeniería, Medellín.
- Basabe, F. & Bejarano, M. (2009). Estudio del impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la gestión del mantenimiento preventivo en la cantera salitre blanco de Aguilar construcciones S.A., Tesis de ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de ingeniería industrial, Bogotá.
- Bojorquez, F. (2008). Diseño de un plan de mantenimiento productivo total para el área de texturizado en una empresa productora de yeso, Tesis de ingeniería, Instituto Tecnológico de Sonora, Navojoa, Sonora.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Cano, M. (2007). Elaboración de la documentación para la certificación de personal en el ensayo no destructivo de líquidos penetrantes con base en las normas ISO 17024 y ASNT CP 189-2001, Tesis de ingeniería, Universidad tecnológica de Pereira, Facultad de ingeniería mecánica, Pereira.
- Castillo, C. (2009). Mejora mantenimiento y control de los activos fijos de Coomeva sector salud, mediante la administración del indicador de activos fijos, Informe de práctica profesional, Universidad católica popular del Risaralda, Facultad de ciencias económicas y administrativas, Pereira.
- Cruz, A. (2011). Implementación del mantenimiento predictivo en la empresa AGR-RACKEND, Tesis de ingeniería.
- Escudero, A. (2007). Implantación de la filosofía TPM en una planta de producción y envasado, Tesis de ingeniería, Universidad Pontificia Comillas, Facultad de ingenierías, Madrid.
- García, S. (2009). Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial, Renovetec. 1-38.
- Gonzáles, J. (2007). Mejoramiento continuo de la gestión de mantenimiento del departamento de servicios generales de la universidad gran Mariscal de Ayacucho sede Barcelona, Tesis de maestría, Universidad gran Mariscal de Ayacucho, Departamento de posgrados, Barcelona.
- Henríquez, M. (2010). Propuestas de mejora del sistema gerencial de mantenimiento de Pequiven basado en el enfoque de gestión por procesos, Tesis de Maestría, Universidad gran Mariscal de Ayacucho, Departamento de posgrados, Barcelona.
- Hortiales, M. (1997). Implementación del mantenimiento productivo total, Tesis de maestro, Universidad autónoma de nuevo león, Facultad de ingeniería mecánica y eléctrica, San Nicolás de los Garza.
- Hoyer, R. (2014). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones industriales de bombeo de agua potable, Tesis de especialización, Universidad católica Andrés Bello, Área de ciencias administrativas y de gestión, Caracas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Verbert, K. (2017). Timely condition-based maintenance planning for multi-component systems, in: ELSEVIER, 159, Pages 310–321.
- Labaien, E. & Carrasco, G. (2009). Curso sobre mantenimiento predictivo y sus distintas técnicas de aplicación, Predictove ingenieros S.L, 14.
- López, E. (2009). El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación, Tesis de ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de ingeniería, Bogotá.
- Mendoza, J. (2009). Plan de mejoras al mantenimiento de las calderas auxiliares 32 B 601 “A” y “B” de fertinitro, Tesis de maestría, Universidad gran Mariscal de Ayacucho, Departamento de posgrados, Barcelona.
- Morrow, L. (1973). Manual del mantenimiento industrial, 1 edición, compañía editorial continental, México.
- Muñoz, M. (2003). Mantenimiento industrial, Tesis de ingeniería mecánica, Universidad Carlos III de Madrid, Facultad de ingeniería, Leganés.
- Ochoa, M. (2014). Proyecto para la elaboración de un plan de mantenimiento y manual de procedimientos en industrias lacto – cañar, Tesis de ingeniería, Universidad politécnica Salesiana, Departamento de ingeniería industrial, Ecuador.
- Pesántez, A. (2007). Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón, Tesis de ingeniería, Escuela superior politécnica del litoral, Facultad de ingeniería mecánica y ciencias de la producción, Guayaquil, Ecuador.
- Rey, F. (2001). Manual del mantenimiento integral de la empresa, España, Fundación confemetal.
- Rey, F. (2005). Las 5 S Orden y limpieza en el puesto de trabajo, Madrid, España, Fundación confemetal.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Rivera, E. (2011). Sistema de gestión del mantenimiento industrial, tesis de ingeniería, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de ingeniería industrial, Lima, Perú.
- Rosa, M. Miles, L. & Pérez, J. (2009). Manual de aplicaciones de herramientas y técnicas del mantenimiento predictivo, Tesis de ingeniería mecánica, Universidad de el Salvador, Facultad de ingeniería y arquitectura, El Salvador.
- Salas, M. (2012). Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de pre hilado e hilado de una fábrica textil, Tesis de ingeniería, Universidad Peruana de ciencias aplicadas, Facultad de ingeniería, Perú.
- Sandoval, J. & Idrovo, C. (2009). Ensayos no destructivos, Líquidos penetrantes.
- Seas. (2012). Gestión de mantenimiento I.
- SENATI, (2007). Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo., Lima, Perú.
- Sierra, G. (2004). Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A., Tesis de ingeniería, Universidad industrial de Santander, Facultad de ingeniería, Bucaramanga.
- Zapata, C. (2009). Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta HyL II en la siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro”, Tesis de ingeniería, Universidad nacional experimental politécnica Antonio José de Sucre, Departamento de ingeniería industrial, Puerto Ordaz.
- www.equiposylaboratorio.com. (2017). Acerca de la pasteurización. Fuente: http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=2926
- www.laygo.es. (2017). En que consiste la pasteurización. Fuente: <http://www.laygo.es/73367/preguntas-frecuentes/ En-consiste-pasteurizacion .htm>
- www.dsp.com.es. (2017). Ganadería. Fuente: <http://www.dsp.com.es/ESP/ganaderia.html>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- <http://pasteurizacionyesterilizacion.blogspot.com.co>. Tratamientos térmicos. Fuente: <http://pasteurizacionyesterilizacion.blogspot.com.co>

