



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la

Producción

“Análisis del proceso de implementación y mantenimiento de la metodología S-DBR en una mediana Industria Procesadora de Plásticos del Ecuador.”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERAS INDUSTRIALES

Presentada por:

Diana Elizabeth Sandoval Correa
Berenice Carolina Quimiz Herrera

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis queridos padres por haberme acompañado e incentivado en todo el trayecto de mi proyecto y al Dr. Marcos Buestán, quien con su experiencia ha sido la guía idónea durante el proceso que ha llevado la realización de este Proyecto de Grado.

Diana Sandoval Correa

DEDICATORIA

Dedicado a Dios por darme la vida y a mis queridos padres, quienes con amor y ejemplo me han transmitido los valores y principios necesarios para desenvolverme como persona y como profesional.

Diana Sandoval Correa

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, a mis hermanos, al Dr. Marcos Buestán por todo el apoyo durante el desarrollo de este Proyecto de Grado, y en especial a Dios por guiarme en cada paso que doy día a día.

Berenice Quimiz Herrera

DEDICATORIA

A mis Padres, quienes me han acompañado en cada etapa de mi vida y en especial a Dios a quien le debo todo lo que tengo.

Berenice Quimiz Herrera

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Dr. Marcos Buestán B. Phd.
DIRECTOR DE TFG

Dra. María Denise Rodríguez Z. Phd.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Diana Elizabeth Sandoval Correa

Berenice Carolina Quimiz Herrera

RESUMEN

PLÁSTICOS S.A. es el nombre ficticio que se utilizará para referirse a la Industria Procesadora de plásticos en la cual se ha realizado el análisis e investigación que se presentará en éste Proyecto de Grado.

Plásticos S.A. es una Industria que lleva más de 30 años en el mercado ecuatoriano, se dedica a la fabricación y comercialización de productos plásticos tales como fundas, rollos y láminas naturales o impresas. Sus productos están orientados hacia todos los sectores Industriales y Comerciales del país y trabaja bajo órdenes de pedido de sus clientes.

Hace aproximadamente 7 años, el cumplimiento de las fechas acordadas de entrega de las órdenes de trabajo estaban alrededor del 60%, lo cual se reflejaba en quejas de clientes y representaba un gran problema para la empresa, pues se veía amenazada por una creciente competencia y al no contar con una diferenciación en el mercado, perdía la fidelización de sus clientes.

Ante el problema antes mencionado se realizó un análisis del Proceso de Fabricación y se detectaron los siguientes puntos: orden inadecuado en la liberación de pedidos, desorganización en la planta, excesivo producto en proceso (WIP), tiempos muertos, entre otros; por esta razón la Gerencia

decidió contratar la asesoría directa del Gurú de la Calidad y creador de la metodología TOC Eliyahu M. Goldratt.

La implementación de la metodología TOC le otorgó a Plásticos S.A. soluciones para mejorar sus operaciones y gestionar de mejor manera sus proyectos, incrementando la productividad de la planta y disminuyendo considerablemente los tiempos de entrega al implementar mejoras enfocadas a la realidad de la empresa.

Plásticos S.A. fue una de las primeras PYMES en el Ecuador que aplicó sistemáticamente la Teoría de Restricciones como herramienta estratégica para mejorar sus procesos, alcanzando altos niveles de eficiencia, lo que lo convirtió en un modelo de referencia para la difusión general de la metodología TOC en el Ecuador.

El objetivo de este proyecto es analizar el proceso de implementación y mantenimiento de la metodología TOC a través del tiempo, para lo cual se evaluará cada uno de los pasos del Árbol de Estrategias y Tácticas S-DBR¹ con los cambios que permitieron ajustar los procesos hacia una nueva forma de trabajo.

Para este fin fue necesario realizar un levantamiento de información por medio de entrevistas a los actores involucrados en los procesos, revisión de

¹ Árbol de Estrategia S-DBR: Son estrategias y tácticas para lograr la visión viable de una empresa, el cual tiene como objetivo crear una ventaja competitiva.

datos estadísticos, observación del funcionamiento actual de los procesos de manufactura y toma de tiempos. Luego de realizar un análisis de esta información se detectaron los beneficios obtenidos y las falencias iniciales que enfrentaron, las mismas que se fueron corrigiendo a medida de que cada uno de los colaboradores entendía los cambios y realizaba los ajustes necesarios para lograr el cumplimiento de sus objetivos.

