

**ANÁLISIS DE LOS DESPERDICIOS POR MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA
INDUSTRIAS ELECTRICOL S.A.S**

**DAVID GERARDO PRADO RODRÍGUEZ
LUIS EDUARDO VANEGAS TORRES
JUAN PABLO NIÑO CARDENAS**

**UNIVERSIDAD ECCI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
2016**

**ANÁLISIS DE LOS DESPERDICIOS POR MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA
INDUSTRIAS ECTRICOL S.A.S**

**DAVID GERARDO PRADO RODRÍGUEZ
LUIS EDUARDO VANEGAS TORRES**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

JUAN PABLO NIÑO CARDENAS

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA EN
PRODUCCIÓN Y LOGISTA INTERNACIONAL**

**ASESOR
MIGUEL ANGEL URIAN**

**UNIVERSIDAD ECCI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

2016

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	iii
Resumen	1
Palabras Claves.....	2
Abstract.....	3
Key words.....	3
1. Título.....	4
2. Problema de Investigación.....	5
2.1. Descripción Del Problema	5
2.2. Planteamiento Del Problema.....	5
2.3. Sistematización Del Problema	6
3. Objetivo General.....	7
3.1. Objetivos Específicos.....	7
4. Justificación y Delimitación	8
4.1. Justificación	8
4.2. Delimitación.....	8
4.3. Limitaciones Documentales.....	8
5. Marco Referencial.....	10
5.1. Marco Teórico.....	10
5.1.1. Primeros avances en los procesos de producción	10

5.1.2.	Manufactura Esbelta	10
5.1.3.	Las 5 S's.....	11
5.1.4.	Justo a tiempo.	14
5.1.5.	Mantenimiento productivo total.....	14
5.1.6.	Los desperdicios.....	18
5.1.7.	Mantenimiento preventivo	21
5.1.8.	Plan de mantenimiento.....	22
5.1.9.	Gestión de mantenimiento	22
5.1.10.	Historia del mantenimiento.....	23
5.2.	Estado Del Arte.....	25
5.2.1.	Problemática en el mantenimiento.....	25
5.2.2.	Investigación en la gerencia del mantenimiento.....	27
5.2.3.	Implementación del modelo del costo del desperdicio.....	28
6.	Tipo de Investigación.....	31
7.	Marco metodológico	32
7.1.	Recolección de la Información	32
7.1.1.	Entorno empresarial.....	32
7.1.2.	Proceso de producción.....	33
7.1.3.	Principales máquinas y equipos.....	33

7.1.4.	Análisis del mantenimiento actual.....	34
7.2.	Análisis de la información.....	36
7.2.1.	Análisis de criticidad.....	36
7.2.2.	Desperdicios del mantenimiento.....	37
7.2.3.	Desperdicios por correcciones.....	38
7.2.4.	Desperdicios por esperas.....	39
7.2.5.	Desperdicios por sobreproducción.....	40
7.2.6.	Desperdicios por exceso de material.....	40
7.2.7.	Desperdicios por transporte.....	40
7.2.8.	Desperdicios por exceso de movimiento.....	40
7.2.9.	Desperdicios por procesos innecesarios.....	41
7.2.10.	Desperdicios por talento humano.....	41
7.2.11.	Desperdicios por comunicación.....	42
7.3.	Propuestas de Solución.....	42
7.3.1.	Área de talento humano.....	42
7.3.2.	Área de mantenimiento.....	43
7.4.	Resultados Esperados.....	43
8.	Fuentes de Obtención de la Información.....	45
8.1.	Fuentes Primarias.....	45

8.2. Fuentes Secundarias.....	45
9. Análisis Financiero	46
10. Talento humano	49
11. Conclusiones.....	50
12. Bibliografía.....	52

Resumen

Industrias Ectricol es una empresa especializada en desarrollar soluciones integrales de protección y control en sistemas eléctricos. Estas soluciones están orientadas al sector de la construcción, la minería, el sector energético y petrolero. Dentro de los principales productos que se fabrican están los centros de potencia eléctricos, tableros eléctricos presurizados para ambientes explosivos, tableros de distribución general, tableros de transferencia, centros de control de motores, tableros de sincronismo, armarios de medidores, bancos de condensadores, entre otros.

Para la fabricación de los diferentes tipos de productos se dispone de una gran planta de producción compuesta principalmente por un área metalmecánica y otra de ensamble y montaje de equipos. En el área de metalmecánica se encuentran equipos muy importantes tales como, punzonadoras CNC, dobladoras CNC, equipos de soldadura MIG y una línea de pintura automatizada. Durante el presente proyecto se evidenció que en Industrias Ectricol se incurren en grandes costos de mantenimiento, debido a los desperdicios que se presentan.

Por lo anterior se realizó un análisis de los desperdicios por mantenimiento con el fin de establecer el impacto económico de los más relevantes, y proponer planes de acción para mitigar o eliminar las actividades que están generando los desperdicios analizados. Para lograr estos objetivos, se realizó la recolección de la información para luego analizarla mediante metodologías como el análisis de criticidad, y la segmentación de los desperdicios, facilitando plantear propuestas de solución y el desarrollo del análisis financiero. En conclusión, se pudo evidenciar de acuerdo a los datos encontrados dentro del análisis de desperdicios en la empresa

Ectricol S.A.S, que el desperdicio que más genera costos y retrasos para los procesos productivos de la compañía son los tiempos muertos o de paradas y las esperas en reparaciones y tránsito de repuestos.

Palabras Claves

Desperdicio, mantenimiento, costo, productividad, optimización, proceso, manual, tiempos muertos.

Abstract

Ectricol Industries is a company specialized in developing solutions for protection and control in power systems. These solutions are oriented to the construction industry, mining, energy and oil sector. Among the main products manufactured are the centers of electric power, pressurized electrical panels for explosive environments, boards for general distribution, transfer boards, control centers of motors, boards sync, cabinets meters, capacitor banks, including others.

For the manufacture of different types of products are available a large production plant composed mainly for metalworking area and other assembly and assembly of equipment. In the area of metalworking are very important equipment such as CNC punching, CNC bending, MIG welding equipment and automated paint line. During this project it was evident that in Industrias Ectricol are incurred large maintenance costs due to waste presented.

Therefore an analysis of the waste for maintenance in order to establish the economic impact of the most important was made, and propose action plans to mitigate or eliminate activities that are generating waste analyzed. To achieve these goals, gathering information and then analyze was performed using methodologies such as criticality analysis and segmentation waste, facilitating raise proposed solutions and the development of financial analysis. In conclusion, it was evident according to the data found in the analysis of waste in the company Ectricol SAS, which waste most generates costs and delays in the production processes of the company are dead or stops times and waits in transit repairs and spare parts.

Keywords

Waste, maintenance, cost, productivity, optmization, process, manual, dead times.

1. Título

**ANÁLISIS DE LOS DESPERDICIOS POR MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA
INDUSTRIAS ECTRICOL S.A.S**

2. Problema de Investigación

2.1. Descripción Del Problema

Industrias Ectricol S.A.S., es una empresa especializada en desarrollar soluciones integrales de protección y control en sistemas eléctricos. Estas soluciones están orientadas al sector de la construcción, minería, energético y petrolero. La empresa no cuenta con un área de mantenimiento establecida, esto le ha generado costos por incumplimiento en la entrega de los pedidos y reducción de la confiabilidad y disponibilidad de sus activos. Teniendo en cuenta que, en una alta proporción, los servicios de mantenimiento que se prestan dentro de la empresa son netamente correctivos, esto afecta en gran medida el ciclo de vida de los activos. Del mismo modo se generan costos debido a los tiempos de parada en los procesos de mantenimiento.

