



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA
LA DISMINUCIÓN DE LA CANTIDAD DE LAS PARADAS PRINCIPALES Y
AUMENTO DEL TIEMPO MEDIO ENTRE ELLAS EN UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE CIGARRILLOS
UBICADA EN CARACAS PARA EL AÑO 2018”**

TOMO I

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR Tassinari Carlo, Giovanna Sofía

PROFESOR GUÍA Ing. Ribis, Sebastián

FECHA Caracas, Octubre de 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA
LA DISMINUCIÓN DE LA CANTIDAD DE LAS PARADAS PRINCIPALES Y
AUMENTO DEL TIEMPO MEDIO ENTRE ELLAS EN UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE CIGARRILLOS
UBICADA EN CARACAS PARA EL AÑO 2018”**

**Este jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo, ha evaluado su contenido
con el resultado:.....**

Firma: _____ Firma: _____ Firma: _____

Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____

REALIZADO POR Tassinari Carlo, Giovanna Sofia
PROFESOR GUÍA Ing. Ribis, Sebastián
FECHA Caracas, Octubre de 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA LA DISMINUCIÓN DE LA CANTIDAD DE LAS PARADAS PRINCIPALES Y AUMENTO DEL TIEMPO MEDIO ENTRE ELLAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE CIGARRILLOS UBICADA EN CARACAS PARA EL AÑO 2018”

Autor: Tassinari Carlo, Giovanna Sofía

Fecha: Caracas, Octubre de 2018

Sinopsis

El siguiente trabajo fue desarrollado con el propósito de aumentar el tiempo medio entre paradas (MTBF) y la disminución de la cantidad de las mismas de una línea de producción piloto en la empresa manufacturera Cigarrera Bigott Sucs, ubicada en Caracas. Para llevar a cabo su realización, se decidió implementar uno de los pilares de la metodología de IWS (Integrated Work System - Sistema de Trabajo Integrado): Mantenimiento Autónomo. Este pilar es una herramienta que busca aumentar el MTBF de la línea de producción a través de la eliminación o disminución de paradas de los equipos.

Para llevar a cabo la implementación de AM (Autonomous Maintenance - Mantenimiento Autónomo) se realizó un análisis del desempeño de todas las líneas de producción de la fábrica para seleccionar la línea piloto en la cual hubiese mayor área de oportunidad para el desarrollo del proyecto. Luego de seleccionar la línea de producción SD09, se establecieron metas con respecto a las principales paradas que presentaba la línea. De esta manera, se realizó un seguimiento diario de estas tres paradas de manera que se tomaran acciones para reducirlas.

Palabras Clave: Tiempo Medio entre Paradas, Sistema de Trabajo Integrado, Mantenimiento Autónomo, Eficiencia General de los Equipos, principales paradas.



ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	II
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
LISTA DE ACRÓNIMOS	VIII
INTRODUCCIÓN	9
1 CAPÍTULO UNO: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 Descripción de la empresa	10
1.2 Organigrama de la empresa	10
1.3 Planteamiento el problema.....	12
1.4 Objetivo General	13
1.5 Objetivos Específicos.....	13
1.6 Alcance.....	14
1.7 Limitaciones.....	15
2 CAPÍTULO DOS: MARCO DE REFERENCIA	16
2.1 Antecedentes.....	16
2.2 Definiciones Generales	17
2.2.1 Definiciones para IWS	18
3 CAPÍTULO TRES: MARCO METODOLÓGICO	22
3.1 Tipo de investigación	22
3.2 Enfoque de la investigación.....	22
3.3 Nivel de la investigación.....	22
3.4 Diseño de la investigación	23
3.5 Unidad de Análisis	23
3.6 Población y Muestra.....	23
3.7 Operacionalización de las variables	24
3.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.8.1 Entrevista no estructurada	25
3.8.2 Observación.....	26



3.8.3	Software ISISnet.....	26
3.9	Fases de la investigación.....	26
3.9.1	Fase uno: Recolección y análisis de data para la selección de la línea de producción piloto 27	
3.9.2	Fase dos: Estudio del funcionamiento de la línea de producción y de su mantenimiento actual.....	28
3.9.3	Fase tres: Establecimiento de línea base y metas a cumplir.....	28
3.9.4	Fase cuatro: Identificación de las causas raíz de las principales paradas de la línea de producción.....	28
3.9.5	Fase cinco: Planificación de las actividades y estructuración de personal	28
3.9.6	Fase seis: Implementación del plan de mantenimiento autónomo	29
3.9.7	Fase siete: Evaluación de resultados	29
4	CAPÍTULO CUATRO: DESARROLLO DE LAS FASES DE INVESTIGACIÓN	31
4.1	Recolección de data.....	31
4.2	Análisis de data.....	31
4.3	Selección Línea piloto.....	32
4.4	Máquinas que componen la línea de producción	34
4.4.1	Parte elaboradora de la línea	34
4.4.2	Parte empaquetadora de la línea	35
4.5	Mantenimientos que se llevan a cabo actualmente	36
4.6	Paradas principales de la línea de producción	36
4.7	Determinación de metas a cumplir.....	38
4.8	Planificación de las actividades a ejecutar.....	39
4.8.1	Estructuración de recursos humanos	40
4.9	Implementación del programa de mantenimiento autónomo	43
4.9.1	Paso 1 de Mantenimiento Autónomo: Limpiar para encontrar defectos.....	43
4.9.2	Paso 2 de Mantenimiento Autónomo: Comprender defectos en su origen.....	52
5	CAPÍTULO CINCO: ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
5.1	Disminución de la cantidad de las principales paradas.....	55
5.1.1	Ausencia de Cigarrillos en la Tolva.....	55
5.1.2	Atasco de Canal Central	56
5.1.3	Rotura de Mecha.....	57



5.2	Manejo de Defectos para cada parada.....	58
5.2.1	Ausencia de Cigarrillos en la Tolva.....	58
5.2.2	Atasco de Canal Central.....	59
5.2.3	Rotura de Mecha.....	60
5.3	Indicadores principales.....	60
5.3.1	Tiempo Medio Entre Paradas (MTBF).....	61
5.3.2	Eficiencia General de Equipo (OEE).....	62
5.3.3	Duración promedio CIL.....	63
5.4	Evaluaciones del equipo.....	63
6	CAPÍTULO SEIS: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
6.1	Conclusiones.....	66
6.2	Recomendaciones.....	67



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Organizacional de Cigarrera Bigott.....	2
Figura 2. Estructura Organizacional de la Dirección de Operaciones de Cigarrera Bigott	3
Figura 3. Estructura Organizacional de la División de Manufactura Secundaria.....	3
Figura 4: Fases de la investigación.....	19
Figura 5. Loss Tree Elaboración trimestral de la línea SD09 para los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre.....	31
Figura 6. Esquema de la línea de producción.....	33
Figura 7. Imagen de la tolva.....	36
Figura 8. Imagen de varilla de tabaco.....	37
Figura 9. Estructura personal AM.....	39
Figura 10. Pizarra de AM para SD09.....	42
Figura 11. Formato de Análisis del Punto de Trabajo.....	46
Figura 12. Formato Manejo de Defectos.....	48
Figura 13. Formato Formulario de Cambio.....	49
Figura 14. Matriz de fuentes de contaminación.....	52
Figura 15. Matriz de áreas de difícil acceso.....	53
Figura 16. Gráfico evolutivo para ACT.....	54
Figura 17. Gráfico evolutivo para ACC.....	55
Figura 18. Gráfico evolutivo para RdM.....	56
Figura 19. Gráfico Defectos Encontrados vs. Defectos Resueltos para ACT.....	57
Figura 20. Gráfico Defectos Encontrados vs. Defectos Resueltos para ACC.....	58



Figura 21. Gráfico Defectos Encontrados vs. Defectos Resueltos para RdM.....	59
Figura 22. Gráfico evolutivo MTBF.....	60
Figura 23. Gráfico evolutivo del OEE.....	61
Figura 24. Evolución de la duración promedio del CIL.....	62



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de acrónimos utilizados en el presente trabajo.....	VIII
Tabla 2. Antecedentes al trabajo especial.....	8
Tabla 3. Operacionalización de las variables.....	16
Tabla 4. Comparación de las líneas de producción en base a sus principales indicadores.....	32
Tabla 5. Línea Base de indicadores para pautar las metas de AM.....	37
Tabla 6. Metas para cada uno de los pasos de AM.....	38
Tabla 7. Dueños de equipo SD09.....	41
Tabla 8. Resultados evaluación Step Up Cards y Auditorías de dueños de equipo.....	63



LISTA DE ACRÓNIMOS

Tabla 1. Lista de acrónimos utilizados en el presente trabajo.

Acrónimo	Inglés	Español
BAT	British American Tobacco	Tabaco Británico-Americano
SMD	Secondary Manufacturing Division	División de Manufactura Secundaria
PMD	Primary Manufacturing Division	División de Manufactura Primaria
IWS	Integrated Work System	Sistema de Trabajo Integrado
AM	Autonomous Maintenance	Mantenimiento Autónomo
MTBF	Mean Time Between Failures	Tiempo Medio Entre Paradas
MTTR	Mean Time To Repair	Tiempo Medio de Reparación
OEE	Overall Equipment Efficiency	Eficiencia General de Equipos
DDS	Daily Direction Setting	Sistema de Dirección Diaria
CL	Centerline	Ajuste Estándar
CIL	Clean, Inspect and Lubricate	Limpieza, Inspección y Lubricación
DH	Defect Handling	Manejo de Defectos
DMS	Daily Management Systems	Sistema de Seguimiento Diario
OPL	One Point Lesson	Lección de un Punto
PDT	Planned Downtime	Paradas Planificadas
UPDT	Unplanned Downtime	Paradas No Planificadas
LT	Loss Tree	Árbol de pérdidas
FMD	Filter Manufacturing Division	División de Manufactura de Filtros
LST	Line Structure Team	Estructura de Equipo de Celda

Fuente: Elaboración propia



INTRODUCCIÓN

En el mundo actual existe la innovación constante de productos y procesos en el mercado, es por esto que las empresas buscan satisfacer las necesidades de sus consumidores de la manera más rápida y eficiente posible. Debido a esto, se busca desarrollar estrategias globales que permitan colocar a las empresas en el puesto número uno de su categoría a nivel mundial.

Siguiendo una cultura de mejora continua, Cigarrera Bigott tiene como visión guiar sus acciones para convertirse en una empresa única con respecto a sus competidores. Es por esto que BAT adquiere la metodología de Integrated Work System (IWS) para incrementar su competitividad a nivel mundial. Éste es un sistema de manufactura integrado basado en un conjunto de políticas, comportamientos y herramientas bajo la filosofía de Manufactura Esbelta, la cual, según Belohlavek (2006) consiste en “eliminar todos los desperdicios, eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio o proceso”. A través de esta metodología, se busca incrementar la eficiencia de las líneas de producción de Cigarrera Bigott.



1 CAPÍTULO UNO: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la empresa

Cigarrera Bigott Sucs es una empresa que, desde el año 1921, ha sido líder en el mercado de cigarrillos de Venezuela, perteneciente al grupo British American Tobacco (BAT), grupo multinacional cuya casa matriz se encuentra en Londres, la cual comercializa más de 250 marcas en 180 países, teniendo liderazgo en el mercado de, aproximadamente, 60 países y empleando a más de 55mil personas entre todas sus sedes.

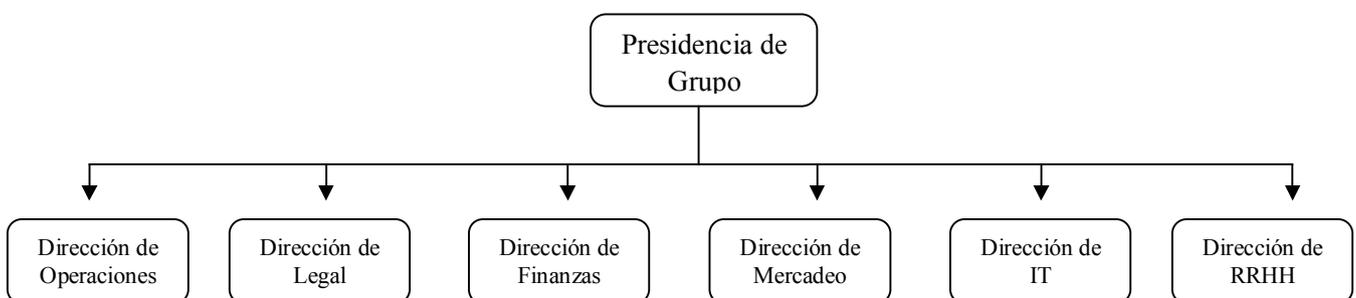
Cigarrera Bigott se especializa en la manufactura y comercialización de cigarrillos de alta calidad en distintas presentaciones y formatos. Entre sus principales marcas se encuentran: Belmont, Pall Mall, Universal y Lucky Strike.

En la Dirección de Operaciones se encuentra la División de Manufactura Primaria (PMD) y División de Manufactura Secundaria (SMD). PMD se encarga de procesar la materia prima, el tabaco y preparar las recetas específicas de cada una de las marcas de cigarrillos. Posteriormente, el tabaco ya preparado es enviado a SMD para que inicie la elaboración del cigarrillo en sí y su empaquetamiento.

Este trabajo se llevará a cabo en el edificio Bigott, ubicado en la Avenida Francisco de Miranda, Los Ruices, Caracas. Específicamente, se llevará a cabo en la División de Manufactura Secundaria.