- <http://www.preditec.com>. (2017). Mantenimiento predictivo, Fuente: <http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/>

- <https://es.slideshare.net>. (2017). Las 5 s. Fuente: https://es.slideshare.net/SST_Asesores/las-5s-37397736

- www.ipn.mx. (2017) Metodología de las 5 s. Fuente: <http://www.ipn.mx/dse/intra/Documents/pdfs/Material5s.pdf>

- <ftp://sata.ruv.itesm.mx>. Ciclo PHVA. Fuente: ftp://sata.ruv.itesm.mx/portalesTE/Portales/Proyectos/2631_BienvenidaCyP/QP16_1.pdf

- <http://www.escolme.edu.co>. (2017). Ciclo PHVA, Fuente: http://www.escolme.edu.co/almacenamiento/oei/tecnicos/ppios_admon/contenido_u3_2.pdf

- www.euskalit.net. (2017). Metodología de las 5 s Mayor productividad mejor lugar de trabajo, Fuente: <http://www.euskalit.net/pdf/folleto2.pdf>

- <http://serviciosdeinspeccion.com>. (2017). Líquidos penetrantes, Fuente: http://serviciosdeinspeccion.com/wordpress/?page_id=318

- <http://www.sistindacematmx.com>. (2017). Vibraciones mecánicas, Fuente: <http://www.sistindacematmx.com/vibra-meca.html>

- <https://osha.europa.eu/> (2017). European agency for safety and health at work

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

APÉNDICE

Apéndice A. Formato Informe Ficha de activos

 Lácteos Informe Ficha de Activos			
Código		Descripción	
Departamento		Planta/División	
Clase		Descripción	
Centro Costos		Descripción	
Ubicación		Descripción	
Tiempo Operación		Función	
Año		Marca	
Estado		Serie	
Modelo		Fabricante	
Proceso	Datos de placa	Valor / Und	Explicación

Apéndice B. Aplicativo permiso generación y aprobación de órdenes de trabajo

Actualización Centros Costos para Autorización de Solicitudes y Aprobación Ordenes de Servicio

Cedula	<input type="text" value="1040323718"/>	Nombre	<input type="text" value="JULIO CESAR SANTA VELASQUEZ"/>
C.Costos	<input type="text"/>	Descripción	<input type="text"/>

Centros de Costos Asociados

	Cedula	Nombre	Cargo	Centro Costos Empleado	Ciudad	Centro Costos Asociado	Descripción	Administrador
Retirar		JULIO CESAR SANTA VELASQUEZ	AUXILIAR A MONTAJES Y MANTENIM	MANTENIMIENTO	SAN PEDRO			

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES John Luis Santa Velásquez

Se entregaron correcciones realizadas por 1ª vez.

FIRMA ASESOR [Signature]

FECHA ENTREGA: Abril 12 - 6:00p.m.

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____