2.2. Planteamiento Del Problema

De acuerdo a lo planteado en el numeral anterior, se establece la pregunta que da razón a la presente investigación:

¿Es aplicable el análisis de los desperdicios a las actividades de mantenimiento en la empresa Industrias Ectricol S.A.S.?

2.3. Sistematización Del Problema

¿Cómo establecer las actividades de mantenimiento de la compañía que están generando desperdicios?

¿Cuáles desperdicios están generando un sobre costo a la compañía?

¿De qué forma la compañía puede reducir los costos generados por los desperdicios?

3. Objetivo General

Aplicar un análisis del desperdicio a las actividades de mantenimiento en la empresa Industrias Ectricol S.A.S para analizar el impacto en la producción de la compañía.

3.1. Objetivos Específicos

- Identificar las actividades de mantenimiento de la compañía y los desperdicios que son generados por los procesos de mantenimiento.
- Realizar un análisis de los desperdicios y establecer el impacto económico de los más relevantes.
- Proponer planes de acción para mitigar o eliminar las actividades que están generando los desperdicios analizados.

4. Justificación y Delimitación

4.1. Justificación

La compañía Industrias Ectricol S.A.S. realiza procesos de mantenimiento sin tener lineamientos establecidos; estas actividades generan desperdicios los cuales incrementan los costos. La presente investigación busca determinar los desperdicios que se presentan en el proceso de mantenimiento por medio de la aplicación de un análisis de los desperdicios, y cómo estos afectan los procesos de producción de la empresa, así como definir en qué equipos de la compañía se podrá tener una mayor pérdida productiva y los reprocesos que afectan de manera inmediata a la empresa. Para esta investigación se ha teniendo en cuenta la definición de desperdicio establecida en el proceso de producción Toyota (TPS), y los procesos Lean y Six Sigma.

4.2. Delimitación

La investigación realizada en este proyecto en la empresa Industrias Ectricol S.A.S, se centró en los procesos de mantenimiento de las máquinas usadas en los procesos de producción de tableros eléctricos.

4.3. Limitaciones Documentales

Las principales limitaciones que se evidenciaron durante la investigación fueron de tipo documental: no se cuenta con el seguimiento y trazabilidad de la información en los

procesos de mantenimiento y no se encuentran memorias de los métodos y prácticas que se han realizado a través del tiempo.

Otra limitación que se debe resaltar es la falta de enfoque, no se tiene una clara misión y visión del área de mantenimiento, las cuales serían de gran ayuda para la implementación de objetivos e indicadores que fomenten la mejora continua y el desarrollo de proyectos que ayuden a alcanzar los objetivos generales de la compañía.

5. Marco Referencial

5.1. Marco Teórico

En esta parte del proyecto, se hace una recopilación breve y concisa de los conceptos, teorías y herramientas que se relacionan directamente con el desarrollo del proyecto y el proceso de mantenimiento en Industrias Ectricol.

5.1.1. Primeros avances en los procesos de producción

El proceso de producción a nivel mundial vivió una gran evolución en el siglo XIX, esto debido a dos compañías, Ford y Toyota. La primera liderada por Henry Ford, en 1903, encontró la forma para salir de una producción artesanal de automóviles, los cuales eran únicos el uno del otro, pasando a una producción en masa y en serie, generando una reducción de costos y principalmente dando uniformidad a los productos, esto sirvió para lograr introducir el control de calidad y su medición; todo esto implementando una cadena de montaje móvil o continua, simplificando el proceso de ensamble y montaje de los vehículos. La importancia de estos modelos desarrollados e implementados por Ford y Toyota, se evidencia en el impacto que vivieron las industrias y su cambio en los procesos de producción, logrando evolucionar y mejorar sus procesos a una producción en masa.

5.1.2. Manufactura Esbelta

Otro aspecto importante que vale la pena resaltar en este marco referencial es la metodología conocida como el Proceso Esbelto o Manufactura Esbelta, la cual está basada en herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto,

servicio ni a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador. La Manufactura Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre otros.

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. (Maldonado, 2008). A continuación, se detallará sobre las herramientas que tiene el proceso esbelto.

5.1.3. Las 5 S's.

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo. Las 5'S provienen de términos japoneses que diariamente ponemos en práctica en nuestra vida cotidiana y no son parte exclusiva de una "cultura japonesa" ajena a nosotros, es más, todos los seres humanos, o casi todos, tenemos tendencia a practicar o hemos practicado las 5'S, aunque no nos demos cuenta (Sacristán, 2005). Las 5'S son:

- Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente (Seiri): Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven. Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario. Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo. Separa los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo. Organizar las herramientas en sitios donde

los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible. Eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos y que pueden producir averías. Eliminar información innecesaria y que nos pueden conducir a errores de interpretación o de actuación Beneficios de clasificar.

- Ordenar (Seiton): Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar. Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia. Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro. En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc. Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza. Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles. Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción Beneficios de ordenar.
- Limpieza (Seiso): Integrar la limpieza como parte del trabajo diario. Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: "la limpieza es inspección". Se debe abolir la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento. El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo. No se trata de una actividad simple que se pueda delegar en personas de menor calificación. No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.
- Estandarizar (Seiketsu): Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S. Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado

entrenamiento. Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal. En lo posible se deben emplear fotografías de cómo se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado. El empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento. Las normas de limpieza, lubricación y aprietes son la base del mantenimiento autónomo (Jishu Hozen). Beneficios de estandarizar. Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo. Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente. Los operarios aprenden a conocer con detenimiento el equipo. Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios. La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares. Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo. Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

- **Disciplina (Shitsuke):** El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable. Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización. Promover el hábito de auto controlar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas. Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración. Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás.

5.1.4. Justo a tiempo.

Justo a Tiempo es una filosofía industrial que consiste en la reducción de desperdicio (actividades que no agregan valor) es decir todo lo que implique sub-utilización en un sistema desde compras hasta producción. Existen muchas formas de reducir el desperdicio, pero el Justo a Tiempo se apoya en el control físico del material para ubicar el desperdicio y, finalmente, forzar su eliminación.

La idea básica del Justo a Tiempo es producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en un proceso de manufactura. Dentro de la línea de producción se controlan en forma estricta no sólo los niveles totales de inventario, sino también el nivel de inventario entre las células de trabajo. (Edward, 2003)

Los siete Pilares de Justo a Tiempo son:

- Igualar la oferta y la demanda
- El peor enemigo es el desperdicio
- El proceso debe ser continuo, no por lotes
- Mejora continua
- Es primero el ser humano
- La sobreproducción es igual a ineficiencia

5.1.5. Mantenimiento productivo total.

El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero fallos” en todo el

ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales (Torres J. , 2010).

TPM busca: Maximizar la eficacia del equipo, desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo, involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.

Así mismo, involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso. Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos, cero accidentes, cero defectos, y cero averías

El TPM cuenta con 12 pilares o procesos fundamentales que sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son los que se indican a continuación.

- *Mejoras enfocadas (Kaizen).*

Las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la Efectividad Global del Equipo, proceso y planta; todo esto a través de un trabajo organizado en

equipos multidisciplinarios, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de Control Total de Calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si una organización cuenta con actividades de mejora similares, simplemente podrá incorporar dentro de su proceso, Kaizen o mejora, nuevas herramientas desarrolladas en el entorno TPM. No deberá modificar su actual proceso de mejora que aplica actualmente.