Como resultado del análisis, se pudo concluir que la implementación de la metodología TOC fue un éxito, ya que se obtuvieron resultados concretos que se reflejan en la mejora de los procesos, puntualidad en las fechas de entrega e incremento en las ventas.

Actualmente, Plásticos S.A. posee una estrategia clara y todos sus colaboradores están alineados para el cumplimiento de sus objetivos, sin embargo luego de toda implementación es indispensable mantener un proceso de mejora continua que permita detectar posibles fallas y tiempos de desperdicio. Se evidenció que el tiempo de preparación de equipos es muy alto, motivo por el cual se recomienda elaborar un Plan de Acción para la implementación de la herramienta SMED, que permitirá disminuir dichos tiempos.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	v
ABREVIATURAS ..	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.....	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo General	6
1.2.2 Objetivos Específicos	6
1.3 Planteamiento del Problema.....	7
1.4 Metodología usada para el desarrollo del Proyecto de Graduación	8

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Estrategia de Manufactura Make to Order (MTO).....	11
2.2 Introducción a la Metodología de la Teoría de Restricciones	12
2.2.1 Fundamentos del Sistema Tambor-Amortiguador-Cuerda simplificado (S-DBR)	21
2.2.2 Descripción del Árbol de Estrategias y Tácticas para un entorno MTO.	27
2.3 Introducción a la Metodología “Single Minute Exchange of Die” (SMED).....	38

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.	41
3.1 Descripción general de la empresa	41
3.1.1 Identificación de la Empresa	41
3.1.2 Historia, desarrollo y crecimiento de la Empresa	41
3.1.3 Objetivos	43
3.1.4 Políticas.....	43
3.1.5 Organigrama funcional	44

3.1.6 Familias de Productos	45
3.2 Descripción del Proceso de Manufactura	45
3.2.1 Equipos existentes	45
3.2.1.1 Extrusoras	47
3.2.1.2 Impresoras	50
3.2.1.3 Selladoras	52
3.2.1.4 Cortadora	52
3.2.2 Proceso detallado.....	53
3.2.3 Flujo de Procesos.....	54
3.2.4 Distribución de procesos por familia de productos	55

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN CON RESPECTO AL ÁRBOL DE ESTRATEGIAS Y TÁCTICAS PARA UN ENTORNO MTO..	56
4.1 Ahogar la entrada	60
4.1.1 Establecimiento de Buffers de Tiempo	60
4.1.2 Generación de fechas de liberación	64
4.1.3 Obedeciendo fechas de liberación	70
4.1.4 WIP excesivo.....	72

4.2 Administrar Prioridades	73
4.2.1 Configuración del sistema de Gerencia de Amortiguador (BM).....	75
4.3 Administrar los recursos restringidos de capacidad (CCR).....	77
4.4 Control de la carga y establecimiento de fechas de entrega	80
4.4.1 Capacidad de los CCR	81
4.4.2 Ventas por familia.....	84
4.4.3 Establecimiento de Fechas de Entrega	86
4.4.4 Aprovechamiento de Oportunidades	87
4.5 Mejora de Flujo Sistemáticamente (POOGI).....	88

CAPÍTULO 5

5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC)	90
5.1 Análisis de Indicadores	90
5.1.1 Utilización de los Recursos de Capacidad Restringida (CCR)	90
5.1.2 Cumplimiento en las fechas de entrega	93
5.1.3 Nivel de Inventario	95
5.1.4 Rentabilidad y Ventas	97
5.1.5 Reclamos y devoluciones	98

CAPÍTULO 6

6. PROPUESTA DE MEJORAS.....	100
6.1 Identificación de Oportunidades de Mejora	100
6.2 Metodología “Single Minute Exchange of Die” (SMED).....	106
6.2.1 Tiempos de preparación de equipos (CCR)	107
6.2.2 Planes de acción	113
6.3 Evaluación Financiera	115

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
7.1 Conclusiones	117
7.2 Recomendaciones	119

APÉNDICES	121
------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	124
---------------------------	-----

ABREVIATURAS

TOC	Teoría de las Restricciones
S-DBR	Sistema Tambor – Amortiguador – Cuerda Simplificado
MTO	Make to Order – Producción bajo pedido
SMED	Single Minute Exchange of Die – Cambio Rápido menor de 10 minutos
WIP	Work in Process – Producto en Proceso
CCR	Capacity Constrained Resource – Recurso de Capacidad Restringida
BM	Buffer Managment – Gerencia de Amortiguador
GA	Gerencia de Amortiguador
PEBD	Polietileno de Baja Densidad
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
ERP	Sistema de Información para la Planificación de Recursos Empresariales y requerimiento de materiales.