1.2 Organigrama de la empresa

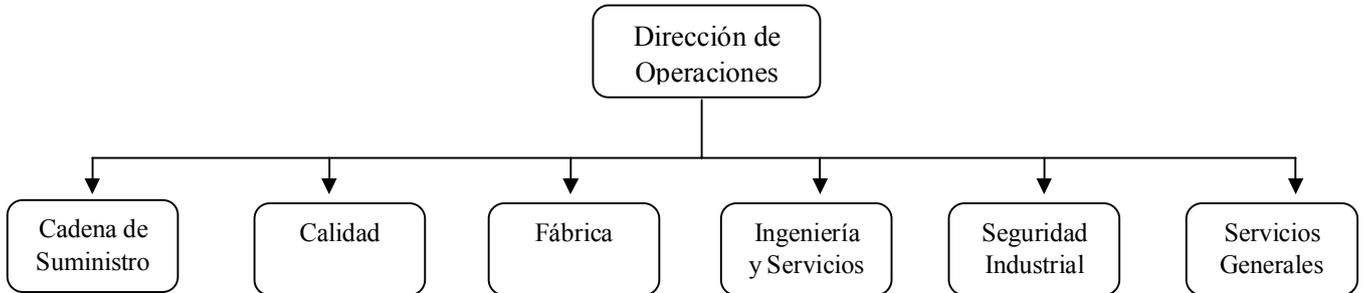
Figura 1. Estructura Organizacional de Cigarrera Bigott



Fuente: Archivos Bigott

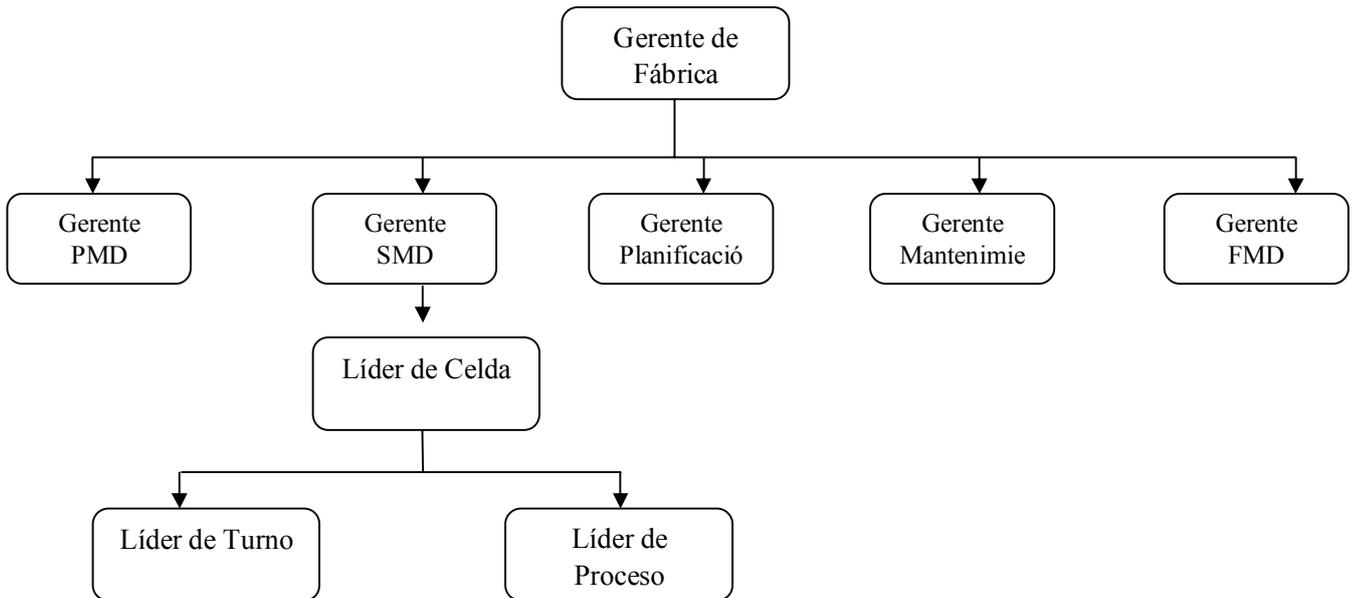


Figura 2. Estructura Organizacional de la Dirección de Operaciones de Cigarrera Bigott.



Fuente: Archivos Bigott

Figura 3. Estructura Organizacional de la División de Manufactura Secundaria.



Fuente: Archivos Bigott



1.3 Planteamiento el problema

Cigarrera Bigott ha adquirido la metodología de IWS para mejorar sus procesos corporativos, al igual que crear una diferenciación en el mercado mundial tabacalero. Actualmente, la metodología ha sido implementada en todas las líneas de producción de la División de Manufactura Secundaria (SMD), División de Manufactura Primaria (PMD), División de Manufactura de Filtros (FMD), Departamento de Calidad y Departamento de Supply.

Los lineamientos de la metodología de IWS establecen que su implementación se lleva a cabo a partir de la instalación de sus pilares y, a través de ellos, el despliegue de los DMS de cada uno. A pesar de haber abarcado la mayoría de las áreas de la Dirección de Operaciones de la empresa, no se ha podido implementar los pilares de la metodología en su totalidad. Uno de los pilares que conforman esta metodología que no ha sido implementado todavía es el de Mantenimiento Autónomo, el cual, a través de limpiezas planificadas, estandarización de procesos y eliminación de defectos, tiene como meta regresar las máquinas a sus condiciones originales.

En la División de Manufactura Secundaria, Cigarrera Bigott consta de nueve líneas de producción en funcionamiento encargadas de fabricar los cigarrillos de cada marca. Cada máquina consta de dos partes: parte elaboradora (donde se forma el cigarrillo) y parte empaquetadora (donde se colocan los cigarrillos en sus cajas respectivas y son envueltas en plástico polipropileno posteriormente). La línea de producción presenta alrededor de 250 paradas al día causadas por pequeños defectos o fallas que traen como consecuencia el detenimiento de la producción por tiempos determinados, lo que produce una disminución en el volumen de producción final y la necesidad de técnicos especializados que conozcan las causas de las paradas y la solución a éstas. Estos defectos son producto de posiblemente una mala limpieza y lubricación de la máquina, un desajuste de piezas o tabaco mal condicionado.

Por lo comentado anteriormente, para Cigarrera Bigott es de suma importancia establecer un proceso que permita eliminar de manera progresiva los defectos que conllevan las paradas de la producción. A pesar de ya poseer un plan de mantenimiento programado que se realiza tres veces al día en cada una de las líneas de producción y un plan de mantenimiento preventivo realizado una vez al mes, se busca desarrollar un plan de mantenimiento autónomo para obtener mejoras



significativas en las condiciones de las líneas de producción. Por lo tanto, el presente informe tiene como objetivo implementar un procedimiento de mantenimiento autónomo en una línea de producción piloto que permita responder la siguiente pregunta: ¿Cómo se debe gestionar un programa de mantenimiento autónomo en las líneas de producción de Cigarrera Bigott para poder obtener un mejor funcionamiento éstas?

1.4 Objetivo General

Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo para la disminución de la cantidad de las paradas principales y aumento del tiempo medio entre ellas en una línea de producción de una empresa manufacturera de cigarrillos ubicada en Caracas para el año 2018.

1.5 Objetivos Específicos

1. Analizar el desempeño de todas las líneas de producción operativas de Bigott Planta Caracas basándose en su rendimiento (OEE), cantidad de paradas promedio por día y tiempo medio entre paradas (MTBF) para establecer la línea de producción piloto en la que se implementará el mantenimiento autónomo.
2. Analizar las máquinas de producción en cuanto a su modo de operación, funcionamiento y mantenimientos.
3. Caracterizar las principales paradas de cada máquina de acuerdo con el tipo de falla, frecuencia y duración.
4. Explicar las causas de las fallas que generan mayor impacto en el rendimiento de la línea de producción y el proceso productivo de la fábrica.
5. Diseñar actividades específicas para la línea de producción piloto basadas en los lineamientos del mantenimiento autónomo para la metodología de IWS para la eliminación de las causas de las principales fallas contempladas.
6. Planificar la implementación de las acciones propuestas en términos de directrices, recursos y tiempo.
7. Evaluar los resultados de la implementación del mantenimiento autónomo basándose en las mejoras de los indicadores OEE, número de paradas y MTBF.



1.6 Alcance

El presente Trabajo de Grado será desarrollado en Cigarrera Bigott Sucs, incidiendo en la planta situada en la Avenida Francisco de Miranda, Los Ruices, Caracas que posee la organización, específicamente en la División de Manufactura Secundaria, Departamento de Operaciones y tendrá una duración de elaboración aproximada de (10 meses).

El estudio de investigación comprenderá en estudiar los procesos actuales de la gestión de mantenimiento de la organización, así como las variables que influyen en él, como son: el tiempo medio entre paradas (MTBF), el rendimiento del módulo piloto (OEE), los defectos que causan las principales paradas de la máquina y el entrenamiento de los técnicos de máquina. Con el propósito de implementar un plan de mantenimiento autónomo que resulte en una mejora en los indicadores antes mencionados, en pro de mejorar el funcionamiento de la línea de producción junto con incrementar la producción de la fábrica.

Los resultados obtenidos en ese proyecto serán:

- Esquema gráfico de los equipos que componen la línea de producción
- Cuadro comparativo basado en el OEE, MTBF y cantidad de paradas para identificar la línea de producción más crítica.
- Cuadro comparativo para determinar las metas de cada una de las principales paradas por Paso de AM.
- Gráficos evolutivos para cada una de las principales paradas
- Gráficos evolutivos para el manejo de defectos por parada principal
- Gráficos evolutivos para los principales indicadores estudiados
- Cuadro comparativo con resultados obtenidos de las evaluaciones al equipo de trabajo
- Diagrama de Gantt para determinar esquema de actividades planificadas.
- Cuadro con miembros del equipo de trabajo y asignación de equipo del que serán dueños



1.7 Limitaciones

- Para el presente Trabajo de Grado se tiene como principal limitación el cambio cultural que implica el entrenamiento de los técnicos hacia la metodología. Los trabajadores deben cambiar la forma de hacer las tareas rutinarias e implementar nuevas tareas.
- Para el análisis respectivo de las líneas de producción se necesita del Software ISISNET el cual se desconecta de vez en cuando y no hay data disponible para ese período de tiempo.
- Se suelen llevar a cabo mantenimientos no planificados dependiendo del requerimiento de la línea de producción para cada semana, presentando dificultad en el análisis de la rutina de mantenimientos.
- En el caso de necesitar repuestos para la máquina, la situación del país puede obstruir en el proceso de encontrarlos, impidiendo el perfecto funcionamiento de las máquinas.
- Para que se pueda obtener resultados positivos, debe haber colaboración por parte del resto de las áreas de la fábrica (División de Manufactura Primaria, equipo de mantenimiento, departamento de calidad), ya que un defecto en la materia prima puede traer gran cantidad de paradas en las líneas de producción de la fábrica secundaria.
- El esquema de actividades puede variar según las necesidades de la fábrica.



2 CAPÍTULO DOS: MARCO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes

BAT es una de las muchas compañías que se encontró en la necesidad de cambiar los lineamientos por los cuales se regía para desarrollar una empresa “esbelta”. La manufactura esbelta surgió a mediados del siglo XX cuando la empresa automotriz Toyota comenzó a implementar sus técnicas. A partir de ese momento, las compañías que utilizaban este método de producción comenzaron a demostrar un incremento notable en su productividad.

A raíz de esto, la empresa manufacturera de bienes de servicio, Procter & Gamble, crea la metodología de IWS basada en Manufactura Esbelta para implementarla en su departamento de producción. En el año 2015, BAT decide iniciar la implementación de esta metodología con el propósito de involucrar a todo su personal en el desarrollo de sistemas de mejora continua, y de esta manera incrementar su posición en el mercado mundial.

Se utilizaron tres trabajos de grado como apoyo para la elaboración de la estructura del presente trabajo especial y para alcanzar el entendimiento de cierta terminología en relación al marco metodológico.

Tabla 2. Antecedentes al trabajo especial.

No.	Título	Área de estudio, autor y tutor	Institución	Objetivo	Año	Aporte
1	Propuesta de mejoras a las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores de un supermercado situado en el sur este de Caracas, para el año 2018	Ingeniería Industrial Autor: Calderón, Alejandra Cani, William Tutor: Ing. Guevara, José	UCAB	Proponer mejoras a las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores de un supermercado situado en el sur este de Caracas, para el año 2018	2018	Componentes tabla de operalización de las variables
2	Propuesta de un plan de mantenimiento para los equipos que integran los sistemas vitales de una institución hotelera	Ingeniería Industrial Autor: Ferreira M. Alexandra Rodríguez C. María Fernanda	UCAB	Proponer un plan de mantenimiento para los equipos que integran los sistemas vitales de una institución	2011	Definiciones que componen marco metodológico



	ubicada en Caracas	Tutor: Ing. Ribis, Sebastián		hotelera en Caracas		
3	Propuesta de un plan de mantenimiento de instalaciones y equipos de una empresa renovadora de neumáticos basados en el modelo de mantenimiento preventivo planificado (MPP)	Ingeniería Industrial Autor: Agostini, Luis D. Bermudez, Luis E. Tutor: Ing. Ribis, Sebastián	UCAB	Proponer un plan de mantenimiento de instalaciones y equipos de la empresa renovados del centro C.A., basado en el modelo de mantenimiento preventivo planificado (MPP)	2006	Estructura trabajo de grado sobre mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

2.2 Definiciones Generales

Manufactura Esbelta: Filosofía de producción que hace énfasis en la minimización de la cantidad de recursos (incluyendo el tiempo) usados en las diferentes actividades de una organización. Incluye la identificación y eliminación de todas aquellas actividades que no agreguen valor al proceso productivo, de diseño o de gestión de la cadena de suministro. (Diccionario APICS 2014)

Mantenimiento: Conjunto de técnicas que tienen por objeto conseguir una utilización óptima de los activos productivos, conservándolos en el estado que requiere una producción eficiente con unos gastos mínimos. Preciado (2006)

Mantenimiento Autónomo: Enseñar a los operarios cómo mantener sus equipos por medio de la realización de chequeos diarios, lubricación, reposición de elementos, reparaciones, chequeos de precisión y otras tareas de mantenimiento, incluyendo la detección temprana de anomalías. (Shirose, 2000)

Línea de producción: Es un conjunto de sistemas de manufactura secuenciales que permiten la transformación de la materia prima a un producto terminado a través de la optimización de los procesos.



Tiempo Medio entre Paradas (MTBF): Tiempo promedio entre cada ocurrencia de una parada específica por fallo o avería de un proceso.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo Total Operativo} - \textit{Tiempo equipo detenido}}{\textit{Número total de fallas}}$$

Fuente: Elaboración Propia

Tiempo Medio de Reparación (MTTR): Tiempo promedio requerido para reparar un equipo, componente o pieza del equipo para que éste regrese a su funcionamiento regular.

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de mantenimientos correctivos}}{\textit{Número total de mantenimientos correctivos}}$$

Fuente: Elaboración Propia

Eficiencia General del Equipo (OEE): Indicador clave que mide la eficiencia y desempeño de los equipos en las fábricas de BAT. Comunica los resultados de desperdicios, estancamientos del proceso y rendimiento de las operaciones en la planta.

$$OEE = \frac{\textit{Velocidad Real}}{\textit{Velocidad a Ideal}} \times \frac{\textit{Tiempo en funcionamiento}}{\textit{Tiempo disponible}} \times \frac{\textit{Cigarrillos sin defectos}}{\textit{Cigarrillos producidos}}$$

Fuente: Elaboración Propia

2.2.1 Definiciones para IWS

Integrated Work System (IWS): Metodología desarrollada por la empresa manufacturera de bienes Procter & Gamble, basada en la Manufactura Esbelta. Busca la eliminación continua de pérdidas a través de la implementación de sus doce pilares: Educación y Entrenamiento, Red de Suministros, Salud, Seguridad y Ambiente, Organización, Mantenimiento Autónomo, Gestión de Iniciativa, Gestión Empresarial, Mejora del Proceso de Trabajo, Mejora Focalizada, Calidad, Liderazgo y Mantenimiento Progresivo

Mantenimiento Autónomo (AM): Forma parte de los doce pilares que conforman la metodología de IWS. Busca operar las líneas de producción con cero defectos sin intervención



externa. AM es el mecanismo principal para construir capacidades en los equipos de trabajadores. Su objetivo principal es la disminución del Tiempo Medio Entre Paradas de la línea de producción a través de la eliminación de los defectos que provocan las paradas. El programa está conformado por tres pasos que deben implementarse:

- Paso 1: se basa en la limpieza profunda de los equipos de la línea de producción para tener mejor visibilidad a la hora de inspeccionar los equipos en busca de defectos que generen paradas.
- Paso 2: busca comprender el origen de los defectos encontrados en Paso 1 para llevar a cabo su eliminación.
- Paso 3: se crean estándares en la limpieza y lubricación de los equipos para reducir el tiempo que toma realizar estas tareas y evitar la aparición de nuevos defectos.