- *Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen).*

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

- *Mantenimiento Planeado (Keikaku Hozen).*

El mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. El propósito de este pilar consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial.

- *Educación y Entrenamiento.*

Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Se puede desarrollar en pasos como todos los pilares TPM y emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

- *Gestión inicial, Gestión Temprana.*

Este pilar busca mejorar la tecnología de los equipos de producción. Es fundamental para empresas que compiten en sectores de innovación acelerada, o manufactura versátil, ya que en estos sistemas de producción la actualización continua de los equipos, la capacidad de flexibilidad y funcionamiento libre de fallos, son factores extremadamente críticos. Este pilar actúa durante la planificación y construcción de los equipos de producción. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de los equipos actuales, acciones de dirección económica de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento. Este pilar es desarrollado a través de equipos para proyectos específicos. Participan los departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología de procesos, producción, mantenimiento, planificación, gestión de calidad y áreas comerciales.

- *Gestión de la Calidad.*

Tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible. Las acciones del mantenimiento de calidad buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos" regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad.

- *TPM administrativo.*

Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en el trabajo manual de las oficinas. Si cerca del 80 % del costo de un producto es determinado en las etapas de diseño del producto y de desarrollo del sistema de producción. El mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. Emplea técnicas de mejora enfocada, estrategia de 5's, acciones de mantenimiento autónomo, educación y formación y estandarización de trabajos. Es desarrollado en las áreas administrativas con acciones individuales o en equipo.

- *Gestión de seguridad, salud y medio ambiente.*

Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad. Emplea metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

5.1.6. Los desperdicios.

En 1950, Taiichi Ohno, después de estudiar el método norteamericano que llevaba dominando la producción mundial de vehículos, podía ser modificado para generar aun mayor beneficio, reducir más los costos y ser un modelo de producción flexible, tomó este como base para desarrollar el método TPS, generando cambios sencillos en las prensas, como la adición de rodillos que permitieron cambios rápidos en las matrices para producir los moldes que forjaban piezas. Esto redujo significativamente los tiempos de espera para realizar estos cambios, disminuyendo así costos y tiempo de cumplimiento a los clientes (Jones & Womack, 2005).

Del mismo modo Ohno se percató que al producir menor número de piezas era más fácil detectar los errores de calidad y así logro atacar estos desde la raíz del problema, disminuyendo los errores que se detectaban en la línea de producción, omitiendo también un proceso de correcciones costoso, el cual consistía en pasar el producto terminado, pero con imperfecciones que eran corregidas por otro operario. Este modelo se basa en la eliminación de mudas (Taiichi, 1991). Los desperdicios planteados en este modelo son los siguientes:

- *Desperdicios Por Correcciones.*

Este tipo de desperdicio en mantenimiento hace referencia a todas aquellas intervenciones realizadas para corregir errores cometidos en labores pre-operativas, tareas preventivas o correctivas. Estos desperdicios producen asignación excesiva de recursos como tiempo, material, energía, recurso humano y capacidad productiva (Urian, 2013).

- *Desperdicios Por Esperas.*

Se refiere a cualquier recurso de la organización que está detenido a causa de otro ya sea por falta de flujo, carencia de recurso, ausencia o falta de capacidad. Siendo más específicos, en mantenimiento se puede dar porque los recursos de esta área o tareas programadas, estén detenidas a causa de otras áreas.

- *Desperdicios Por Sobreproducción.*

La sobre producción en el área de mantenimiento se refiere a hacer más de lo que se requiere, como por ejemplo programar tareas preventivas con alta frecuencia cuando en realidad se podría disminuir.

- *Desperdicios Por Exceso De Material.*

En mantenimiento se refiere exactamente a tener dentro de las instalaciones de la organización cantidades de refacciones, insumos o elementos para el desarrollo del mantenimiento que excedan el máximo requerido para cumplir con las tareas proyectadas.

- *Desperdicios Por Transporte.*

El desperdicio por transporte en mantenimiento se refiere a la cantidad de veces que es necesario mover material, insumos, equipos en mantenimiento, de manera temporal para después moverlos o reubicarlos, también contempla la distancia que se deben desplazar los equipos para ser intervenidos.

- *Desperdicios Por Exceso De Movimiento.*

Este desperdicio se enfoca en la ejecución de movimientos por parte del personal que excede el necesario para el desarrollo de la operación, este tiene que ver con acciones como mirar, buscar, acumular, caminar. (Urian, 2013)

- *Desperdicios Por Procesos Innecesarios.*

Los procesos innecesarios en mantenimiento se describen como aquellas tareas que demandan gran esfuerzo o trabajo y que al final no aportan beneficios al activo o a la organización, esto se da debido a la falta de conocimiento de las máquinas, a una mala planeación o al mal diseño del proceso.

- *Desperdicios Por Talento Humano.*

La organización cuenta con el uso de la capacidad de las personas durante el tiempo que están a su servicio, se espera dar el mejor uso a sus ideas y competencias en pro de la optimización y ejecución de los procesos, cuando no se escucha a las personas, no se les asigna una cantidad de labor adecuada o cuando sus ideas no son tenidas en cuenta se establece la presentación de este tipo de desperdicio. (Urian, 2013)

- *Desperdicios Por Comunicación.*

El desperdicio de comunicación se presenta cuando los medios o las instrucciones dentro de los diferentes procesos no son suficientemente claros y es necesario repetirlos, corregirlos o cuando los mensajes son excesivos y generan confusión.

Dentro del análisis y el estudio de las mejoras en los sistemas productivos y de los análisis desperdicios que afectan la producción, para esto se debe llevar de la mano el estudio de los planes de mantenimiento que se están implementando en las compañías y más importante el impacto de estos en las mejoras productivas.

5.1.7. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo basado en el tiempo surgió de la necesidad de mayor seguridad, disponibilidad y productividad, y ante la complejidad y costos de las operaciones productivas. También se adecua a los ciclos asociados a la producción de tal forma que se planifica y programa el mantenimiento en el tiempo más adecuado que genere el menor disturbio al proceso.

El mantenimiento preventivo supone la planificación de trabajos en OT's que contengan los recursos adecuados e instrucciones de trabajo y seguridad, programación de trabajos periódicos de tal forma que se minimicen los paros de producción en forma efectiva y la ejecución de los trabajos se desarrolle con personal calificado. Por otra parte, se efectúe el análisis de seguimiento y el uso de la documentación y evaluación de la información sobre la condición de cada máquina recopilada durante la ejecución del trabajo. Finalmente, la efectividad del programa de mantenimiento sea consistente y genere la confiabilidad del equipo y de los procesos de mantenimiento. (Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial , 2007)

5.1.8. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento es el elemento en un modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento a los activos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectoras), con los objetivos de mejorar la efectividad de estos, con tareas necesarias y oportunas, y de definir las frecuencias, las variables de control, el presupuesto de recursos y los procedimientos para cada actividad. (Reliabilityweb, 2015)

5.1.9. Gestión de mantenimiento

La gestión de mantenimiento se basa en actuar sobre todos los aspectos de importancia para el óptimo funcionamiento de la empresa. El departamento de mantenimiento no debe limitarse solamente a la reparación de las instalaciones, sino también debe pilotear los costos de mantenimiento, recursos humanos y almacenes a fin de desarrollar una óptima gestión de mantenimiento. La implementación de la gestión en mantenimiento, tiene como primera fase definir un plan directriz de actuación. Este plan debe establecer la descripción de las diferentes

etapas que se llevarán a cabo para la implementación definitiva de la gestión de mantenimiento, que deberá guardar coherencia con el plan estratégico de la empresa. (Torres L. D., 2005)

5.1.10. Historia del mantenimiento.

El mantenimiento entra con gran fuerza dentro de la revolución industrial, ya que con la entrada de la máquina de vapor la industria textil tuvo un enorme impulso y así mismo se aumentó la necesidad de que los equipos estuvieran cada vez más disponibles y adicional a esto que los equipos se hicieron cada vez más complejos para mantenerlos operativos, adicional a esto se aumentaron las necesidades de la producción textil y se le dio un gran impulso a la industria del acero durante la segunda mitad del siglo XVIII y el siglo XIX.