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Lista de Equipos y su Capacidad Productiva	46
Tabla 2 Espesor de la película en función de la velocidad en el motor y en el rodillo de tiro	48
Tabla 3 Tipos de Impresión	50
Tabla 4 Tipos de Sellado	52
Tabla 5 Materia Prima utilizada.....	54
Tabla 6 Implementación del Árbol de Estrategia y Tácticas en Plásticos S.A.	58
Tabla 7 Porcentaje aceptable de órdenes en rojo.....	61
Tabla 8 Ajuste de Amortiguadores de Tiempo Plásticos S.A.....	63
Tabla 9 Amortiguadores de Tiempo - Plásticos S.A.....	68
Tabla 10 Ejemplo de Gerencia de Amortiguadores	80
Tabla 11 Lead Time, Productos Express y Súper Express - Plásticos S.A... ..	88
Tabla 12 Porcentaje de órdenes en Rojo y Negro de Plásticos S.A.	94
Tabla 13 Propuestas de Mejoras - Plásticos S.A.	103
Tabla 14 Oportunidades de Mejora para Setups de Impresión.....	112
Tabla 15 Plan de Acción	114
Tabla 16 Evaluación Financiera.....	115

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 2.1 Pilares TOC.....	13
Gráfico 2.2 Árbol de Estrategias y Tácticas para un Entorno MTO.....	28
Gráfico 2.3 Análisis de la Fecha de Entrega al Cliente.....	35
Gráfico 3.4 Organigrama Funcional de Plásticos S.A.	44
Gráfico 3.5 Familia de Productos.....	45
Gráfico 3.6 Proceso de Extrusión	47
Gráfico 3.7 Flujo Detallado del Proceso de Extrusión.....	49
Gráfico 3.8 Flujo Detallado del Proceso de Impresión	51
Gráfico 3.9 Flujo Detallado del Proceso de Corte	52
Gráfico 3.10 Flujo Detallado del Proceso de Ingreso de Orden de Producción	53
Gráfico 3.11 Secciones Productivas	54
Gráfico 3.12 Diagrama de Recorrido por Tipo de Producto	55
Gráfico 4.13 Desempeño Vs Tiempo - TOC	57
Gráfico 4.14 Árbol para un Entorno MTO - Fase 1	57
Gráfico 4.15 Porcentaje de Órdenes en Rojo y Negro - Plásticos S.A.....	63
Gráfico 4.16 Generación de Fechas de Liberación.....	65
Gráfico 4.17 Utilización de Equipos Plásticos S.A.	66
Gráfico 4.18 Generación de Fechas de Liberación - Plásticos S.A.....	67
Gráfico 4.19 Porcentaje de Órdenes en Rojo Año 2007 - Plásticos S.A.....	67
Gráfico 4.20 Sistema de Prioridades por Código de Colores.....	74
Gráfico 4.21 Sistema para Administración de Amortiguador - Plásticos S.A.	76
Gráfico 4.22 Estatus de la Orden de Producción.....	77
Gráfico 4.23 Capacidad (Kg/Hr) Vs Utilización Extrusión - Plásticos S.A.	83
Gráfico 4.24 Capacidad (Kg/Hr) Vs Utilización Impresión - Plásticos S.A. ...	84

Gráfico 4.25 Porcentaje de Participación entre Productos Impresos y No Impresos	85
Gráfico 4.26 Control de Carga del CCR.....	87
Gráfico 5.27 Utilización Extrusoras Vs Impresoras - Plásticos S.A.....	91
Gráfico 5.28 Utilización Extrusoras Vs Utilización Impresoras Año 2014 - Plásticos S.A.....	92
Gráfico 5.29 Utilización Extrusoras e Impresoras Vs Nivel de Servicio - Plásticos S.A.....	93
Gráfico 5.30 Porcentaje de Órdenes en Rojo y Negro - Plásticos S.A.....	94
Gráfico 5.31 Nivel de Servicio - Plásticos S.A.....	95
Gráfico 5.32 Inventarios de Mp, WIP Y PT - Plásticos S.A.....	96
Gráfico 5.33 Inventario (Tn) Vs ventas – Plásticos S.A.	96
Gráfico 5.34 Utilización de Extrusoras e Impresoras Vs WIP - Plásticos S.A.	97
Gráfico 5.35 Histórico de Ventas - Plásticos S.A.	98
Gráfico 5.36 Ventas Vs Número de Reclamos - Plásticos S.A.	99
Gráfico 5.37 Utilización de CCR's Vs Número de Reclamos – Plásticos S.A.	99
Gráfico 6.38 Herramientas Lean Manufacturing	103
Gráfico 6.39 Fases de Implementación SMED	107
Gráfico 6.40 Tiempo de Preparación por Actividad de Impresoras - Plásticos S.A.....	112