Paradas Planificadas: Corresponden a detenciones planificadas de las líneas de producción que se llevan a cabo para realizar mantenimientos preventivos, pruebas de materiales ó cambios de marca de la producción.

Paradas No Planificadas: Detenciones no planificadas de los equipos producto de fallas o defectos.

Defecto: Falla que puede presentar los equipos que conforman la línea de producción que ocasiona el detenimiento de la misma.

Software ISISnet: Programa utilizado en Cigarrera Bigott que se encarga de registrar volumen alcanzado, paradas planificadas, paradas no planificadas y tiempo de duración de éstas para cada línea de producción.

Celda (Line): Grupo de líneas de producción. Existen dos: Celda 1 compuesta por las líneas SD04, SD05, SD06, SD07 y SD08 y Celda 2 compuesta por SD01, SD02, SD03 y SD09.

Sistema de Dirección Diaria (DDS): Es una herramienta de gestión en la cual se llevan a cabo reuniones diarias en dónde se analiza el comportamiento del día anterior de cada una de las líneas de producción, específicamente su rendimiento (OEE), volumen alcanzado, cantidad de paradas y surgen planes de acción hacia los defectos encontrados.



Sistema de Seguimiento Diario (DMS): Corresponden a rutinas que se llevan a cabo diariamente para asegurar una mejora mantenida en el proceso productivo. La metodología de IWS posee ocho DMS: Ajuste Estándar (CL), Limpieza, Inspección y Lubricación (CIL), Manejo de Defectos (DH), Planes de Mantenimiento (MPS), Cambios de Marca Rápidos (RCO), Eliminación de Quiebres (BDE), Cambio de Manejo (CM) y Eliminación de Incidentes (IE).

Ajuste Estándar (CL): Sistema que busca la estandarización de los equipos y procesos para controlar y mantener resultados positivos. Se busca configurar los equipos a su estado más óptimo y documentarlo para luego poder regresar a la configuración ideal.

Limpieza, Inspección y Lubricación (CIL): Corresponde al mantenimiento preventivo diario que poseen las máquinas. Se realiza tres veces al día como una “parada planificada” donde los técnicos de máquina llevan a cabo limpiezas, inspecciones y lubricaciones estandarizadas en un tiempo determinado; en el caso de Cigarrera Bigott, estas paradas poseen una duración de treinta minutos.

Manejo de Defectos (DH): Esta actividad tiene como meta identificar aquellos defectos o fallas que producen el detenimiento de la línea de producción, en donde cada parte de la línea (elaboradora y empaquetadora) poseen formatos donde los técnicos de máquina documentan el tipo de defecto para que posteriormente sean estudiados en las reuniones de DDS y se pueda encontrar planes de acción.

Estructura de Equipo de Celda (LST): Está compuesto por el Líder de Celda, Líder de Procesos y Líder de Mantenimiento

Loss Tree (Árbol de pérdidas): Herramienta utilizada para identificar el MTBF, OEE, paradas y volumen semanal para cada línea de producción. Pueden hacerse por semana, mes o trimestre.

Coaches de equipo: Cumple rol de líder en las operaciones de la línea de producción y es el intermediario entre los técnicos de la línea de producción y el LST. Además, se encarga de llevar a la reunión de DDS los puntos pendientes, defectos ó planes de acción que surgieron en el día anterior en la línea para que sean estudiados por los asistentes a la reunión.



Dueños de equipo: Cada técnico perteneciente a la estructura de la línea de producción debe ser dueño de al menos un equipo de la línea. Su responsabilidad es crear nuevos estándares para su equipo (CIL, OPL, defectos) y comunicar al coach el estatus y los resultados obtenidos de su equipo. Este equipo del que son dueños, están directamente relacionados con las tres paradas principales.

Toma de Producción: Registro de volumen producido por turno realizado por los ayudantes de la fábrica.

Horas de descuento: Tiempo que la línea no estuvo requerida en el plan de producción el cual se le resta al volumen de disponibilidad con el que se calcula el OEE.

Lección de un Punto (OPL): Explica el paso a paso para realizar actividades específicas indicando los recursos necesarios correspondientes. Su objetivo es explicar de una manera rápida y sencilla cómo se debe hacer la actividad.



3 CAPÍTULO TRES: MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se establece qué tipo de metodología se utiliza para poder elaborar el presente trabajo de grado. Se especificará el tipo de investigación utilizado, su enfoque, nivel, diseño e instrumentos para la recolección de data necesaria y las fases que se llevaron a cabo para el cumplimiento de los objetivos.

3.1 Tipo de investigación

De acuerdo a los objetivos planteados, el estudio de investigación para este trabajo especial se considera como proyecto factible el cual, según UPEL (2003) es “un estudio que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales”.

3.2 Enfoque de la investigación

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2006) existen tres tipos de enfoques de investigación: cuantitativo, cualitativo y mixto. “En el enfoque cuantitativo los planteamientos a estudiar son específicos y delimitados desde el inicio, las hipótesis se establecen previamente y su meta es la construcción y demostración de teorías”. También nos describen el enfoque cualitativo como: “Busca principalmente dispersión o expansión de los datos e información”. Es por lo explicado anteriormente que en el presente trabajo se utiliza un enfoque mixto.

3.3 Nivel de la investigación

Para la resolución de los objetivos planteados inicialmente se debe identificar el tipo de investigación que se desea realizar. El presente trabajo especial fue desarrollado mediante una investigación aplicada descriptiva y proyectiva ya que se desea obtener resultados a partir de la identificación de los procesos actuales de mantenimiento de una línea de producción para luego poder desarrollar un plan de mantenimiento autónomo.

La investigación aplicada corresponde al estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos; es decir, busca su aplicación inmediata y no el desarrollo de teorías. Según Tamayo y Tamayo (2003), la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos.”. Este tipo de investigación toma en cuenta cómo una persona, grupo o cosa funciona en el presente. Por



otro lado, la investigación proyectiva “consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico” (Hurtado, 2010)

3.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación establece la estrategia a utilizar para lograr los objetivos planteados. En el caso de este trabajo especial, el diseño se clasifica de campo el cual consiste en “la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o ó controlar variable alguna” (Arias, 2006, p.31). De igual manera, este tipo de diseño de investigación admite datos secundarios para la elaboración del marco teórico.

Se pudo evidenciar este tipo de diseño en el presente trabajo debido a que se recolectó la data necesaria directamente de las líneas de producción de la División de Manufactura Secundaria para poder identificar la línea piloto en la cual se iba a desarrollar el plan de mantenimiento autónomo. De igual forma, se analizó la información registrada en el Software ISISnet para poder identificar las paradas principales de la línea de producción y así poder establecer las metas a cumplir.

3.5 Unidad de Análisis

La unidad de análisis se refiere al qué o quién será el objeto de la investigación. Para realizar el estudio sobre el desempeño de la producción de Cigarrera Bigott y poder escoger la línea de producción en donde se implementaría el programa de mantenimiento autónomo, se determinó como unidad de análisis a todas las líneas de producción que conforman la fábrica de elaboración de cigarrillos.

3.6 Población y Muestra

Arias (2006) establece que “una investigación puede tener como propósito el estudio de un conjunto numeroso de objetos, individuos, e incluso documentos. A dicho conjunto se le denomina población”. En el caso del presente trabajo especial, la población a estudiar se clasificaría como finita ya que se conoce la cantidad exacta de unidades que la conforman. Esta es integrada por las nueve (09) líneas de producción presentes en SMD en la planta de Cigarrera Bigott, ubicada en Los Ruices, Caracas.



Para Montgomery y Runger (1996), “una muestra es un subconjunto de observaciones seleccionadas de una población”. Para esta investigación, se considera como muestra a la línea de producción SD09 en donde se implementará el programa de mantenimiento.

3.7 Operacionalización de las variables

Tabla 3. Operacionalización de las variables.

<u>Objetivo General:</u> Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo para la disminución de la cantidad de las paradas principales y aumento del tiempo medio entre ellas en una línea de producción de una empresa manufacturera de cigarrillos ubicada en Caracas para el año 2018.			
<u>Objetivo Específico 1:</u> Analizar el desempeño de todas las líneas de producción operativas de Bigott Planta Caracas basándose en su rendimiento (OEE), cantidad de paradas promedio por día y tiempo medio entre paradas (MTBF) para establecer la línea de producción piloto en la que se implementará el mantenimiento autónomo.			
VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICAS
Desempeño	Análisis	MTBF OEE Volumen producido Cantidad de paradas	Software ISISnet Herramienta para calcular indicadores Cuadro comparativo
<u>Objetivo Específico 2:</u> Analizar las máquinas de producción en cuanto a su modo de operación, funcionamiento y mantenimientos.			
VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICAS
Modo de operación, funcionamiento y mantenimientos	Mantenimientos Preventivos Mantenimientos Programados	Rutinas Tiempo de duración Frecuencia	Observación Contacto directo con equipo de mantenimiento Estudio del CIL
<u>Objetivo Específico 3:</u> Caracterizar las principales paradas de cada máquina de acuerdo con el tipo de falla, frecuencia y duración.			
VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICAS
Principales Paradas	Paradas No Planificadas	Tipo de falla Frecuencia Duración	Software ISISnet Contacto directo con técnicos de máquina Cuadro comparativo
<u>Objetivo Específico 4:</u> Explicar las causas de las fallas que generan mayor impacto en el rendimiento de la línea de producción y el proceso productivo de la fábrica.			
VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICAS
Causas de las fallas	Fallas que generan mayor impacto	Afectación en OEE y MTBF	Loss Tree



Objetivo Específico 5: Diseñar actividades específicas para la línea de producción piloto basadas en los lineamientos del mantenimiento autónomo de la metodología de IWS para la eliminación de las causas de las principales paradas contempladas.			
Variables	Dimensión	Indicadores	Técnicas
Actividades	Actividades basadas en mantenimiento autónomo	Eliminación de principales paradas	Metodología IWS Lineamientos Mantenimiento Autónomo
Objetivo Específico 6: Planificar la implementación de las acciones propuestas en términos de directrices, recursos y tiempo.			
Variables	Dimensión	Indicadores	Técnicas
Acciones propuestas	Acciones propuestas para la eliminación de defectos	Directrices Recursos disponibles Tiempo disponible	Reuniones con líderes y equipo de técnicos
Objetivo Específico 7: Evaluar los resultados de la implementación del mantenimiento autónomo basándose en las mejoras de los indicadores OEE, número de paradas y MTBF.			
Variables	Dimensión	Indicadores	Técnicas
Resultados	Resultados de la implementación de mantenimiento autónomo	OEE MTBF Cantidad de paradas Volumen producido	Software ISISnet Loss Tree Diagramas de rendimiento

Fuente: Elaboración Propia

3.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos para Hernández, Fernández y Baptista (2007) “ocurre en los ambientes naturales y cotidianos de los participantes o unidad de análisis”. Además, considera que el instrumento para ejecutar la recolección de datos es el investigador porque “recoge los datos (él es quien observa, entrevista, revisa documentos, conduce sesiones, etc.)”. En base a esto las técnicas seleccionadas para la recolección de datos fueron: la entrevista y la observación.

3.8.1 Entrevista no estructurada

Bernal (2000) define la entrevista como “una técnica orientada a establecer contacto directo con las personas que se consideren fuente de información. Tiene como propósito obtener información más espontánea y abierta”. En base a lo expuesto anteriormente se puede comprobar que se realizaron entrevistas no estructuradas a los técnicos de cada línea de producción y al



equipo de mantenimiento de SMD para obtener conocimientos sobre el funcionamiento de los equipos en cada línea y las actividades de mantenimiento que reciben.

3.8.2 Observación

Según Arias (2006) la observación “es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. En el caso de este trabajo especial se utilizó la observación estructurada la cual es realizada utilizando una guía diseñada previamente en donde se establecen los elementos que serán observados. Esta técnica fue utilizada al momento de observar cómo los técnicos de máquina realizaban cada una de las actividades establecidas en el CIL, de manera que se pueden generar conclusiones sobre la buena o mala práctica de este DMS y poder tomarlas en cuenta para la estructuración del plan de AM.