En este periodo el mantenimiento se dedicaba simplemente a corregir las averías causadas por los procesos de producción, esto dio la creación a los principios del mantenimiento correctivo. Inicialmente estos procesos eran realizados por parte de los operarios de las máquinas

. Pero en 1910, la cantidad de maquinaria en las fábricas creció exponencialmente lo que generaba que el personal tuviera que invertir mucho de su tiempo laboral en tareas de mantenimiento, lo que generaba un gran impacto a la producción de la compañía. Para esta solución se generaron los primeros equipos de mantenimiento correctivo con personal de baja calidad, con esto el personal de producción se pudo liberar de estas tareas.

Todo cambia con la llegada de la producción en línea en 1913, implantada por Henry Ford, y se generan las preocupaciones por los fallos y más aún por las paradas no

programadas que generaban paradas en las líneas de producción y más aún las pérdidas que estas generaban.

Durante los años 20 estos fallos fueron cada vez más recurrentes y preocupantes para los sistemas productivos, este efecto se acrecentó con el contexto industrial de la segunda guerra mundial ya que la industria militar de la época realizó análisis y seguimiento a las partes de los aviones y artillería militar en la cual se realizaban los cambios de estas después de un número de horas determinadas. Esto dio el punto de partida al mantenimiento preventivo, en el que no se intenta corregir los fallos cuando suceden sino evitarlos.

Esta, aunque fue una reducción de las fallas no garantizaba la calidad ni la cantidad de producción que se necesitaba ya que el seguimiento a los cambios de las piezas solo se hacía por las horas de trabajo lo cual generaba que en algunas ocasiones se remplazaran piezas que no habían cumplido su vida útil lo que se traducía en un incremento de los costos de la manutención de las máquinas.

En los años 50 un grupo de ingenieros japoneses dieron los parámetros generales del mantenimiento preventivo, ya que se tomó en cuenta las recomendaciones de los fabricantes de los equipos y de los suministros de partes y respuestas esto para hacer que el ataque de las fallas y el cambio por los ciclos de vida útil fueran más seguros y a las piezas que en verdad lo necesitaban, con esto a su vez se crea el concepto de la ingeniería del mantenimiento que era responsable de planear y organizar el mantenimiento preventivo.

Los años 60, la mejora en los instrumentos de protección y medición, como las técnicas de verificación mecánica a través de análisis de vibraciones y ruidos, y así se desarrolla la previsión de fallos, se consigue la optimización de los equipos y lo que es conocido como el mantenimiento predictivo

En 1971, Seiichi Nakajima, ideó el mantenimiento productivo total TPM, basado en el mantenimiento productivo PM, integrando a todo el personal en el mantenimiento y más aun dentro de la reproducción enfocando todas las tareas de mantenimiento y de muchas otras áreas al proceso productivo de la compañía (Nakajima, 2002).

5.2. Estado Del Arte

Hay dos temas principales y fundamentales que se abordan a lo largo de este trabajo: el mantenimiento, y el modelo del costo del desperdicio. Es por ello, que es importante indagar en los avances que se han tenido hasta el día de hoy en estos dos tópicos.

5.2.1. Problemática en el mantenimiento.

Abordando lo que es el mantenimiento, en la última década, se han desarrollado metodologías como el “Maintenance Balanced Scorecard”, metodología que consiste en “traducir la estrategia en cuatro perspectivas: cliente, negocio interno, innovación y aprendizaje y perspectiva financiera, sustentadas cada una de ellas en un set de objetivos, indicadores de gestión, metas e iniciativas, interactivamente conectadas en una relación causa-efecto” (Amendola). En otras palabras, se puede decir que hoy en día la gestión del mantenimiento

tiende a dejar de verse como un servicio, un gasto o un centro de costo. Más bien, se empieza a ver como un negocio o una inversión, lo que ha llevado a nuevas prácticas gerenciales de planificación y medición del desempeño de la actividad, viéndola desde un punto de vista no solo funcional y operativo, sino financiero.

Así mismo, factores como la gran cantidad de competidores en las diferentes industrias, obliga a buscar mejoras en todos los procesos, incluyendo el mantenimiento y la gestión de activos físicos, que representan gran parte de los costos operativos y como solución han surgido metodologías importantes como el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Por otro lado, uno de los grandes retos a los que se enfrentan las empresas cuando orientan el mantenimiento en el análisis de la confiabilidad, y la gestión por indicadores, es la imprecisión en los datos, lo que lleva a malas evaluaciones de parámetros y a decisiones erróneas acerca de los intervalos de reemplazo y las actividades de mantenimiento. Es este problema, el que, en parte, se buscó resolver con el desarrollo de sistemas de CMMS (computerized maintenance management system), los cuales ayudan a la recolección de información, facilitan el análisis de los datos y la toma de decisiones (Oyebisi, 2000).

En conclusión, aspectos como la diversidad de entornos industriales, los avances tecnológicos, las nuevas formas de mercado como tercerización de procesos, y el desarrollo en las tecnologías de la información, influyen en la gerencia del mantenimiento actual, demandando la actualización de conocimientos, la mejora de habilidades, cambios en los métodos y equipos de trabajo multidisciplinarios.

5.2.2. Investigación en la gerencia del mantenimiento.

En todo el mundo se trabaja a diario en la solución de infinidad de problemas que están afectando la rentabilidad de las empresas, entre estos problemas, se encuentran los relacionados con el ejercicio del mantenimiento. Realizando una revisión bibliográfica, se encuentran casos de investigación como los de la Universidad de Sevilla y la Universidad de Alabama, las cuales unieron esfuerzos mediante un equipo de trabajo constituido principalmente por Crespo (Departamento de administración de la Universidad de Sevilla) y Gupta (Departamento de contabilidad y sistemas de información de la universidad de Alabama), quienes “revisaron los conceptos, procesos y estándares disponibles para ayudar a mantener los complejos sistemas de hoy, y analizan los aspectos estratégicos, tácticos y operacionales del mantenimiento en organizaciones que caracteriza los factores que generan complejidad, y establecer una estructura para ayudar a completar las tareas en cada nivel organizacional de cualquier empresa” (Crespo & Gupta, 2005).

Por otro lado, O'Donoghue y Prendergast miembros del Departamento de Ingeniería Mecánica y Fabricación del Instituto de Tecnología de Tralee (Irlanda) exploran la base de diversas estrategias de gestión de mantenimiento utilizadas en la fabricación, presentando un enfoque hacia los CMMS (computerized maintenance management system), y a la implementación en una empresa de fabricación textil (O'Donoghue & Prendergast, 2004).

Estudios de algunos sectores industriales indican que bajos niveles de disponibilidad y productividad, causan el cierre de empresas, haciendo necesaria la comprensión

de los desafíos de la gestión del mantenimiento, especialmente en organizaciones con importantes inversiones en activos físicos (Eti, Ogaji, & Probert, 2006).