INTRODUCCIÓN

La Teoría de las Restricciones (TOC) es una filosofía administrativa creada por el Dr. Eliyahu M. Goldratt hace más de 30 años, que ofrece a las compañías manufactureras una mejora significativa en la productividad de la planta y entregas a tiempo. TOC busca aumentar el tróput², reducir el inventario y disminuir los gastos operativos.

En el presente proyecto se analizará y evaluará el proceso de implementación y mantenimiento de la metodología TOC para un entorno MTO a través del tiempo, utilizando el Árbol de Estrategias y Tácticas S-DBR como una herramienta que nos permite determinar los cambios que fueron realizados para ajustar los procesos hacia una nueva forma de trabajo. Así mismo, se busca detectar oportunidades de mejora que permitan a Plásticos S.A. mejorar sus indicadores de desempeño.

Este proyecto ha sido desarrollado en una mediana Industria Procesadora de Plásticos, que gracias a la implementación de la metodología TOC, alcanzó niveles altos de eficiencia, por consiguiente esta empresa servirá como un modelo de referencia para la difusión de la metodología en el Ecuador.

² Tróput: Velocidad a la que un sistema genera dinero a través de las ventas y/o tasa de producción del sistema en un tiempo determinado.

GLOSARIO TOC

Estrategia: la estrategia de una organización determina la dirección de todas las actividades.

Táctica: la táctica son las actividades necesarias para lograr los objetivos, para aplicar la estrategia.

Buffer o Amortiguador: el amortiguador puede ser de tiempo o de material y sostener el tróput y desempeño de las fechas de entrega al cliente.

Inventario: es el material comprado para ser revendido e incluye producto terminado, producto en proceso y materia prima.

Restricción: es cualquier factor que obstaculice que un sistema llegue a un nivel más alto de desempeño.

Tróput: tasa de producción, velocidad a la que la empresa genera dinero a través de las ventas.

Utilización: es la fracción de tiempo que una estación de trabajo se encuentra ocupada.

$$U = \frac{\textit{Tasa de arribo}}{\textit{Tasa efectiva de producción}}$$

Materia prima: es todo aquello que compramos o producimos para el proceso productivo.

Producto terminado: es aquello que va al cliente ya que sale del sistema.

WIP: es todo el producto que se encuentra dentro de la línea.

Pedido del cliente: orden requerida por el cliente, el cual tiene estos 3 elementos: cantidad, concepto y fecha de entrega.

Lead time: tiempo que ofrezco de entrega del producto terminado al cliente.

Capacidad: límite superior del tróput que se tiene en proceso productivo.

Nivel de servicio: es la probabilidad de que el tiempo de ciclo sea menor o igual que la fecha de entrega al cliente.

Cuello de botella: es la tasa promedio de producción de la estación de trabajo que tiene el mayor nivel de utilización. Sucede en la máquina que más se utiliza, no necesariamente es la que más se demora.

Ley de Little: es una relación matemática que permite calcular la longitud de cola, identificar oportunidades de reducción de tiempo y facilitar el cálculo del tiempo de ciclo.

$$\textit{Tiempo de Ciclo} = \frac{WIP}{\textit{Tróput}}$$

Set up: tiempos de preparación.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Las Pequeñas y Medianas Industrias (PYMES) del Ecuador representan el 95% de unidades productivas y generan más del 60% de empleo en el país, cuentan con una amplia capacidad de adaptación y son flexibles para realizar cambios, sin embargo entre sus debilidades encontramos que: poseen insuficiente o inadecuada tecnología y maquinaria para la fabricación de productos, no cuentan con personal capacitado para el correcto desempeño de sus funciones, tienen costos elevados por diferentes tipos de desperdicio y su nivel de servicio es regular.