3.8.3 Software ISISnet

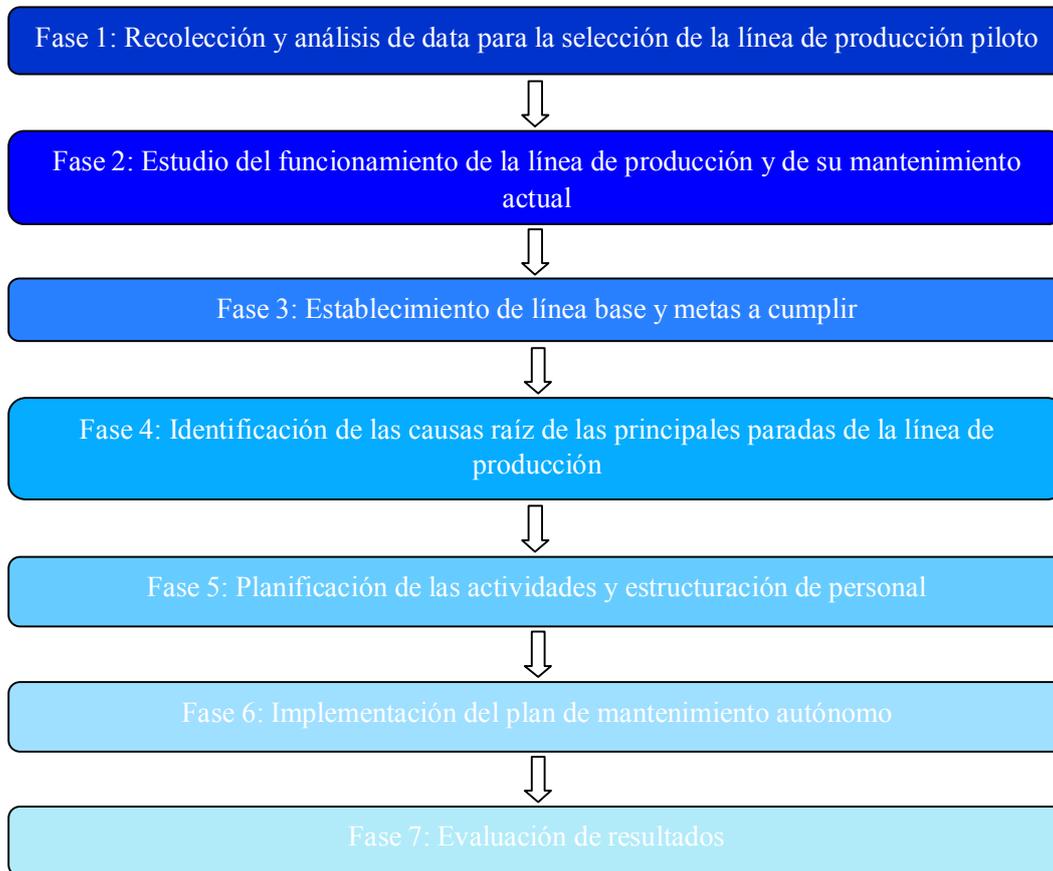
Para la extracción de la data de cada una de las líneas de producción se utilizó el Software ISISnet el cual es un programa conectado a todas las líneas de producción de Cigarrera Bigott en donde se registran cada una de las paradas tanto planificadas como no planificadas que presentan las máquinas. Esta información es descargada y colocada en un archivo de Microsoft Excel en donde, a través de formulaciones, se puede obtener el resultado para el MTBF, cantidad de paradas y principales paradas que presentó cada línea en ese día.

3.9 Fases de la investigación

Para el cumplimiento de los objetivos específicos planteados fue necesario cumplir con cada una de las fases de investigación que se explican a continuación:



Figura 4: Fases de la investigación



Fuente: Elaboración Propia

3.9.1 Fase uno: Recolección y análisis de data para la selección de la línea de producción piloto

Para llevar a cabo la selección de la línea de producción en la cual se implementaría el programa de AM, se realizó un estudio de cada una de las líneas de producción que conforman SMD por medio de la recolección de data que mostraba el desempeño de cada línea para los últimos tres meses. Esto se llevó a cabo con la utilización del software ISISnet el cual registra el número de paradas no planificadas que presenta cada línea en un día de trabajo y la duración de cada una de ellas. Con esta información se puede calcular el MTBF actual que presenta cada línea y, a partir de este, se selecciona la línea que presenta una mayor área de oportunidad para la



mejora de este indicador. Además de esto, se tomó en cuenta el volumen promedio producido diariamente con el cual se logra calcular el OEE para cada línea de producción.

3.9.2 Fase dos: Estudio del funcionamiento de la línea de producción y de su mantenimiento actual

Para poder tener mayor visibilidad de las causas de las paradas de la máquina, se necesita tener conocimiento sobre el funcionamiento de línea de producción, las partes y tipos de máquina que la componen y las actividades de mantenimiento que se están llevando a cabo actualmente.

3.9.3 Fase tres: Establecimiento de línea base y metas a cumplir

Una vez analizada la data recolectada y seleccionada la línea de producción piloto, se identifican las tres principales paradas no planificadas que se presentan, que en el caso de la línea SD09 son: ACT, ACC y RM. A partir de esto, se establece una línea base la cual establecerá el punto de comparación para el resto del desarrollo del proyecto en relación a MTBF, OEE y cantidad de paradas promedio diarias.

Del análisis de la data se pudo identificar un tiempo promedio de duración para la parada planificada que corresponde al CIL, de tal manera que se verifique el cumplimiento de todas las actividades propuestas en el DMS. De igual manera, con la información recolectada se pudo establecer las metas para las tres principales paradas para cada uno de los niveles de AM.

3.9.4 Fase cuatro: Identificación de las causas raíz de las principales paradas de la línea de producción

En esta fase se busca identificar las diferentes causas (defectos) que llevan a que se produzcan las tres principales paradas de la línea de producción. De esta manera, se pueden desarrollar planes para reducir la ocurrencia de estos defectos en la máquina y así reducir la cantidad de paradas totales por día.

3.9.5 Fase cinco: Planificación de las actividades y estructuración de personal

Una vez establecidas las metas para el seguimiento del plan de mantenimiento y tener conocimiento del modo de operación y mantenimientos de la línea, se procedió a planificar las



actividades necesarias para iniciar el programa de mantenimiento autónomo. Primero que nada, se presentó la idea de proyecto a los gerentes de la Dirección de Operaciones. Luego de su aprobación, se pudo determinar el tiempo de cada una de las actividades planificadas. En paralelo, se llevó a cabo la estructuración del equipo de técnicos de máquina que participarían en la implementación del plan de mantenimiento. Ya que cada línea de producción tiene asignado un equipo de técnicos, se seleccionaron los “coaches” del equipo y “dueños de equipo” para cada uno de los turnos de trabajo.

3.9.6 Fase seis: Implementación del plan de mantenimiento autónomo

En la presente fase se comienza la implementación de las nuevas prácticas que constituyen el programa de mantenimiento. Antes que nada, se refuerzan a través de entrenamientos, los DMS pertenecientes al pilar de AM como lo son: CIL, DH y CL. Se hizo hincapié en la importancia de la realización correcta del CIL (Limpieza, Inspección y Lubricación) ya que es mediante este DMS donde se encontrarán anomalías en los equipos y se llevarán a cabo las actividades necesarias para poder llevarlo a su estado ideal. Para DH (Manejo de Defectos) se refuerza con el equipo de la línea la importancia de encontrar los defectos que ocasionan las paradas en la línea y su causa raíz, de tal manera que los coaches de equipo eleven estos defectos en las reuniones de DDS y con el resto del equipo de fábrica se pueda encontrar una solución que evite su ocurrencia nuevamente. Con respecto al CL (Ajuste Estándar) se busca estandarizar las posiciones correctas, ajustes y procedimientos de los equipos para poder evitar un mal ajuste en la línea. A su vez, se construyó “la pizarra de AM” en donde se puede hacer seguimiento a cada una de las metas del plan de mantenimiento en relación a la disminución de las principales paradas, duración del CIL y realización del otro DMS: Manejo de Defectos.

3.9.7 Fase siete: Evaluación de resultados

Según la metodología de mejora continua de IWS, se debe hacer un seguimiento semanal de los indicadores que presenta la línea de producción. Se establece que al alcanzar resultados sostenidos durante dos semanas, se puede avanzar al próximo paso en la implementación de AM. Al lograr esto, se realizan evaluaciones al equipo de trabajo para verificar si conocen la metodología, sus conceptos y cada uno de los pasos. Si alguno de los miembros del equipo presenta resultados deficientes en las pruebas realizadas, se llevará a cabo un entrenamiento



donde se reforzarán nuevamente los conceptos de la metodología. Estas evaluaciones que se llevan a cabo llevan el nombre de Step Up Cards y Auditorías para cada uno de los pasos de la metodología.



4 CAPÍTULO CUATRO: DESARROLLO DE LAS FASES DE INVESTIGACIÓN

En el siguiente capítulo se busca explicar con más detalle cómo se desarrolló cada una de las fases de la investigación que se comentaron en el capítulo anterior para lograr la implementación del plan de mantenimiento autónomo propuesto.

4.1 Recolección de data

Para poder seleccionar la línea de producción en la que se podía aplicar el plan de mantenimiento autónomo, antes que nada, se llevó a cabo la recolección de data relacionada con el desempeño de cada una de las líneas de producción del departamento de SMD en la planta Bigott Caracas para los últimos tres meses de producción (Septiembre, Octubre y Noviembre del 2017). Para obtener esta información, se hizo uso de la herramienta de Software ISISnet el cual, a través de conexiones que transmiten a tiempo real información entre el equipo y la plataforma, registra cada una de las paradas que sufren las líneas de producción en un tiempo determinado, su tiempo de duración y la hora exacta de su ocurrencia. Divide la información para cada una de las partes de la línea: elaboradora y empaquetadora. (Anexo A1)

4.2 Análisis de data

Una vez obtenida la data de ISISnet, esta se descarga a una hoja de trabajo y se guarda en los documentos de la plataforma. La empresa posee un documento de Microsoft Excel formulado en donde se copia la información descargada de ISISnet y arroja los valores exactos correspondientes a la cantidad de paradas que presentó la línea en ese determinado día, cuáles fueron las paradas más repetidas y su MTBF. Además de esto, copiando el volumen de millones de cigarrillos que produjo la línea (extraído de la toma de producción diaria) y tomando en cuenta las horas que estuvo en funcionamiento, se calcula el OEE que alcanzó la línea de producción para ese día.

Posterior a la elaboración de este documento, se lleva a cabo lo que llamamos el Loss Tree o árbol de pérdidas. Este es un documento igualmente formulado donde se pueden identificar las paradas que ocasionaron mayor pérdidas en relación al OEE de la línea. Arroja, de igual manera, el valor del MTBF, MTTR, OEE, cantidad de paradas promedio y principales paradas que



produjeron una mayor pérdida en el rendimiento. El documento, también permite identificar las paradas planificadas y no planificadas. Los Loss Tree se calculan semanalmente, mensualmente o trimestralmente y se realizan para cada una de las partes de la línea.

Figura 5. Loss Tree Elaboración trimestral de la línea SD09 para los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre.

Loss Tree: Current Status				Loss CS		
Factory: Bigott				Plant: Venezuel		
Produccion Line: SD09						
Time Period: 01/09/2017 30/11/2017						
Calendar Time	7.200	Scheduled Days per week	4,25			
Excluded Time (HWS)	3.810	Stops/day (230)	248	bultos		
Scheduled Time (mins)	3.390	4,40	Volumen	#####	208	
Category	Stops	DT Min/Wk	% OEE Loss	MTBF	MTTR	
PLANEADA (6.0%)	8	178	5,25%	351,88	22,3	
LIL	8	178	5,25%	351,9	22,3	
Category	Stops	DT Min/Wk	% OEE Loss	MTBF	MTTR	
NO PLANEADA (17.3%)	659	397	21,15%	4,27	0,6	
ausencia cigarrillos en la	158	17	4,71%	17,8	0,1	
atasco canal central	98	109	3,22%	28,7	1,1	
parada de reserva cigarril	9	35	1,03%	312,8	3,9	
falla en control pres.etiq.	20	32	0,94%	140,8	1,6	
		Minutes Lost	% OEE Loss			
Rate Loss (0%)		239,09	7%			
		% Product	Minutes Lost	% OEE Loss		
Quality Loss (1%)		0,89%	25,12	1,20%		
Packer		0,89%	25,12	0,74%		
Uptime 2.815						
System MTBF (5) 4,5						
System MTTR (1.2) 1,3						
Availability 77,6%						
OEE (Tactical) (68%)		63,9%				

Fuente: Archivos SMD, Bigott.

4.3 Selección Línea piloto

Luego de recopilar la data para todas las líneas de producción, se llevó a cabo una comparación entre los indicadores más importantes de cada una de ellas: OEE, MTBF y cantidad de paradas promedio por día.



Tabla 4. Comparación de las líneas de producción en base a sus principales indicadores

Línea de Producción	MTBF (min)	OEE (%)	# de Paradas
SD01	No estuvo en funcionamiento	No estuvo en funcionamiento	No estuvo en funcionamiento
SD02	5.3	68.9	192
SD03	4.9	65.8	228
SD04	4.8	64.5	239
SD05	5	67.6	214
SD06	4.8	64.3	242
SD07	5.1	68.1	203
SD08	No se toma en cuenta	No se toma en cuenta	No se toma en cuenta
SD09	4.5	63.9	248

Fuente: Elaboración Propia

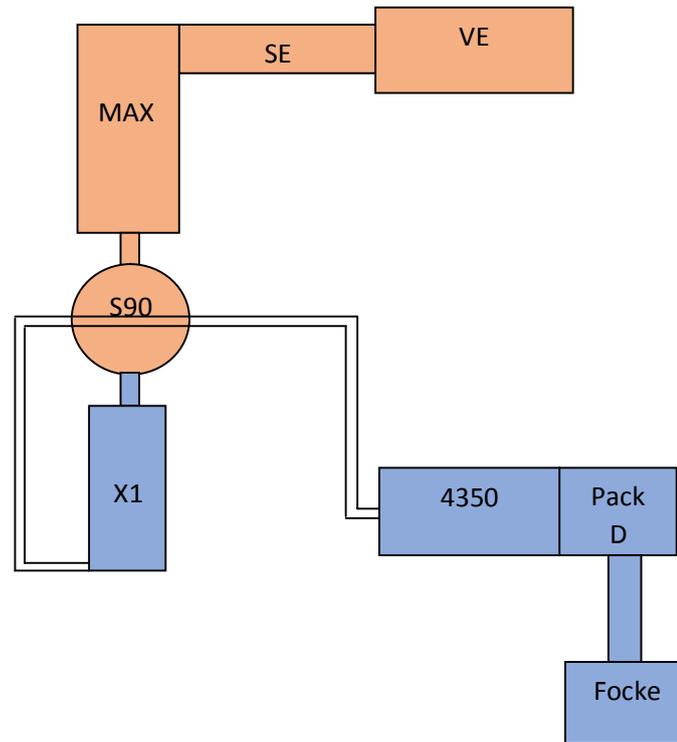
Es importante resaltar que la línea de producción SD08 no es tomada en cuenta en la comparación de data ya que es la única línea encargada de la producción de marcas Premium (Lucky Strike, Belmont Cápsula) y debido a los constantes cambios de marca que debe sufrir, posee un desempeño general muy bajo por lo que su MTBF, OEE y paradas no son estudiados como para el resto de las líneas.

Finalmente, se seleccionó la línea de producción SD09 ya que, según los lineamientos de IWS para Mantenimiento Autónomo, se debe seleccionar aquella línea que presente mayor área de mejora en relación al MTBF.