Por otro lado, O'Donoghue y Prendergast del departamento de ingeniería mecánica y fabricación del instituto de tecnología de Tralee (Irlanda) examinan la base de diversas estrategias de gestión de mantenimiento internacional utilizadas en la fabricación, prestando especial atención a los CMMS, y a cómo esta estrategia particular se implementó con éxito en una empresa de fabricación textil de tamaño mediano en su país.

Castillo Oscar y Espinel Luisa, de la universidad ECCI de Colombia, realizaron en el 2013 el diseño de una propuesta de mantenimiento y mejora de la línea de producción en Siemens Manufacturing S.A., en la línea de producción de tanques SDT monofásicos en la que se revisa la teoría sobre lean manufacturing, con el fin de tratar de introducirla en la nueva forma de producir tanques. Con el desarrollo de este trabajo, se logró minimizar los desplazamientos de los operarios y con ello el 39% de los tiempos muertos contando con el 10% más del turno para el armado de tanques (Castillo & Espinel, 2014).

5.2.3. Implementación del modelo del costo del desperdicio.

El ingeniero Miguel Ángel Urián en su artículo titulado Aplicación del modelo del costo del desperdicio a procesos de manufactura, busca dar a conocer el modelo del costo del desperdicio y su aplicación en empresas de producción, este modelo fue desarrollado con base en la experiencia del autor en la aplicación de la metodología de Lean Manufacturing en empresas manufactureras, se da una idea general del modelo, sus principios y forma de aplicación.

En este trabajo se concluye que la aplicación del modelo, se convierte en una herramienta de concientización para el personal acerca de la importancia de la identificación, reducción y eliminación de desperdicios, además de ser una herramienta de mejora continua; todo esto complementado por las estrategias de manufactura limpia, control a los procesos de mantenimiento manejo de inventarios, y seguimiento a los tiempos de parada, todo esto dentro del marco del análisis de desperdicios encontrados en la empresa de estudio, y el seguimiento a los programas de mejora continua. (Urian, 2013)

Por otro lado, sabiendo que el modelo del costo del desperdicio surge en la teoría de la manufactura esbelta, Juan Gregorio Arrieta Posada, Victoria Eugenia Botero Herrera y María Jimena Romano Martínez, aplicaron el modelo de Spendolini para diagnosticar el estado de Manufactura Esbelta en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, específicamente para los segmentos de Blue Jeans, camisas Tipo Polo y t-shirts, y se encontró que para las 30 empresas de la muestra la calificación general promedio es de 61.17%. Este resultado está por encima del nivel mínimo aceptable; sin embargo, es muy deficiente al compararlo con el de empresas de categoría mundial. Ninguna de las empresas evaluadas se encuentra en los niveles superiores del primer cuadrante, con resultados por encima del 80% (Arrieta, Botero, & Romano, 2010).

Por otro lado, (González, 2013), en su trabajo, propuesta para la utilización de lean manufacturing en el centro de distribución nacional de la empresa Hyundai Colombia Automotriz S.A., estudió los movimientos que se ejecutan tomando como base la metodología lean manufacturing y refleja el impacto en la productividad, eficiencia en los procesos y los ahorros

económicos. Adicionalmente, recomienda realizar la eliminación de las actividades que no agregan valor. Entre algunas de sus conclusiones se rescata que el centro de distribución nacional ahora tiene criterios y técnicas para administrar la mercancía logrando ofrecerlos pedidos con productos de calidad, con las cantidades solicitadas y en el momento solicitado.

Adicionalmente, Pedro Pablo Ballesteros, investigador líder del grupo Logística: Estrategia de la cadena de suministro, registrado en Colciencias y en el Centro de Investigaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, en su artículo “Algunas reflexiones para aplicar la manufactura esbelta en empresas colombianas”, en el cual fundamenta el sistema de manufactura esbelta, sus orígenes, la clasificación de los diferentes tipos de desperdicios, sus objetivos generales y específicos, mostrando una sencilla guía para su implementación.

De igual manera, indica los distintos niveles de intervención, beneficios y desventajas. En este artículo, se recomienda a los empresarios colombianos contribuir a fortalecer los nuevos paradigmas de las estrategias de producción, que han ido consolidándose y enriqueciendo en forma progresiva con los recientes aportes teórico – prácticos, producto de la investigación en el amplio escenario de la Administración de Operaciones (Ballesteros, 2008).

Así mismo, se concluye que para implementar en las empresas colombianas un sistema tan sencillo en el procedimiento, pero muy complejo en su filosofía no son suficientes las buenas intenciones y propósitos de los trabajadores. Es determinante el compromiso de la alta dirección o gerencia, que con una buena dosis de sentido común y con suficientes recursos económicos para invertir en tecnología y capacitación se puede respaldar esta clase de proyectos.

6. Tipo de Investigación

Dentro de los procesos de investigación en la universidad ECCI, se encuentran los descritos en la tabla 1.

Tabla 1
Tipos de Investigación

Tipo	Descripción
Histórica	Analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente.
Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
Descriptiva	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población objeto de estudio.
Correlacional	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada.
Explicativa	Da razones del porqué de los fenómenos.
Estudios de Caso	Analiza una unidad específica de un universo poblacional.
Seccional	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única.
Longitudinal	Compara datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios.
Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes.

Para esta investigación se determinó que el tipo de investigación empleada es seccional ya que en este trabajo se recogió información sobre el proceso de mantenimiento en Industrias Ectricol en una única oportunidad.

7. Marco metodológico

Para identificar las actividades de mantenimiento de la compañía se tuvo acceso al plan de mantenimiento preventivo, las actividades pre operativas realizadas y las tareas correctivas que se realizan con más frecuencia. Por otro lado, para identificar los desperdicios se realizó una visita en la que se recolectó información sobre el proceso de mantenimiento, mediante entrevistas aplicadas al personal de mantenimiento.

Para realizar el análisis de los desperdicios y establecer los más relevantes por medio de su impacto, se usó la metodología de análisis de criticidad, en la que se evidenciaron los activos más importantes, para luego evaluar el impacto de las fallas funcionales, como también las estrategias que se llevan a cabo para evitar o reparar las mismas, resaltando aquellas tareas que presentaban más desperdicios.

Los planes de acción se generaron con base en el análisis financiero, teniendo en cuenta la capacidad instalada actualmente para el proceso de mantenimiento, buscando atacar los diferentes tipos de desperdicios evidenciados.

7.1. Recolección de la Información

7.1.1. Entorno empresarial.

Industrias Ectricol es una empresa especializada en desarrollar soluciones integrales de protección y control en sistemas eléctricos. Estas soluciones están orientadas al sector de la construcción, la minería, el sector energético y petrolero. Su sede principal se encuentra ubicada en el Km 7.1 Autopista Medellín - Parque Industrial Celta Trade Park, lote

119, Funza Cundinamarca. Cuenta también con sedes administrativas de negocio en Barranquilla, Medellín, Cali, y el eje cafetero.

7.1.2. Proceso de producción.

El proceso de producción inicia en el almacén, donde se suministra el material necesario para la fabricación de cada producto, este material es básicamente lamina cold rolled aceitada y decapada o galvanizada de calibres entre 18 y 12, luego este material pasa por un proceso de punzonado, luego es doblado, soldado y pulido, a continuación pasa por pintura, luego por pre-ensamble, donde queda terminada la envolvente de los equipos eléctricos que conformarán el tablero eléctrico, luego la envolvente metálica pasa a montaje de equipos, luego por cableado de fuerza, luego por terminados para finalmente ser embalado y despachado.