El grupo de PYMES que se encuentra en el rubro plástico es de aproximadamente 300 empresas, de las cuales tan solo un 20%

abarca el 80% del mercado (Ley de Pareto); no obstante, la numerosa competencia obliga a estas empresas a ser cada vez más competitivas, ofrecer productos de alta calidad y brindar un buen nivel de servicio asegurando el cumplimiento en las fechas de entrega.

Por estos motivos, los empresarios se han dado cuenta que es necesario realizar cambios en su administración o sistema de trabajo para poder convertirse en empresas más productivas y competitivas, enfocando la estrategia hacia las ventas, las finanzas, la investigación de mercados o tecnología. Por lo general, los cambios son impuestos por el mercado; es decir, el cambio es una fuerza que proviene del mercado y los medios para satisfacer a esta fuerza están en la producción.

Las empresas buscan nuevos modelos de operación, con un sistema de control de producción que permita mejorar el rendimiento, mantener organizada la planta, establecer un sistema de liberación de pedidos adecuado y mantener un buen nivel de inventario.

La empresa en estudio, Plásticos S.A. cambió su forma de trabajo mediante la implementación de la “Teoría de las Restricciones” (TOC), que es una metodología de planificación

de la producción, la misma que le permitió organizarse de mejor manera, tomando como factor de diferenciación la entrega a tiempo de sus productos y como resultado el incremento de la satisfacción de sus clientes y la eficiencia de sus procesos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Analizar el proceso de implementación y mantenimiento de la metodología S-DBR y evaluación de los resultados obtenidos en una mediana Industria Procesadora de Plásticos del Ecuador.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar la descripción del proceso actual de manufactura, identificando los CCR y rutas de productos por familia.
- Describir el Árbol de Estrategias y Tácticas S-DBR para un entorno MTO, aplicado para la implementación de esta metodología en la industria.
- Analizar el proceso y efectividad de la implementación de la metodología TOC, comparando métricas del antes y después de su aplicación, para evaluar los resultados de su ejecución a través de datos.

- Identificar oportunidades de mejora que permitan mejorar sus niveles de desempeño.

1.3 Planteamiento del Problema

Plásticos S.A. es una empresa que fabrica y comercializa rollos y fundas de plástico, los cuales son considerados como productos genéricos, es decir que al tener una calidad estándar, no se diferencia si han sido elaborados en una empresa u otra, lo cual conlleva a una competencia por precios entre compañías.

La empresa, constituida hace más de 30 años, ha mantenido el mismo sistema de producción a través del tiempo. Inicialmente el sistema utilizado no representaba un problema para el manejo de la producción, pero al pasar los años y con el aumento de la demanda, se detectaron factores como: desorganización de la planta, orden inadecuado en la liberación de pedidos, retraso en las fechas de entrega de productos y altos niveles de inventario, que determinaron este método de administración de la producción como ineficiente.

El incumplimiento del 40% de las fechas acordadas de entrega de sus Ordenes de Pedido reflejadas en las quejas de sus clientes, la amenaza de una creciente competencia, el no contar

con una diferenciación por tener precios y calidad de productos dentro del promedio del mercado y la pérdida de fidelización de sus clientes, les obligó a contratar los servicios de un asesor externo, quien implementó la metodología TOC que les permitió alcanzar altos índices de eficiencia en sus procesos.

Plásticos S.A. aunque mantuvo a través del tiempo los cambios implementados en sus procesos, no incorporó una metodología de mejora continua que le permita mantener la eficiencia de los mismos, por lo que en el análisis realizado en este proyecto se ha detectado actividades que no agregan valor y que representan desperdicios, los mismos que generan pérdida de tiempo y costos ocultos en el desarrollo de sus procesos.

1.4 Metodología usada para el desarrollo del Proyecto de Graduación.

Para el desarrollo de este proyecto se siguieron los siguientes pasos:

- a) Levantamiento de información por medio de entrevistas a los actores de los procesos.

El primer entrevistado fue el Director TOC, responsable del soporte y mantenimiento de la metodología TOC y

documentos de Gestión de Calidad, posteriormente se conversó con los Jefes de Producción y Ventas, los cuales aplican la filosofía y principios de esta metodología.

No se pudo entrevistar a las personas que estuvieron directamente involucradas en el proceso de implementación de la metodología TOC, pues este cambio en la forma de administración se realizó hace más de 6 años.