4.4 Máquinas que componen la línea de producción

Figura 6. Esquema de la línea de producción



Fuente: Elaboración Propia

4.4.1 Parte elaboradora de la línea

- **VE:** Es el primer eslabón de la línea de producción. Es aquí donde llega el tabaco desde el departamento de PMD mediante succión de ventiladores industriales y se encarga de dosificar el tabaco poco a poco para poder formar la varilla del cigarrillo. (Anexo A2)
- **SE:** En esta máquina es formada la primera parte del cigarrillo. Con el papel cigarrillo que se encuentra en forma de bobinas, se forma la varilla junto al tabaco la cual corresponde a la parte blanca de un cigarrillo. Esta varilla es sellada con adhesivo PVA el cual es dosificado por una pistola. (Anexo A3)
- **MAX:** En este punto, finaliza la formación del cigarrillo. En esta máquina se colocan los tableros del filtro correspondiente los cuales van cayendo uno por uno para unirse con la



varilla de tabaco. Una vez que el filtro y la varilla se encuentran, se le coloca el papel tipping (la parte marrón de un cigarrillo) el cual se encuentra en la parte superior de la máquina en forma de bobina. Al estar el cigarrillo ya formado, este sale a la banda transportadora la cual irá elevando los cigarrillos. (Anexo A4, A5, A6)

- **S90:** De la banda transportadora, los cigarrillos llegan a la S90 la cual es una reserva de cigarrillos. Los cigarrillos entran a la reserva desde su parte superior y se va llenando hacia abajo en forma de espiral. Esta máquina permite separar la parte elaboradora de la parte empaquetadora de la línea. El propósito de esto es que, si la parte empaquetadora sufre una parada por causa de un defecto, la parte elaboradora puede seguir trabajando llenando la reserva de cigarrillos. En el caso contrario, si la parte elaboradora se detiene, la parte empaquetadora puede seguir colocando cigarrillos en cajetillas utilizando la reserva que esté disponible. Si la reserva llegase a agotarse y la parte elaboradora no ha reanudado su proceso, es entonces cuando ambas partes se detienen en su totalidad. (Anexo A7)

4.4.2 Parte empaquetadora de la línea

- **X1:** Una vez que bajan de la S90, los cigarrillos son separadas en filas individuales para formar los grupos de 10 o de 20. Es esto lo que llamamos “tolva”. Posteriormente, los grupos de cigarrillos son colocados en el papel aluminio y la marquilla de impresión para luego ser enviados al siguiente paso por medio de la faja central. (Anexo A8, A9, A10, A11)
- **4350:** Se encarga de colocarle el celofán a las cajetillas ya formadas. También, coloca la cinta desgarradora de celofán en cada una de las cajetillas para permitir que se abran más fácilmente. (Anexo A12)
- **Pack D:** Es aquí donde se forman paquetes de 10 cajetillas de cigarrillos envueltos en celofán protector. Al ser agrupadas, los paquetes salen al canal de salida para llegar a la próxima máquina. (Anexo A12 y A13)
- **Focke:** Agrupa 50 paquetes de cajetillas y los coloca en una caja para luego sellarla con cinta adhesiva y enviarla a la cinta transportadora que lleva las cajas al almacén de material. (Anexo A14 y A15)



4.5 Mantenimientos que se llevan a cabo actualmente

Uno de los principales DMS de la metodología IWS que implementó Cigarrera Bigott fue el de CIL. Este equivale a un mantenimiento programado que se lleva a cabo tres veces al día en cada cambio de turno de trabajo siguiendo actividades pautadas en un formato. Este DMS es llevado a cabo por los mismos técnicos de cada línea de producción con la ayuda del equipo de mantenimiento y electricistas de la fábrica. Existen dos tipos de formato para cada línea de producción: uno para la parte elaboradora y uno para la parte empaquetadora. (Anexo A16, A17)

Por otro lado, el equipo de mantenimiento ejecuta un mantenimiento preventivo a cada línea de producción una vez al mes. Este sigue de igual manera un formato con actividades ya pautadas pero, además, se llevan actividades extra según las necesidades de la máquina. Es decir, si alguno de los equipos presenta una falla pequeña que no produce el detenimiento de la línea, se espera al mantenimiento preventivo para poder eliminar el defecto. (Anexo A18)

4.6 Paradas principales de la línea de producción

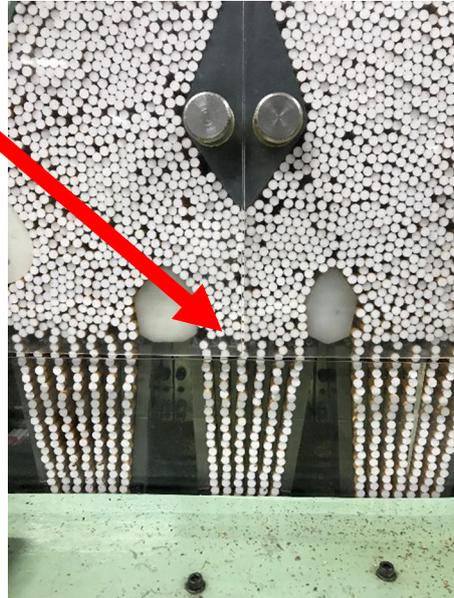
Una vez establecida la línea de producción en la cual se implementará el plan de mantenimiento autónomo, se prosigue a pautar las metas que se deben cumplir para poder hacerle un seguimiento a la mejora de la línea. La herramienta de Loss Tree permite visualizar las paradas más repetidas para la línea de producción en un determinado tiempo, al igual que se pueden ordenar según su afectación hacia el OEE. Ya que el objetivo principal del plan de mantenimiento es aumentar el MTBF, seleccionaremos aquellas paradas que tuvieron más repeticiones diariamente en promedio para los tres meses estudiados. En el caso de la línea SD09, las principales paradas corresponden a:

Ausencia de Cigarrillos en la Tolva (Elaboración): Ocurre por la falta de uno o más cigarrillos en la formación que culmina en el grupo de 20 o 10 que conforman una cajetilla de cigarrillos. Es ocasionada por el estancamiento de algún cigarrillo en “la tolva” que no permite que los cigarrillos sigan descendiendo para ser agrupados. A pesar de ser una parada que se ve registrada en el Loss Tree de la parte empaquetadora, esta parada es producida por defectos que ocurren en la parte de elaboración, como por ejemplo, que el cigarrillo sea más largo de lo que debería.



Figura 7. Imagen de la tolva

Formación de
grupos de
cigarrillos



Fuente: Elaboración Propia

Atasco de Canal Central (Empaquetadora): Esta se produce cuando hay un atasco en algún punto de la zona central de la línea de producción, es decir, desde la faja que lleva de la X1 a la 4350 hasta la faja que lleva los paquetes de cajetillas formados a la entrada de la Focke. Esto puede ocurrir por el estancamiento de alguna cajetilla en la faja central, por atascos de celofán en la 4350 o Pack D, la detención de algún paquete de cajetillas en la faja que lleva a la Focke o alguna caja mal formada en la Focke.

Rotura de Mecha (Elaboración): Ocurre cuando la varilla del cigarrillo, formada únicamente por papel cigarrillo y hebra de tabaco, se rompe y ocasiona que la varilla no continúe el proceso de formación del cigarrillo, sino que es enviada a los cajones de desperdicio.



Figura 8. Imagen de varilla de tabaco



Fuente: Elaboración Propia

Junto a estas tres principales paradas de la línea, calcularemos el MTBF, el OEE y el tiempo promedio del CIL. Se tomará como línea de base los valores extraídos del Loss Tree trimestral y, a partir de esa data, se colocarán las metas correspondientes para cada uno de los pasos de la metodología de AM.

Tabla 5. Línea Base de indicadores para pautar las metas de AM.

Indicador	Línea Base
ACT	37
ACC	23
RM	20
MTBF	4.5 min
OEE	63,9%
Tiempo CIL	22,3 min

Fuente: Elaboración Propia

4.7 Determinación de metas a cumplir

Al ya tener la línea base para cada uno de los indicadores de la línea de producción definida, pautaremos las metas que debemos alcanzar para cada uno de los pasos de la metodología de



AM, la cual establece que, para el Paso 1, la cantidad de cada una de las Top 3 paradas definidas previamente debe disminuir en un 25% en relación a la línea base, para el paso 2 de AM, debe disminuir en un 50% y para el paso 3 debe disminuir en un 75%. Ya que el objetivo principal de la metodología es el incremento del MTBF, al disminuir continuamente las principales paradas de la línea de producción, el valor del MTBF irá incrementando mientras se va avanzando en cada uno de los pasos. A su vez, la metodología dicta que la duración promedio de CIL debe aumentar un 30% en el paso 1, ya que busca regresar a los equipos a su estado inicial y se necesita más tiempo para identificar los defectos existentes. Se coloca un rango alrededor de 5 minutos como máximo y mínimo. En paso 2 y 3, se reduce el tiempo de duración del CIL un 90% de lo que se aumentó en el paso 1 debido a que los defectos han disminuido notoriamente. Dentro de la metodología de AM no se toma en cuenta el OEE para pasar de un paso a otro, pero se llevará un registro del mismo debido a su importancia en IWS.

Tabla 6. Metas para cada uno de los pasos de AM.

Indicador	Paso 1	Paso 2	Paso 3
ACT	28	19	10
ACC	18	12	6
RM	15	10	5
MTBF	>Línea Base	>Paso 1	>Paso 2
OEE	>Línea Base	>Paso 1	>Paso 2
Tiempo CIL	29 min	26 min	23 min

Fuente: Elaboración Propia

4.8 Planificación de las actividades a ejecutar

Para llevar a cabo algún proyecto en la empresa, se debe presentar, primero que nada, a los gerentes de cada área de la dirección correspondiente. En el caso de este proyecto, se le presentó a la Dirección de Operaciones y a sus gerentes. Aquí, se muestra la idea de proyecto con los beneficios o dificultades que puede presentar y el plan de ejecución de este. Una vez obtenida la aprobación del grupo de gerentes, se puede comenzar a planificar y ejecutar las actividades.



Para poder tener seguimiento de las actividades a ejecutar y su tiempo de duración, se realizó un diagrama de Gantt que contiene las actividades para cada paso de AM, el responsable para cada una y el tiempo que debería tomar. (Anexo A19)

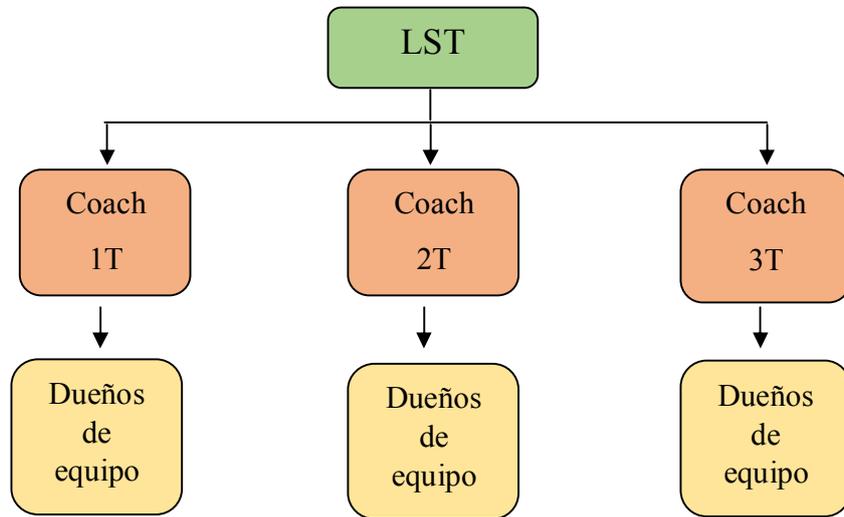
4.8.1 Estructuración de recursos humanos

Primero que nada, se estableció cuáles iban a ser los recursos humanos necesarios para llevar a cabo el plan. Cada línea de producción cuenta con un equipo de técnicos de máquina por turno. Éstos se encargan de cambiar manualmente los materiales necesarios para formar el cigarrillo y su empaque. Para el programa de mantenimiento autónomo, son los mismos técnicos de cada turno los seleccionados para llevar a cabo el programa y ser los “dueños de equipo”. Pero además de ellos, se definen los llamados “coaches” por turno de trabajo quienes ejercen un rol de liderazgo en el programa. Para seleccionar quiénes sería los coaches, se llevó a cabo una reunión con el equipo de SMD (Gerente de SMD, Líder de Celda, Líder de Procedo, Líder de Mantenimiento y Líder de Turno) para evaluar los posibles candidatos a esta posición. Se tomaron en cuenta en el estudio aquellos empleados que no formaran parte del equipo de técnicos fijos de las líneas (Equipo de mantenimiento, electricistas, personal de relevo) y se pudo evaluar cada uno de ellos mediante una herramienta donde se pudieron examinar los siguientes criterios: habilidades técnicas y mecánicas de la persona, por una parte, y por otra sus capacidades de liderazgo y comunicación. (Anexo A20)

Además de determinar el grupo de técnicos y sus coaches, se conversó con el equipo de mantenimiento de la fábrica para verificar su disponibilidad para realizar entrenamientos sobre los equipos y procesos de la línea de producción a los técnicos de la línea.



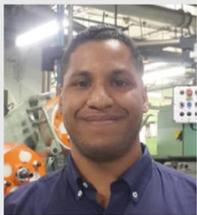
Figura 9. Estructura personal AM



Fuente: Elaboración Propia



Tabla 7. Dueños de equipo SD09

Parada relacionada al equipo	1er Turno	2do Turno	3er Turno	Relevo
ACT				
Equipo 1	Jose Andrade	Nelson Sánchez	Oswaldo Venegas	Oswaldo González
ACC				
Equipo 2	Kevin Díaz	Angelo Morales	Jorge Romero	René Rangel
RM				
Equipo 3	Jose Plazola	Willian Camacho	Tony Roa	Jose González

Fuente: Elaboración Propia



4.9 Implementación del programa de mantenimiento autónomo

4.9.1 Paso 1 de Mantenimiento Autónomo: Limpiar para encontrar defectos

4.9.1.1 Material necesario para la implementación

Luego de establecer la estructura de dueños de equipo y coaches y planificar las actividades en el tiempo, se inició la preparación del material base para la implementación del programa. El primer elemento importante en esta etapa es la llamada “Pizarra AM”. Esta es una herramienta que permite hacerle seguimiento a cada uno de los indicadores del programa de mantenimiento autónomo. Es colocada en las cercanías de la línea de producción para que el equipo de técnicos, los coaches y líderes de mantenimiento puedan observar los avances que se han logrado con el programa.