7.1.3. Principales máquinas y equipos.

Para realizar la fabricación de los diferentes productos que se fabrican en Industrias Ectricol se cuentan con alrededor de 80 equipos y más de 100 herramientas. Para el desarrollo de esta investigación, se hará un enfoque en los equipos que intervienen en la fabricación de la mayoría de productos fabricados, estos equipos se mencionan a continuación:

- Compresor de Aire Kaeser
- Punzonadora Amada Apelio II
- Punzonadora Amada AE-2510
- Punzonadora Amada Octo 334

- Dobladora Baykal Aps 1254 40T
- Dobladora Baykal Aps 3106 120T
- Dobladora Durma 2560
- Cabina De Pintura Automática

7.1.4. Análisis del mantenimiento actual.

El mantenimiento que se realiza actualmente en Industrias Ectricol S.A.S. contempla un plan de mantenimiento preventivo específico para cada máquina o equipo donde se contemplan las tareas y la frecuencia con la que se deben realizar, también se cuenta con actividades pre-operacionales que debe realizar el operario de cada máquina o equipo.

Los principales inconvenientes que se percibieron en el inicio de la investigación fue la falta de cultura de la información, es decir, no hay un método claro para la recolección de datos que permitan conocer el histórico de fallas, tiempos entre fallas, frecuencia de fallas, causas de las fallas, tareas realizadas, repuestos usados, entre otros. Estos datos son muy útiles ya que luego de analizarlos facilitan la toma de decisiones y la implementación de indicadores de mantenimiento que permitan trazar objetivos y metas.

7.2. Análisis de la información

7.2.1. Análisis de criticidad.

El análisis de criticidad es una metodología utilizada para identificar la prioridad de equipos, procesos, y sistemas mediante una estructura que permite valorar la severidad con la que impacta una falla en aspectos como lo son la seguridad, el medio ambiente, la economía, y las pérdidas de producción. Así mismo esta metodología involucra la frecuencia con la que se producen las fallas en los activos, procesos y sistemas.

Se realizó el análisis de criticidad a los activos mencionados en el anterior numeral con el fin de identificar los activos que mayor impactan a la compañía en caso de que fallen, el resultado obtenido en orden jerárquico, del más crítico al menos crítico, se presenta a continuación:

- 1- Punzonadora Amada Apelio II
- 2- Punzonadora Amada AE-2510
- 3- Compresor de Aire Kaeser
- 4- Cabina De Pintura Automática
- 5- Punzonadora Amada Octo 334
- 6- Dobladora Baykal Aps 3106 120T
- 7- Dobladora Baykal Aps 1254 40T
- 8- Dobladora Durma 2560

ANÁLISIS CRÍTICIDAD									
SEVERIDAD				FRECUENCIA					
SEGURIDAD	AMBIENTAL	ECONOMICA	PERDIDAS PRODUCCIÓN	1 vez cada 5 años o más	1 vez cada 3 años	1 vez al año	1 vez cada 3 meses	1 vez al mes	
Primeros Auxilios	Fuga Leve	menor a \$500.000	Menor 1% producción diaria			Dobladora Durma 2560			1
Tratamiento Medico	Fuga Menor	de \$500.000 a \$2 millones	1% al 3% producción diaria		Dobladora Baykal Aps 1254 40T	Dobladora Baykal Aps 3106 120T			2
Accidente con tiempo perdido	Fuga Localizada	de \$2 millones a \$5 millones	3% al 7% producción diaria			Punzonadora Amada Octo 334			3
Incapacidad parcial o total	Fuga Mayor	de \$5 millones a 10 millones	7% a 10% producción diaria			Cabina De Pintura Automática			4
Fatalidad	Fuga extensa	más de 10 millones	más 10%		Compresor de Aire Kaeser	Punzonadora Amada AE-2510	Punzonadora Amada Apelio II		5
				A	B	C	D	E	

Figura 2. Análisis de criticidad. Fuente: autores

	Maquina		
	COMPRESOR DE AIRE KAESER	PUNZONADORA AMADA AE-2510	PUNZONADORA APOLLO II
Tiempo promedio de Parada Anual Día	0.0063 Dias	0.019 Dias	0.076 Dias

Figura 3. Tiempo de paradas. Fuente: Autores

7.2.2. Desperdicios del mantenimiento.

En este numeral se especifican los diferentes desperdicios encontrados en el proceso de mantenimiento de la empresa Industrias Ectricol S.A.S, los cuales fueron agrupados en los nueve tipos de desperdicios, siete de estos desperdicios, «correcciones, esperas,

sobreproducción, exceso de material, transporte, exceso de movimiento, y procesos innecesarios» son caracterizados formalmente en metodologías como Lean Manufacturing y TPS. A modo informal y mediante la implementación de estrategias en diferentes actividades económicas han surgido los otros dos tipos de desperdicios, talento humano y comunicación (Urian, 2013).

El desperdicio por mantenimiento lo podemos ver reflejado en el Tiempo de Paradas, que, aunque los días que permanecen las maquinas paradas en promedio a lo largo del año, son más significativos ya que estas se generan en días corridos, generando así, mayor pérdida de ventas, como lo veremos a detalle en el análisis financiero.

7.2.3. Desperdicios por correcciones.

Durante el estudio realizado en Industrias Ectricol S.A.S, se identificó que se ha presentado desperdicio por correcciones. Por ejemplo, en la punzonadora Amada Apelio II, se produjo un daño de la oruga que protegía las mangueras hidráulicas que producen la fuerza de cierre de las pinzas que sujetan la lámina. Estas pinzas están en constante movimiento, y con ellas las mangueras, por ello necesitan de la oruga que las protege de la fricción entre ellas y evita que por el movimiento se enreden. Cuando ocurrió el daño de la oruga, la reparación realizada fue retirar la oruga y cubrir las mangueras con cinta, sin embargo, luego de un mes de trabajo las mangueras se enredaron, causando la explosión de las mismas. Se procedió a remplazar las mangueras y volverlas a proteger con cinta, pero nuevamente explotaron. Por ende, se volvieron a cambiar las mangueras, solo que esta vez el proveedor no tenía la referencia que

siempre se había usado, R8 de 350 psi, sino que tenía R8 de 300 psi, esto hizo que fallaran al no soportar la presión de trabajo. Así que nuevamente se cambiaron las mangueras, esta vez por mangueras R9 de 500 psi y se protegieron con coraza anti abrasiva. De esta forma se dejó de presentar el fallo de las mangueras.

En el anterior caso presentado en Industrias Ectricol, es evidente la presencia del desperdicio por correcciones. Seguramente si desde un principio se hubiera analizado la función que cumplía la oruga y los daños que podría traer a la máquina, la reparación solo se hubiera tenido que realizar una vez, disminuyendo el tiempo de parada de la máquina y los reprocesos de mantenimiento, este daño que al hacer el análisis se podía reparar en un tiempo de medio día y el cambio de la oruga estaba aproximadamente en \$100.000, debido a todo lo que sucedió la maquina duro fallando aproximadamente un año hasta que se dio la solución final, y conllevo unos sobrecostos por aproximadamente unos \$5.000.000, con los cambios de mangueras, técnicos, tiempos muertos de producción y repuestos y re calibraciones del sistema.

7.2.4. Desperdicios por esperas.

Este caso ocurrido aproximadamente hace un año, con el daño de los sensores de la punzonadora Amada AE-2510, los cuales debieron ser solicitados sobre pedido a la casa matriz en España, la entrega de estos fue aproximadamente de 3 a 5 días, generando así una parada de esta máquina y una reducción de la producción de la misma, con unas perdidas en ventas aproximadas de \$2'000.000 por día.