Figura 10. Pizarra de AM para SD09



Fuente: Elaboración Propia



- 1. Mapas críticos de los equipos de la línea:** Son imágenes de cada una de las partes de la línea de producción, son manejados por los dueños de equipo. Se le colocan etiquetas de diferentes colores para ubicar defectos del equipo (rosado), estándares del equipo u OPLs creados (azules) y fallas que pueden presentar los equipos (amarillos). Por medio de esta herramienta es más fácil visualizar los problemas o ajustes que puede presentar el equipo.
- 2. Análisis del Punto de Trabajo:** Permite estudiar cada parte del equipo en donde se haya provocado una parada. Desglosa cada uno de los componentes que conforman el equipo y las posibles causas del defecto que presentó.
- 3. Seguimiento de las principales paradas:** Es aquí donde se anotan las cantidades de las principales paradas que presentó la línea de producción por turno de trabajo. A pesar de que se utiliza ISISnet para hacer el cálculo semanal de las paradas de la línea, en caso de que este deje de funcionar, se puede utilizar la data registrada en estos formatos para seguir haciéndole seguimiento a las paradas.
- 4. Metas:** Se colocó un cuadro con las metas de las tres principales paradas para cada uno de los pasos de AM.
- 5. Dueños de equipo:** Corresponde al cuadro de los técnicos pertenecientes al programa como dueños de equipo y la parada a la cual están relacionados.
- 6. Defectos encontrados:** Es un formato en donde se registran los defectos que se han encontrado cada día y a la parada a la que están relacionados.
- 7. Planes de acción:** Al llevar los defectos encontrados en un día a la reunión de DDS, los planes de acción que surgieron en la reunión para poder mitigar estos efectos, son colocados en esta parte para asegurar su cumplimiento. Los coaches revisan diariamente este formato de manera que le hacen seguimiento a su cumplimiento.
- 8. Seguimiento de las paradas principales:** Gráficos que representan el seguimiento semanal para cada una de las tres paradas principales, de esta manera se puede observar la tendencia de las paradas a lo largo del programa.
- 9. Seguimiento de defectos:** Gráficos que representan la cantidad de defectos encontrados y resueltos semanalmente. La idea de esta parte de la pizarra es poder comparar el desarrollo de las paradas con los defectos que se han encontrado sobre ellas, es decir, si alguna parada tuvo una cantidad elevada en una semana, el gráfico de defectos para esa



parada debería presentar un pico. Si no hay defectos encontrados equivalentes a la parada, se habla directamente con el dueño de equipo de la parada para que le dedique más tiempo a este DMS.

10. Mapa de seguridad de equipos: Permite visualizar las zonas en las cuales hay riesgos de atrapamiento de manos, altas temperaturas o tableros eléctricos.

11. Resultados evaluaciones: Aquí se muestran los resultados de cada una de las Step Up cards y auditorías que se le hicieron al equipo.

12. Seguimiento CIL: Este gráfico representa la cantidad de tiempo promedio que ha llevado realizar el CIL en cada cambio de turno. En base a esto, se puede verificar si los técnicos están cumpliendo correctamente las tareas del CIL o no.

Además de lo mostrado a primera vista, en los compartimientos inferiores de la pizarra se encuentran carpetas con los siguientes formatos:

- Lecciones de Un Punto (OPL) de la línea de producción, de manera que al momento de realizar un cambio de pieza, ajuste o limpieza y esto tenga un estándar, el equipo de técnicos puedan buscar el OPL correspondiente y pueda llevarlo a cabo sin inconvenientes.
- Step Up Cards y Auditorías del equipo de trabajo.
- Formatos de CIL para Elaboración y Empaque para cada uno de los turnos.
- Formatos de Ajuste Estándar para Elaboración y Empaque para cada uno de los turnos.
- Formularios de Cambio: Se utiliza para registrar cuando se quiera llevar a cabo alguna modificación en el equipo para poder llevarlo a sus condiciones naturales. Usualmente se utiliza para eliminar un defecto que esté produciendo paradas repetitivas.

4.9.1.2 Entrenamientos del equipo de trabajo

Una vez preparado el material necesario para la implementación, se llevó a cabo varias reuniones con el equipo de técnicos y sus coaches para explicarles la metodología. Primero que nada, se les reforzó la teoría de IWS y se les explicó de qué iba el pilar de mantenimiento autónomo. Explicamos las razones por la cual SD09 fue la línea seleccionada para la implementación: menor MTBF de todos, y se les comunicó que trabajaríamos con el seguimiento



de tres principales paradas en la línea de producción y cómo cumpliríamos las metas de cada uno de los pasos de AM. Se nombraron los dueños de equipo correspondientes a cada parada y aquellos que serían los coaches de cada turno de trabajo. Además, se explicó qué era la pizarra de AM, para qué nos serviría y cómo utilizarla. Luego de esta breve introducción sobre el programa, nos adentramos en las tareas nuevas que debían realizar y aquellos puntos a reforzar.

4.9.1.2.1 Entrega de turno de trabajo

La “entrega de turno” corresponde al momento en que los técnicos de máquina de un determinado turno terminan su día laboral y son suplantados por los técnicos del turno siguiente. Es aquí donde los técnicos del turno que se acaba de terminar comunican a los técnicos del turno nuevo los siguientes puntos:

- El estatus de la línea de producción
- Problemas que se presentaron
- Ajustes que se hicieron
- Seguimiento de las principales paradas
- Defectos encontrados
- Planes de acción para mitigar defectos

Usualmente, no hay mucha comunicación entre los técnicos de un turno y otro, es por esto que se reforzó este procedimiento ya que es este momento el único en donde pueden tener conocimiento de lo ocurrido en los turnos anteriores. De esta manera, es más fácil controlar los defectos que producen las paradas y poder aumentar el MTBF en el proceso.

4.9.1.2.2 Manejo de defectos

Siendo una de las principales bases para la implementación del mantenimiento autónomo, se hizo hincapié en la importancia que tenía este DMS para la mejora de la línea de producción. Cuando Cigarrera Bigott implementó por primera vez IWS en su fábrica, hizo mención del concepto de “defectos” para la metodología, pero no hubo seguimiento exhaustivo de este DMS. Es por esto que se hizo un taller junto al equipo de mantenimiento para enseñarles a los técnicos cómo encontrar los defectos que producen las paradas de la línea y qué hacer una vez que los encuentren. Es aquí donde surge la utilización de los formatos de Análisis de Punto de Trabajo



los cuales permiten el estudio profundo de las causas de los defectos. Estos formatos son elaborados por los mismos dueños de equipo siguiendo una estructura ya existente según IWS. La utilización de esta herramienta busca implementar nuevos estándares que eviten la ocurrencia de los defectos existentes en esa parte del equipo estudiada.

Figura 11. Formato de Análisis del Punto de Trabajo

Equipo: _____ ANÁLISIS DEL PUNTO DE TRABAJO Fecha: _____

1. Punto de trabajo

3. Diseño del punto

4. Principio operativo

2. Impacto de la pérdida

5. Estándares

6. Participan del punto de trabajo

Componentes del equipo	
Componentes del producto/material	
Condiciones del proceso/variables	
Ayudas del proceso	

7. Determina la posición del punto

Estructura/Fijación			
Componentes Transmisión			
Transporte de materiales			
Lubricación			
Neumáticos/Hidráulicos			
Eléctricos/Instrumentación			

8. Determina la continuidad del punto

9. Nuevos Estándares

Fuente: Archivos IWS, Bigott.

1. **Punto de trabajo:** Zona específica del equipo que está en estudio
2. **Impacto de la pérdida:** Cómo impacta el defecto en el desempeño de la línea
3. **Diseño del punto:** Dibujo de la parte del equipo que se va a estudiar
4. **Principio operativo:** Función de la parte del equipo que está en estudio
5. **Estándares:** Estándares ya establecidos en el equipo



6. **Participan del punto de trabajo:** Componentes que forman parte del equipo estudiado: el equipo, parte del producto que se elabora en ese equipo, condiciones del proceso de producción, empleados involucrados.
7. **Determina la posición del punto:** Tipos de procesos que se llevan a cabo en el equipo.
8. **Determina la continuidad del punto:** Procesos que permiten el funcionamiento continuo del equipo
9. **Nuevos Estándares:** Posible implementación de nuevos estándares en el equipo

Además de los Análisis de Punto de Trabajo, se comenzó a utilizar un formato que permitiera anotar los defectos que los técnicos encuentren y relacionarlos con la parada que provocó. Estos formatos son revisados semanalmente para grabar la información que contienen de manera digital en un archivo de Microsoft Excel y poder ser enviados por correo electrónico al LTS y técnicos de la línea de producción para poder hacerle seguimiento a aquellos defectos que no han sido resueltos.



Figura 13. Formato Formulario de Cambio

FORMULARIO DE CAMBIO			
Promotor del Cambio	Línea de Producción		Duración de la prueba
	Tecnología	Fecha	
Descripción del cambio o Área de oportunidad		Impacto/Costo de las pérdidas (Calidad, Seguridad, Procesos)	
Antes de la mejora (Esquema/Descripción/Imagen)		Después de la prueba (Descripción)	
Comparación de los resultados (paradas, MTBF, MTTR, %OEE)		Re aplicación y plan de estandarización	

Fuente: Archivos IWS, Bigott.

4.9.1.2.3 Reforzamiento Limpieza, Inspección y Lubricación (CIL)

El CIL es de suma importancia en el proceso de llevar los equipos a sus condiciones iniciales. Ya que este DMS estaba implementado desde que inició IWS en la fábrica, se demostró la importancia de hacer las tareas de los formatos de la manera correcta. A través del CIL, se puede alargar el ciclo de vida útil de los equipos. Se realizó un entrenamiento a los coaches de equipo para que supiesen acompañar a los técnicos de cada turno mientras que realizaban el CIL correspondiente. De esta manera, los coaches verificaban que estuviesen haciendo las tareas del formato correctamente y sin apuro. Durante el CIL, también se puede encontrar causas de defectos y repararlas. Como se comentó anteriormente en el punto 4.5, el CIL tiene ciertos estándares de duración según el paso de AM en el que se está. El paso 1 de la metodología dicta que el CIL debe alargarse hasta un 30% para tener más tiempo para hallar defectos o repararlos. También, es posible agregar tareas al CIL según las necesidades de cada equipo.



4.9.1.3 Evaluaciones del equipo de trabajo

Mantenimiento Autónomo posee una serie de evaluaciones que debe presentar todo el que esté involucrado en su implementación para poder avanzar al siguiente paso del plan. En primer lugar, se encuentran las llamadas Step Up Cards. Esto corresponde a un formato con una serie de preguntas técnicas que permiten saber si los dueños de equipo, coaches, LTS y demás involucrados tienen conocimiento de los siguientes temas:

- Conceptos básicos de AM
- Metas definidas para el Paso 1 de AM
- Utilización de herramientas enseñadas en los entrenamientos de Paso 1
- DMS aplicados en el programa
- Funcionamiento de los equipos
- Identificación de defectos

La idea de presentar esta prueba es tener visibilidad de las áreas de oportunidad de mejora en el equipo y llevar a cabo entrenamientos para reforzar los conceptos que no conocen. Las Step Up Cards se realizan en tres etapas: la primera es cuando el LST es evaluado por el Líder de Mantenimiento, la segunda es cuando los coaches de equipo son evaluados por el LST y la tercera es cuando los dueños de equipo son evaluados por los coaches. Para poder aprobar la prueba, el LST debe lograr en promedio la puntuación 4 de 5 y para los coaches y dueños de equipo deben lograr en promedio una puntuación de 3 de 5, siendo 1 que no sabe y 5 que tiene un perfecto entendimiento del tema. Si no se logra la calificación que se necesita para avanzar de paso, se realizará un reforzamiento de conceptos técnicos y se retomará la prueba hasta que logren la calificación correcta.

Luego de aprobar las Step Up Cards y alcanzar las metas en relación a cantidad de paradas, se lleva a cabo la evaluación de las auditorías. Aquí se evalúa conceptos de AM, habilidades del equipo para Limpiar, Inspeccionar y Lubricar y efectividad y eficiencia del equipo de AM en el Paso 1. Estas no son presentadas por todos los integrantes del equipo de trabajo. Existen tres etapas para presentar al igual que las Step Up Cards: en la primera, los coaches le hacen la evaluación a los dueños de equipo, en la segunda el Líder de Celda le realiza la evaluación a uno



de los coaches junto a un dueño de equipo y en la tercera el líder de mantenimiento evalúa al líder de celda, junto a un coach y un dueño de equipo. Para poder aprobar las auditorías, la primera fase de evaluación debe lograr un 90% o más, en la segunda fase se debe lograr un 85% o más y en la tercera se debe lograr un 80% o más.

Los formatos de las Step Up cards y auditorías se colocaron en los anexos A21 Y A22

4.9.2 Paso 2 de Mantenimiento Autónomo: Comprender defectos en su origen

Una vez aprobadas las Step Up Cards y Auditorías, se comienza el proceso de cambio para el Paso 2 de la metodología. Es importante recordar que para llevar a cabo el próximo paso en la metodología, se debe sostener todos los conocimientos aprendidos en los pasos anteriores. Es por esto que no se puede detener el seguimiento de la cultura de Limpiar para inspeccionar del Paso 1.

El objetivo de este Paso es aprender a manejar y direccionar los defectos y anomalías encontrados en Paso 1, para mantener las condiciones de los equipos que se lograron y seguir eliminando las principales pérdidas. Paso 2 también ayuda a que los dueños de equipo desarrollen la habilidad de encontrar la causa raíz de los defectos y hacer mejoras en el equipo.

4.9.2.1 Herramientas nuevas a implementar

Ya que la meta del Paso 2 es encontrar los orígenes de los defectos se implementarán dos herramientas nuevas para lograr esto:

4.9.2.1.1 Matriz de fuentes de contaminación (FdC)

Es un formato que permite identificar y eliminar las fuentes de contaminación que pueden ser causa de los defectos que llevan a la parada del equipo por medio de calificar del 0 al 3 el impacto de esa contaminación en relación a las paradas que provoca, quiebres de equipo, defectos de calidad, riesgos de seguridad, duración del tiempo para limpiar y la prioridad que tiene en comparación a los otros contaminantes para ser eliminado. Una vez priorizados los defectos, se generan planes de acción para aquellos que tienen una calificación más alta (suma de los elementos calificados del 0 al 3).



Figura 15. Matriz de áreas de difícil acceso

MATRIZ DE ÁREAS DE DIFÍCIL ACCESO														
Número	Área	Paradas pequeñas	Quebres	Calidad	Seguridad	Tiempo CIL	Prioridad	Difícil de:					Cómo solucionar	Estatus
								Limpiar	Inspeccionar	Lubricar	Ajustar	Operar		

Fuente: Archivos IWS, Bigott

4.9.2.2 Evaluaciones del equipo de trabajo

Al igual que Paso 1, se debe evaluar el nivel de aprendizaje del equipo de trabajo para hacerle seguimiento al programa y ubicar áreas de mejora en el equipo. Las evaluaciones tienen el mismo procedimiento y calificaciones a alcanzar que el Paso 1. La Step Up Card de Paso 2 evalúa el conocimiento de los miembros del equipo de trabajo en los siguientes puntos:

- Conceptos básicos de AM
- Metas definidas para el Paso 2 de AM
- Utilización de herramientas enseñadas en los entrenamientos de Paso 2
- Herramientas de Paso 1

Una vez alcanzada la calificación necesaria para aprobar la evaluación, se procede a realizar la auditoría de Paso 2, la cual busca evaluar tanto conceptos relacionados con AM como el desarrollo de conocimientos de cada uno de los miembros del equipo. Permite estudiar si el equipo de trabajo ha trabajado en conjunto para lograr los objetivos y metas pautadas. (Anexo A23)



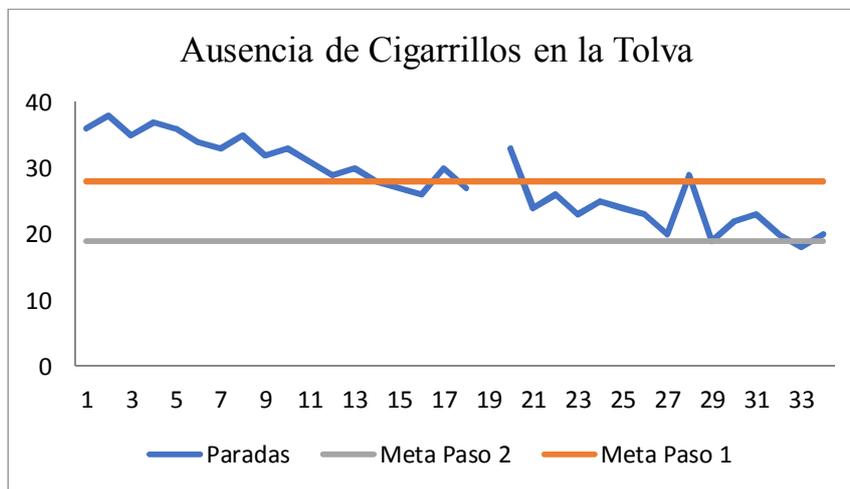
5 CAPÍTULO CINCO: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Disminución de la cantidad de las principales paradas

Para poder hacer seguimiento a la disminución de las tres principales paradas y el aumento del MTBF, se realizaba un Loss Tree semanal con la información descargada desde el Software ISISnet, Con los valores que el Loss Tree arrojaba, se fue construyendo un gráfico para cada una de las paradas y así poder observar la evolución de estas.

5.1.1 Ausencia de Cigarrillos en la Tolva

Figura 16. Gráfico evolutivo para ACT



Fuente: Elaboración Propia

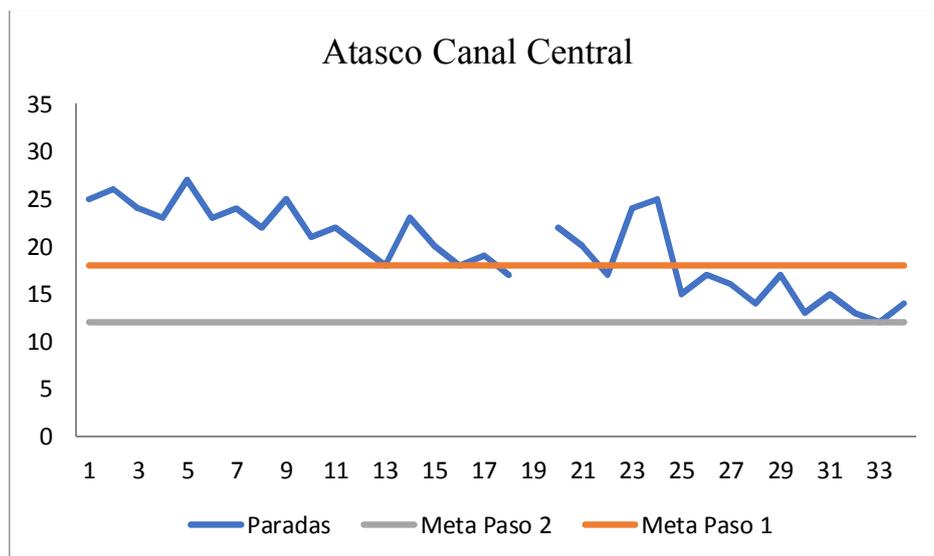
Se puede ver en la figura anterior una tendencia negativa en el transcurso del tiempo. Las primeras semanas de la implementación, no tuvieron variación en la cantidad promedio de las principales paradas ya que se pudo comenzar los entrenamientos a partir de la semana siete. Es aquí, donde se comienza a notar la disminución de las paradas. Se pudo lograr la meta del Paso 1 para la semana quince (15). Su larga trayectoria fue producto del cambio cultural que tuvo que sufrir el equipo de trabajo para llevar a cabo las nuevas tareas. El tramo sin data que surge en la semana diecinueve (19) se debe a que la línea de producción no estaba operativa debido a que el volumen de producción fue pequeño. Por otro lado, el pico que presenta la gráfica para la semana veintiocho fue producto de un problema con las cuchillas encargadas de cortar la varilla de



tabaco, dejando los cigarrillos más largos del estándar; a éstos se les denomina “Cigarrillos floreados” y son más propensos a quedarse atascados descendiendo de la tolva ya que tienen una longitud mayor. Podemos observar que para la semana treinta y tres (33) se pudo llegar a la meta del Paso2 a pesar de que en el Diagrama de Gantt elaborado se pautaba para la semana veintitrés (23). Esto ocurrió debido a que hubo retrasos al momento de hacer los entrenamientos de las nuevas herramientas y la reunión con el equipo completo ya que dos de los integrantes estaban de permiso de trabajo.

5.1.2 Atasco de Canal Central

Figura 17. Gráfico evolutivo para ACC



Fuente: Elaboración Propia

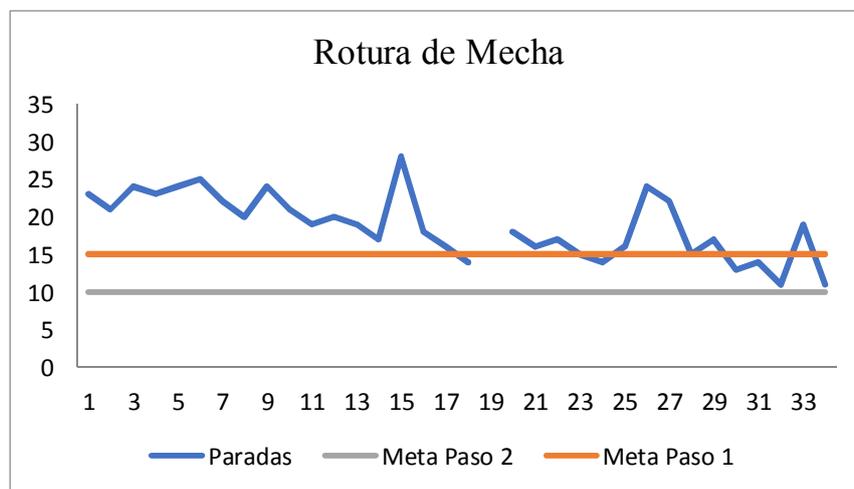
Al igual que Ausencia de Cigarrillos en la Tolva, esta parada presentó una disminución en su cantidad a lo largo del tiempo estudiado. Presentó gran cantidad de picos debido a que presenta muchas más causas que pueden producir la parada y el área de ocurrencia en la línea es mucho más larga ya que va desde el canal de salida de la X1 hasta la Focke. Tomando esto en cuenta, se logró disminuir la cantidad promedio de paradas por día en un 50% con la ayuda de las herramientas implementadas. Podemos notar que en las semanas veintitrés (23) y veinticuatro



(24) presenta una subida significativa en los resultados, producto de la utilización de un material diferente como envoltorio lo que trajo como consecuencia el estancamiento de cajetillas en el canal de salida de la X1, atascos en la 4350 y Pack D y paquetes trabados en la faja de entrada de la Focke. Este material es un polipropileno con diseños impresos que produce más fricción con las superficies por donde pasa, provocando que las cajetillas o paquetes no corran correctamente.

5.1.3 Rotura de Mecha

Figura 18. Gráfico evolutivo para RdM



Fuente: Elaboración Propia

Esta parada fue la más difícil de controlar debido a que depende directamente de la calidad del tabaco enviado desde el departamento PMD. Los picos que presenta el gráfico se deben a semanas en donde el tabaco no se encontraba condicionado correctamente; es decir, contenía más humedad de la que debía produciendo algo llamado como “melcocha”. Esto es un material parecido al tabaco comestible que provocaba manchas en el papel cigarrillo, sucio en las cuchillas de corte y grumos grandes dentro de la varilla de tabaco evitando su corte fácil produciendo, como consecuencia, que se quiebre la varilla (rotura de mecha) continuamente. A pesar de tener un factor externo que puede perjudicar la parada, junto al equipo de trabajo se logró controlarla lo más posible hasta lograr que disminuyera la cantidad promedio por día.

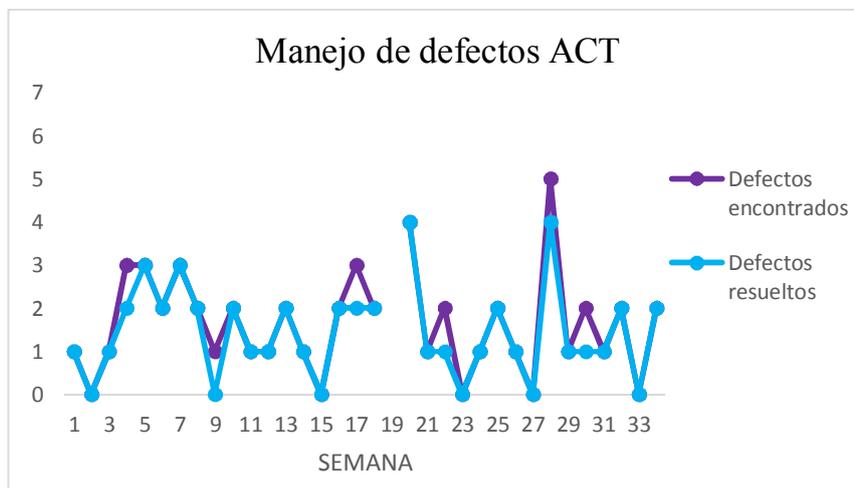


5.2 Manejo de Defectos para cada parada

En conjunto con los gráficos evolutivos para cada parada, se construyeron gráficos para los defectos encontrados vs. Defectos resueltos para las tres principales paradas. De esta manera, se pudo detectar si los defectos encontrados estaban directamente relacionados con el comportamiento de las paradas. Se incluyó los Defectos Resueltos en los gráficos para poder hacerle seguimiento a aquellos resueltos que seguían pendiente por solucionar.

5.2.1 Ausencia de Cigarrillos en la Tolva

Figura 19. Gráfico Defectos Encontrados vs. Defectos Resueltos para ACT



Fuente: Elaboración Propia

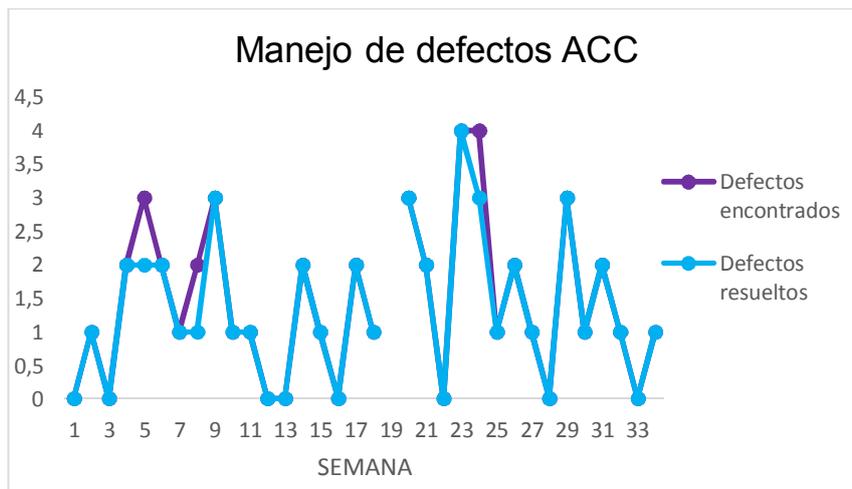
Se puede observar en la figura anterior como, al principio del gráfico, hay muy pocos defectos encontrados debido a que no se habían llevado a cabo los entrenamientos para reforzar el Manejo de Defectos. Una vez adentrados en los entrenamientos y el seguimiento de los coaches para que los dueños de equipo reporten defectos, se logró obtener alrededor de tres defectos por semana. Es importante destacar que si existe una relación entre los defectos encontrados con el desempeño de cada parada. En el caso de ACT, la cual tuvo un valor elevado para la semana veinte (20) y veintiocho (28), de encontraron cuatro (4) y cinco (5) defectos respectivamente para cada semana. Posterior a estas semanas, se observa que las paradas disminuyen radicalmente, reflejando los planes de acción que se llevaron a cabo para disminuir los defectos



encontrados. Con esto se puede decir que se logró la meta de Paso 1 y Paso 2 que es la importancia de encontrar defectos para disminuir las paradas.

5.2.2 Atasco de Canal Central

Figura 20. Gráfico Defectos Encontrados vs. Defectos Resueltos para ACC



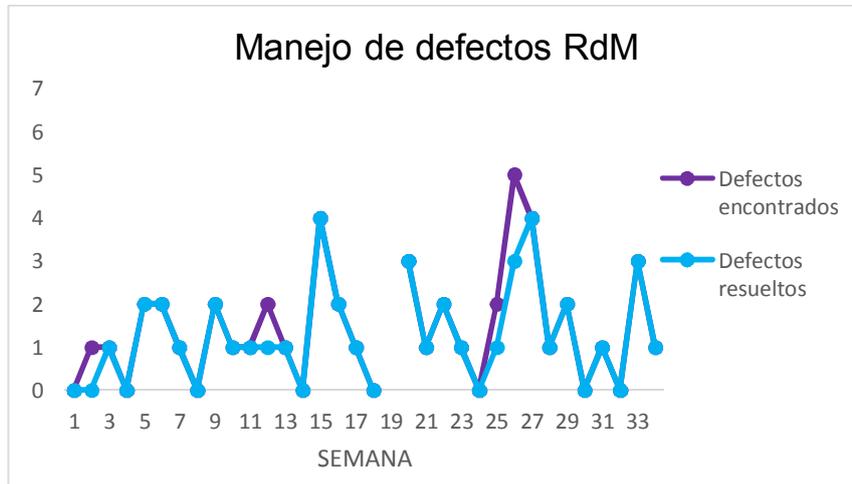
Fuente: Fuente Propia

Similar al gráfico de ACT, podemos observar que la cantidad defectos encontrados están directamente relacionados con la cantidad de paradas promedio por semana. En las semanas veintitrés (23) y veinticuatro (24) en donde se utilizó el polipropileno con impresión, se encontraron cuatro (4) defectos para cada una, demostrando la relación existente entre paradas y defectos.