7.2.5. Desperdicios por sobreproducción.

En Industrias Ectricol S.A.S. no se presenta este desperdicio, de hecho, como el área de mantenimiento es tan pequeña, muchas veces sucede todo lo contrario, es decir que se dejan de hacer actividades que si se requieren.

7.2.6. Desperdicios por exceso de material.

Durante la investigación se identificó que en Industrias Ectricol S.A.S. este es un de los desperdicios que menos se presenta ya que se procura tener el mínimo de repuestos necesarios, así como de insumos.

7.2.7. Desperdicios por transporte.

En Industrias Ectricol S.A.S. después de hacer una revisión de los procesos productivos y logísticos en los que mantenimiento tiene presencia no se evidencio tal desperdicio, por lo tanto, este no hará parte del análisis de costos para el área.

7.2.8. Desperdicios por exceso de movimiento.

En Industrias Ectricol S.A.S. se presenta en los desplazamientos que debe realizar el técnico de mantenimiento al no tener repuestos y tener que buscar homologar los repuestos que se encuentran en la empresa.

Muchas veces sucede que, al presentarse un daño, se debe ir hasta el almacén y comprobar si existe el repuesto necesario, al no encontrarlo, se debe hacer una búsqueda y selección de potenciales repuestos que puedan servir, así no sea exactamente el requerido. Luego que se han seleccionado se debe ir hasta el activo que presenta la falla y verificar si alguno sirve. A menudo ninguno de los seleccionados sirve, así que se debe volver hasta el almacén para hacer la solicitud del repuesto. Es claro que la falta de stock de refacciones está generando desperdicios por exceso de movimiento.

7.2.9. Desperdicios por procesos innecesarios.

En Industrias Ectricol S.A.S. como parte de las tareas de mantenimiento se establecieron tareas pre operacionales, estas son de labores que se deben realizara con una frecuencia diaria, sin embargo, muchas de estas actividades deberían realizarse con menos frecuencia, ya que demandan gran esfuerzo por parte de los operarios de las máquinas y finalmente no aportan muchos beneficios.

7.2.10. Desperdicios por talento humano.

En Industrias Ectricol S.A.S. se presentó con el manejo de los componentes químicos de la cabina de pintura automática, los cuales debe ser suministrado en medidas específicas; en un inicio se omitía este parte, suministrando más de un componente si el otro escaseaba, las personas encargadas del mantenimiento de la cabina, informaron que este procedimiento estaba errado. Por unos meses no fue tomada en cuenta la opinión de los operarios.

Falta capacitación y se suplía los repuestos por cosas que estaban en la empresa, pero no cumplían con los requerimientos.

7.2.11. Desperdicios por comunicación

En Industrias Ectricol S.A.S. no se presenta este desperdicio ya que el área de mantenimiento es pequeña y las pocas personas que están a cargo tienen buenas habilidades para comunicar los problemas que se presentan y las medidas que se deben tomar. Así mismo, la persona encargada de la dirección de producción de la compañía es la misma que encabeza los procesos de mantenimiento, facilitando la comunicación entre las dos áreas involucradas, el personal técnico y de seguimiento a su vez gracias a haber estado en áreas de proyectos, planeación y soporte técnico logra tener un apoyo de estas para temas de importaciones, presupuestos, pagos y desembolsos los cuales son solicitados por el director de producción lo que hace que la comunicación sea directa entre las áreas.

7.3. Propuestas de Solución

Los planes de acción propuestos como resultados del estudio plasmado en este trabajo, se plantean discriminando las áreas que se verían afectadas.

7.3.1. Área de talento humano.

Para disminuir los desperdicios de talento humano y comunicación, se plantea programar periódicamente, cada tres meses, capacitaciones al personal encargado de realizar los

mantenimientos preventivos y correctivos de las máquinas, como también difundir a un mayor número de personal el conocimiento de estos procedimientos, independientemente de no estar a cargo de los mantenimientos, así se evita demoras en estos cuando el personal a cargo no se encuentre disponible.

7.3.2. Área de mantenimiento.

Para el proceso de conformación de esta área, es recomendable generar manuales de procesos y usuarios, indicando los pasos detallados de cada uno de los mantenimientos necesarios de cada máquina, las herramientas que se deben usar, los tiempos máximos y mínimos que deben tomar y los repuestos necesarios. Así mismo se deben generar indicadores que permitan evidenciar las fortalezas del área y las posibilidades de mejora.

Del mismo modo, basados en el análisis financiero, donde se plantean los costos en los que incurre la empresa al no tener stock de repuestos al momento de realizar mantenimientos correctivos y generar una para de la maquina averiada, se ve la necesidad de tener este stock, disminuyendo en un 96% los costos por tiempos de espera. Con base en el análisis financiero que se especificará más adelante, se recomienda generar un stock de repuestos, con esto se reduce en \$34.538.398 los desperdicios por esperas generados al momento de esperar por los repuestos para realizar los mantenimientos correctivos.

7.4. Resultados Esperados

Con el análisis de los desperdicios presentados por mantenimiento realizado en este trabajo, y la implementación de las propuestas, se espera disminuir en, por lo menos, un

50% los desperdicios generados por el proceso de mantenimiento, siendo los reprocesos por comunicación, talento humano y los tiempos de espera por falta de stock. Esta reducción de los desperdicios, como se puede ver en el capítulo “Análisis financiero”, se espera que impacte considerablemente en los costos futuros generados por mantenimiento en la empresa Industrias Ectricol.

8. Fuentes de Obtención de la Información

8.1. Fuentes Primarias

La información recolectada durante la investigación realizada en la empresa Industrias Ectricol S.A.S, incluyendo datos formales e informales, fue recolectada por medio del personal que está involucrado con los procesos de mantenimiento y producción, principalmente el director de producción, el técnico de mantenimiento, los operadores de las máquinas y los proveedores de las refacciones e insumos.

8.2. Fuentes Secundarias

Como fuentes secundarias se tomaron los datos de libros, archivos físicos, archivos en medios magnéticos, facturas, entre otras, documentación que sirven de apoyo para poder hacer el seguimiento a la investigación.

9. Análisis Financiero

En el análisis financiero podemos determinar los costos en los que está incurriendo la compañía al no tener un stock de repuestos críticos para las máquinas Punzonadora Amada AE-2510 y Punzonadora Amada Apelio II, de esta forma podemos determinar la necesidad de este proceso. Los datos mostrados en el análisis son equivalentes para las dos máquinas; los valores mostrados hacen referencia a los costos generados por la falla de una de las máquinas.

Tabla 2
Análisis financiero de la producción

Ítem	Cuantificación
Producción de Tableros 2015	1691
Valor de Venta Promedio	\$17.000.000
Ventas Anuales	\$28.747.000.000
Producción Diaria	6,71
Producción Hora	0,75
Valor Diario Ventas	\$114.075.397
Valor Hora	\$12.810.606
Tiempo de Para por Espera Anual	100 horas
Tiempo de Para Mes	8,33 horas
Tiempo de Para Día	0,4 horas
Tiempo de Para Hora	0,04 horas
Valor Tiempo de Para Anual	\$1.281.060.606
Valor Tiempo de Para Mes	\$106.755.051
Valor Tiempo de Para Día	\$5.083.574
Valor Tiempo de Para Hora	\$571

Tabla 3
Tiempo de trabajo

Item	Cuantificación
Días Laborales Año	252
Días Laborales Mes	21
Horas Anuales	2244
Horas Mes	187
Horas Diarias	8,9

Tabla 4
Tiempo de mantenimiento

Item	Cuantificación
Horas de cambio de piezas	2,5
Horas de espera de repuestos	63

Tabla 5
Valor promedio de repuestos

Item	Cuantificación
Sensores	\$ 500.000
Otros	\$ 1.500.000

Tabla 6
Resumen de costos

Item	Cuantificación
Mantenimiento con stock	\$ 1.427.207
Mantenimiento sin stock	\$ 35.965.605
Diferencia	\$ 34.538.399

El análisis financiero nos muestra que el costo del mantenimiento actualmente es de \$ 383,759.98 diarios, teniendo en cuenta que las paradas se presentan cada 3 meses en promedio.

Con una inversión aproximada de \$5'000,000, esta se recuperaría en un promedio de 12 días, de esta manera es factible económicamente esta implementación disminuyendo las pérdidas a \$15.858 diarios.

10. Talento humano

Dentro del proceso de mantenimiento de la compañía, los aportes de personal son muy pocos ya que en el momento la persona encargada de la dirección del proceso de producción es la que está encargada de hacer el organigrama de mantenimiento, lo que genera que este no se haga con constancia debido a que su función principal es la de producción y no el mantenimiento. Para la parte técnica del mantenimiento de la compañía hay una persona encargada quien es la que en el último año ha estado totalmente enfocada en mantenimiento y ha venido haciendo la compilación de la información, búsqueda de históricos de fallas y de repuestos, esto adicional a estar al pendiente de las novedades que presenten los equipos de la compañía y las diferentes áreas dentro de la producción.

Para manejar las tareas de alta complejidad o en la que se necesita un respaldo de personal se hacen revisiones de qué personal se puede sacar de su área de producción y darla como apoyo a las tareas de mantenimiento, en la mayoría de los casos el personal que se está encargando de toda esta parte son los operarios de las máquinas que presentan los fallos.

Para lograr darle solución a los requerimientos de mantenimiento de la compañía se necesita que se haga un refuerzo de personal para el área de mantenimiento, esto para que se pueda dar una respuesta oportuna a los requerimientos de la compañía y así mismo no se entorpezcan los procesos productivos al tener que sacar personal de estos, a su vez, surge la necesidad de tener un líder de mantenimiento que solo este para el área, esto para que se puedan generar los planes de mantenimiento y se puedan hacer los seguimientos y mejoras de las mismas al atacar los diferentes procesos que están faltando en la compañía.

11. Conclusiones y recomendaciones

11.1. Conclusiones

- De acuerdo a los datos encontrados dentro del análisis de desperdicios en la empresa Ectricol S.A.S, el desperdicio que más genera costos y retrasos para los procesos productivos de la compañía son los tiempos muertos o de paradas y las esperas en reparaciones y tránsito de repuestos.
- Debido a que no hay un departamento de mantenimiento establecido en la compañía se están generando reprocesos y tiempos de parada más largos, lo cual se está reflejando en sobrecostos y atrasos de los procesos productivos de la empresa.
- Los procesos de adquisición de repuestos presentan muchas pérdidas de tiempos e inversiones más altas debido a la falta de un stock de repuestos, por lo que es primordial la adjudicación de un almacén de repuestos, que maneje un stock de acuerdo a lo que se recomienda.
- Se está generando aumento en cuanto a calidad en producción debido a que al no tener un programa de seguimiento de fallas y un deficiente mantenimiento preventivo no hay como respaldar la productividad de la empresa y esto genera que la confiabilidad del sistema productivo se pierda.
- La falta de personal en el área de mantenimiento hace que las soluciones de los requerimientos del área no sean tan efectivos y más aún se entorpezcan las actividades de otras áreas, con lo que los costos de mantenimiento son altos, así como los tiempos de respuesta del mismo son muy lentos por lo que se requiere no solo más personal sino a su

vez personal más calificado para así poder organizar un departamento de mantenimiento que pueda atender todos los requerimientos que tiene la empresa.

12. Bibliografía

- Amendola, L. (s.f.). *Retorno de inversión en la gestión de activos "Maintenance balanced scorecard"*. España.
- Arrieta, J., Botero, V., & Romano, M. (2010). *Benchmarking sobre manufactura esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia*. Lima: Universidad ESAN.
- Ballesteros, P. (2008). *Algunas reflexiones para aplicar la manufactura esbelta en empresas colombianas*. Pereira: Universidad tecnológica de Pereira.
- Bounine, J., & Suzaki, K. (1989). *Producir just in time. Las fuentes d la productividad japonesa*. Barcelona: Masson.
- Cano, A. (2009). *Aumento de la capacidad instalada de producción en una planta de Engobes Cerámicos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Castillo, O., & Espinel, L. (2014). *Diseño de una propuesta de mejora de la línea de producción en Siemens Manufacturing S.A, caso: soldadura de tanques SDT monofásicos*. Bogotá: Universidad ECCI.
- Crespo, A., & Gupta, J. N. (2005). Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars. *Omega*.
- Cruelles Ruiz, J. A. (s.f.). *Despilfarro cero*. Marcombo, S.A.
- Edward, J. H. (2003). *Justo a tiempo: la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Norma.
- Eti, M. C., Ogaji, S. O., & Probert, S. D. (2006). *Strategic maintenance management in Nigerian Industries*. Applied Energy.

- González, L. (2013). *Propuesta para la utilización de lean manufacturing en el centro de distribución nacional de la empresa Hyundai Colombia Automotriz S.A.* Bogotá: Universidad ECCI.
- Hernandez, J., & Vizan, A. (2013). *Lean manufacturing, conceptos, técnicas e implementación.* Madrid: Escuela de organización industrial.
- Jones, D., & Womack, J. (2005). *Lean thinking: cómo utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa.* España: Gestio 2000.
- Lillian, P. (s.f.). *Lean manufacturing, manufactura esbelta ágil.*
- Luxhej, T. (1997). *Trends and perspectives in industrial.* Journal of manufacturing systems.
- Maldonado, V. (2008). *Herramientas y técnicas lean manufacturing en sistemas de producción y calidad.* México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- McCarthy, D. (2004). *Lean TPM a blue print for change.* Oxford: Elseiver.
- Nakajima, S. (2002). *Mantenimiento productivo total.* España: Tecnologías de gerencia y producción.
- O'Donoghue, C., & Prendergast, J. (2004). *Implementation and benefits of introducing a computerised maintenance.* Journal of Materials Processing Technology.
- Oyebisi, T. O. (2000). *On reliability and maintenance management of electronic equipment in the tropicos.* Technovation.
- Reliabilityweb. (2015). Obtenido de <http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de-mantenimiento>
- Sachiko, N. (2014). *Costos y desperdicios de materiales.* Instituto universitario politécnico "Santiago Mariño".

- Sacristán, F. (2005). *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial . (2007). Gestión de mantenimiento. En *Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo*. Lima: SENATI.
- Taiichi, O. (1991). *El sistema de producción Toyota*. Barcelona: Gestión 2000.
- Torres, J. (2010). *Lean production: cómo llegar a ser lean sin mucho esfuerzo*. Toluca, México: Campus Toluca.
- Torres, L. D. (2005). *Mantenimiento, su implementación y gestión*. Argentina: Universitas.
- Urian, M. A. (2013). Modelo del costo del desperdicio aplicado a procesos de manufactura. *Dirección de posgrado Universidad ECCI, 2-3*.
- Valencia, C. (2010). *Modelos de optimización para la minimización de desperdicios industriales: una aplicación*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Womack, J. (2007). *The machine that changed the world*. New York: Free Press.