5.2.3 Rotura de Mecha

Figura 21. Gráfico Defectos Encontrados vs. Defectos Resueltos para RdM



Fuente: Elaboración Propia

Esta parada específicamente presentó el reporte de muchos defectos encontrados debido a la cantidad de problema que se encontraban a causa del tabaco. A pesar de que no es un defecto que los dueños de equipo o coaches puedan solucionar, es importante reportarlos de igual manera para llevar el punto a las reuniones correspondientes y hacerles saber al equipo de PMD el problema que se está presentando.

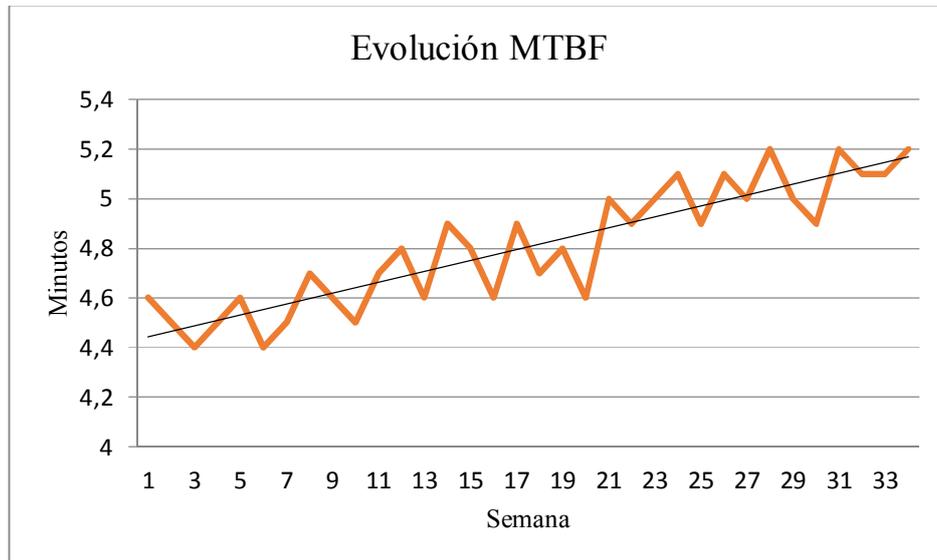
5.3 Indicadores principales

A pesar de que se manejan acciones para disminuir paradas en la línea de producción, las mejoras se ven reflejadas de igual manera en los indicadores principales de la fábrica: MTBF, OEE y duración de CIL.



5.3.1 Tiempo Medio Entre Paradas (MTBF)

Figura 22. Gráfico evolutivo MTBF



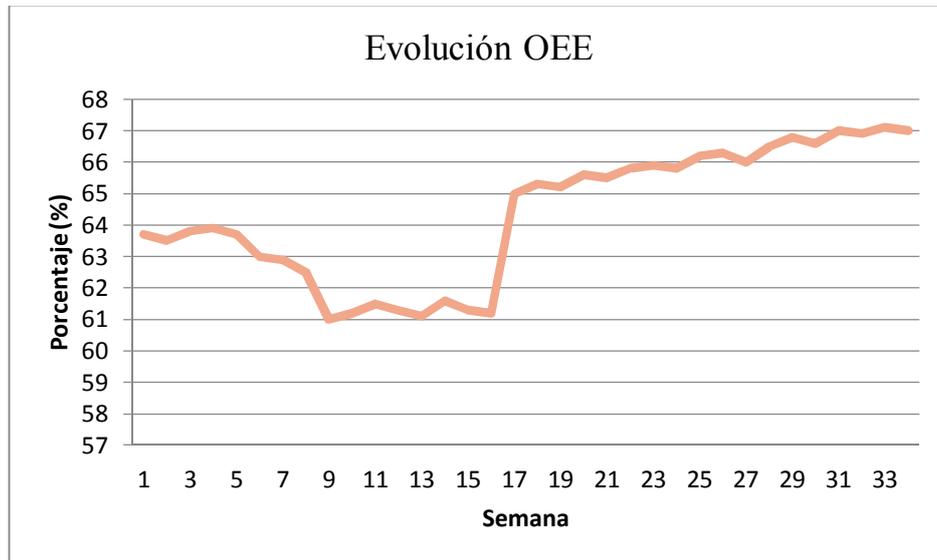
Fuente: Elaboración Propia

A pesar de no encontrar la misma tendencia a lo largo del tiempo, se logró incrementar el valor del MTBF promedio de 4,5 minutos a 5,2, que equivale a un 16% de la línea base. Esto se logró ya que se pudo disminuir las principales paradas que afectaban el desempeño de la línea de producción. Si se utilizaran las herramientas implementadas en este proyecto para el resto de las paradas que afectan el desempeño de la línea, se pudiese lograr un incremento significativo en el Tiempo Medio Entre Paradas, ya que las principales paradas que se manejaron en este proyecto no representan la única pérdida de tiempo.



5.3.2 Eficiencia General de Equipo (OEE)

Figura 23. Gráfico evolutivo del OEE



Fuente: Elaboración Propia

El OEE es el indicador principal para IWS como forma de medida del desempeño de las líneas de producción. A pesar de no estar en las metas de Mantenimiento Autónomo, lo utilizamos como referencia para observar si el desempeño mejoró o empeoró. Se puede notar que en la primera mitad del gráfico hay una caída en el indicador. Esto se debe al aumento del tiempo del CIL en Paso 1 para limpiar, inspeccionar y lubricar con más detalle y así poder encontrar las causas de los defectos. Para la semana diecisiete (17) notamos un incremento en el indicador ya que el tiempo del CIL se reduce en un 90% para el Paso 2, ya que gran parte de los defectos han sido encontrados y solucionados. A partir de este momento, el indicador sigue incrementando su valor ya que, al tener menos paradas de la línea, se produce más volumen y el OEE general aumenta. Se logró aumentar el indicador desde línea base 63,9% hasta un 67% en el tiempo estudiado.



5.3.3 Duración promedio CIL

Figura 24. Evolución de la duración promedio del CIL



La duración promedio de la Limpieza, Inspección y Lubricación está inversamente relacionada con el resultado de OEE para la semana que se estudia. Como se comentó anteriormente, para Paso 1 de la metodología el tiempo de duración promedio para el CIL debe incrementar en un 30% con respecto a la línea base para poder realizar las tareas del DMS correctamente y los dueños de equipo tengan más tiempo para encontrar defectos nuevos y su causa raíz. Al aumentar el tiempo del CIL, los resultados de OEE decrecerán ya que es tiempo donde la línea está detenida. Una vez se inicia la implementación de Paso 2, el tiempo de CIL disminuye en un 90% lo que se incrementó en Paso 1 ya que los defectos principales fueron resueltos, y el OEE se ve afectado de manera positiva.

5.4 Evaluaciones del equipo

Para saber si se podía avanzar al Paso 2 y Paso 3, se realizó una tabla que contenía los resultados de los Step Up Cards y Auditorías para cada una de las evaluaciones.



Tabla 8. Resultados evaluación Step Up Cards y Auditorías de dueños de equipo

Empleado	Step Up Card Paso 1	Auditoría Paso 1	Step Up Card Paso 2	Auditoría Paso 2
Jose Andrade	3.0	86%	3.9	91%
Nelson Sánchez	3.5	89%	4.1	93%
Oswaldo Venegas	3.8	90%	4.2	95%
Owaldo González	3.2	88%	3.8	90%
Kevin Díaz	4	93%	4.5	96%
Angelo Morales	3.6	90%	4	90%
Jorge Romero	3.8	92%	3.9	91%
René Rangel	3.5	91%	3.6	93%
Jose Plazola	2.9	85%	3.9	90%
Willian Camacho	4.1	95%	4.3	95%
Tony Roa	3.9	90%	3.9	92%
Jose González	3.6	89%	4	90%

Fuente: Elaboración Propia

En las evaluaciones realizadas, la mayoría de los dueños de equipo supieron defenderse antes las preguntas. Sin embargo, sus resultados no fueron tan altos como se esperaba. A pesar de que la mayoría pudo obtener la calificación necesaria, se detectaron áreas de mejora en los conocimientos técnicos y metodológicos. Para aquellos que reprobaban la primera vez la Step Up card, se les hizo un entrenamiento para repasar los conceptos básicos. Posteriormente, se les aplicó la prueba nuevamente y la aprobaron sin problema alguno. Se puede notar con claridad las mejoras que presentaron los dueños de equipo de un paso a otro. En las evaluaciones del Paso 2, los técnicos tenían más control sobre los conocimientos y respondían a las preguntas con más seguridad. En la tabla se puede observar el incremento de los resultados de las evaluaciones lo



que demuestra que los entrenamientos que se llevaron en Paso 1 dieron resultado en los participantes.



6 CAPÍTULO SEIS: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de hacer el estudio de investigación e implementar parte del pilar de Mantenimiento Autónomo para IWS, se pudieron desarrollar conclusiones del proyecto realizado y algunas recomendaciones que se pueden llevar a cabo.

6.1 Conclusiones

- Debido a la necesidad de la empresa Cigarrera Bigott de mejorar el desempeño de sus líneas de producción para poder lograr un incremento en sus indicadores de medición, se busca implementar uno de los pilares de la metodología de IWS: Mantenimiento Autónomo, de manera que se diseñen actividades basándose en los lineamientos de la metodología para poder disminuir la cantidad de paradas que sufren las líneas de producción en un día. Logrando esto, se obtiene un aumento en el Tiempo Medio Entre Paradas y el OEE, el cual es el indicador de desempeño más importante para la fábrica.
- Para iniciar la implementación del programa de Mantenimiento Autónomo, se realizó un estudio de investigación de las nueve (09) líneas de producción que se encuentran en el departamento de SMD de la fábrica Bigott. De aquí se seleccionó la línea de producción que presentaba la mayor área de oportunidad para mejorar su desempeño, presentando el MTBF y el OEE más bajo de las líneas de producción.
- Se identificaron las tres principales paradas que sufre la línea de producción y se pautaron metas para cada uno de los pasos de AM basándose en la línea base que se extrajo de los resultados del Loss Tree de los últimos tres meses.
- Para implementar el programa de mantenimiento autónomo se necesitó del apoyo del equipo de SMD y su LST, ya que junto a ellos se programaron reuniones y entrenamientos a los técnicos de máquina de la línea SD09. Además del equipo de SMD, se necesitó la disposición de los técnicos del SD09 para aprender nuevas técnicas y realizar más tareas de lo usual.
- Para tener éxito en el programa de mantenimiento autónomo se reforzaron varios DMS que ya habían sido implementados en la fábrica como: CIL y DH; y se comenzaron a utilizar herramientas nuevas que facilitarían el proceso: Pizarra de AM, Análisis de Punto



de Trabajo, Formulario de Cambio, Matrices FdC y ADA, entre otras. El método de funcionamiento de AM se basa en la eliminación de defectos que generan las principales paradas. Las herramientas implementadas ayudan a detectar los defectos de cada parada y encontrar su causa raíz para poder hacer planes de acción para su eliminación.

- Se realizaron evaluaciones al equipo de trabajo para saber el nivel de conocimiento que manejaban y si estaban preparados para pasar de paso de AM o no. En Paso 1 las evaluaciones no tuvieron excelentes resultados pero si lo necesario para seguir el programa. Se pudo notar que para las evaluaciones de Paso 2 tuvieron mejores resultados demostrando el éxito de los entrenamientos que se llevaron a cabo a los dueños de equipo.
- Luego de implementar el plan de Mantenimiento Autónomo durante ocho (08) meses se pudo notar un incremento en el valor del MTBF (en un 16%) y del OEE (un 3% de incremento), demostrando una mejora fundamental en el desempeño de la línea de producción a través de la disminución continua de las tres principales paradas de la línea de producción.

6.2 Recomendaciones

- Tener con seguridad que los miembros del equipo seleccionados para participar en el programa de Mantenimiento Autónomo tengan la disponibilidad de aprender técnicas y herramientas nuevas y realizar tareas diferentes a su rutina.
- Unificar el equipo de trabajo correspondiente al LTS para determinar el rol que cada uno cumplirá y las tareas que ejecutará.
- Solicitar apoyo en el resto de las áreas de la Dirección de Operaciones para que tengan conocimiento del programa y colaboren hasta donde puedan para ayudar a su desarrollo.
- No descuidar la importancia de encontrar los defectos que provocan la parada de la línea de producción para no perder el trabajo ya logrado.
- Se recomienda seguir implementando el programa de Mantenimiento Autónomo hasta cumplir con las metas pautadas en Paso 3, de manera que se asegure la estabilización del desempeño de la línea de producción.



- Implementar el programa en otras líneas de producción que presenten oportunidades de mejora para lograr un mejor desempeño de la fábrica en general.



REFERENCIAS

- Sabino C. (1992) *El proceso de investigación*. Venezuela, Caracas. Editorial Panapo de Venezuela
- Hernández, R. (1998) *Metodología de la investigación* (Cuarta Edición). México D.F. Editorial MacGrawHill
- Tamayo, M. (1997) *El proceso de la investigación científica*. (Tercera Edición). México, D.F. Editorial Limusa
- Montgomery, D & Runger, G. (1996) *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. México D.F. Editorial MacGrawHill
- Arias, F. (2006) El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica. Consultado el: 06/09/2018. Disponible en: http://www.colegioiberoamericano.edu.ve/pdf/FidiasArias-proyecto_Invest_6taEdic.pdf
- Hernández, R. & Fernández, C. & Baptista, P. (2007) Metodología de la investigación. Consultado el: 07/09/2018. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- Manual UPEL (2003) Manual de trabajos de grado de especialización y maestrías y tesis doctorales. Consultado: 08/09/2018. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/59482717/UPEL-Manual-de-Trabajos-de-Grado-de-Especializacion-y-Maestria-y-Tesis-Doctorales>
- Hurtado, J. (2010) Guía para la recolección holística de la ciencia. Consultado: 13/09/2018. Disponible en: <http://dip.una.edu.ve/mpe/017metodologiaI/paginas/Hurtado,%20Guia%20para%20la%20comprension%20holistica%20de%20la%20ciencia%20Unidad%20III.pdf>
- Bernal, C. (2000) Metodología de la investigación. Consultado: 20/09/2018. Disponible en: <file:///C:/Users/paolo/Downloads/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%203edici%C3%B3n%20Bernal.pdf>



- Calderón, A. & Cani, W. (2018) “Propuesta de mejoras a las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores de un supermercado situado en el sur este de Caracas, para el año 2018. “ Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- Ferreira, M.A & Rodríguez, M.F (2011) “Propuesta de un plan de mantenimiento para los equipos que integran los sistemas vitales de una institución hotelera”. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- Agostini, L. & Bermúdez, L. (2006) “Propuesta de un plan de mantenimiento de instalaciones y equipos de una empresa renovadora de neumáticos basados en el modelo de mantenimiento preventivo planificado (MPP). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.