- b) Observación minuciosa del funcionamiento actual de los procesos de manufactura para conocer a detalle cómo se lleva a cabo la elaboración de los productos e identificar el proceso que representa el cuello de botella en la línea de producción.
- c) Utilización del Árbol de Estrategias y Tácticas para un entorno MTO como referencia para solicitar información clave que permita determinar si la implementación fue realizada adecuadamente.
- d) Recolección de información histórica y actual de diferentes indicadores como: nivel de servicio, nivel de inventario, ventas, entre otros; lo cual nos permitió realizar un análisis

comparativo y evaluar las mejoras obtenidas con el nuevo modelo de trabajo.

e) Medición del tiempo de preparación de los equipos CCR

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estrategia de Manufactura Make to Order (MTO)

Make to Order (MTO) o Producción bajo pedido, es un sistema de manufactura en el cual el proceso de producción comienza después de haber recibido órdenes o pedidos de los clientes.

En el caso de una estrategia de manufactura MTO, todos los materiales y componentes tienen que ser obtenidos sobre la recepción de la orden del cliente, es decir que la orden del cliente inicia todas las acciones de la cadena de suministro, desde la adquisición de materiales y piezas, la fabricación de partes y subconjuntos de piezas, hasta el ensamblaje final. Sin embargo, a menudo, el producto en sí mismo o una variante del producto ya ha sido fabricado antes, y por lo tanto, la lista de materiales (BOM) y los planes del proceso se encuentran disponibles.

Por lo general cada pedido de los clientes posee características muy particulares, por ello la secuenciación y control de actividades productivas es más difícil en este tipo de sistema, ya que se debe utilizar el mismo equipo e instalaciones para procesar pedidos simultáneos con características diferentes.

Un sistema MTO pone énfasis en la variedad de los productos que quiere ofrecer, por esta razón, es aconsejable adquirir maquinarias de propósito general, capaz de producir las diferentes especificaciones de diseño de los clientes.

2.2 Introducción a la Metodología de la Teoría de Restricciones

La Teoría de Restricciones (TOC Theory of Constraints) se origina en los años 70 cuando el Dr. Eliyahu Goldratt realiza un software de programación de planeación y control de producción para industrias, pero en realidad fue en los años 80's que se difunde como un método de mejoramiento continuo llamado "Teoría de Restricciones". TOC aparece no solo como una solución a un problema de optimización de la producción, sino además como una aplicación a todo tipo de empresa ya sea de manufactura o de servicios, que propone alternativas para integrar y mejorar

todos los niveles de la organización, desde los procesos centrales hasta los problemas diarios.

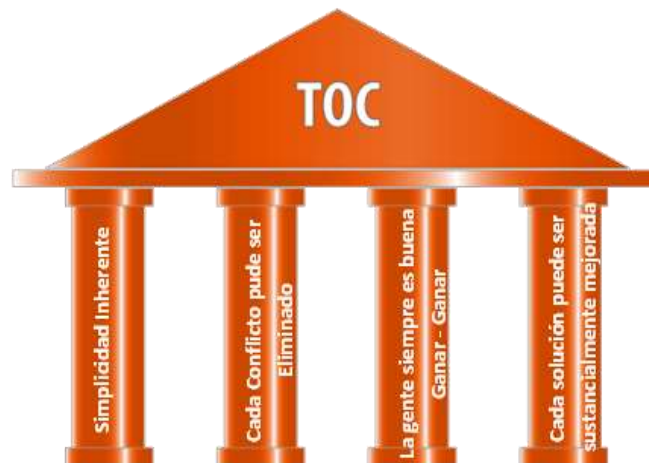


GRÁFICO 2.1 PILARES TOC

- Simplicidad Inherente: Se refiere a superar la percepción de que la realidad es compleja, como decía Newton "*La naturaleza es en extremo simple y está en armonía consigo misma*".

El Dr. Goldratt nos demuestra en su libro "The Choice", lo destructivo que significa la creencia del mundo como algo complejo: "La aseveración es que en todas estas situaciones existe una simplicidad inherente. La simplicidad surge cuanto toda esa cantidad de componentes y detalles se conectan

mediante relaciones simples de causa y efecto, y cuando todo ello surge de tan solo unos cuantos, muy pocos elementos”.

- Cada Conflicto Puede Ser Eliminado: Se refiere a no aceptar los conflictos como un hecho lo cual también es terriblemente destructivo.

El Dr. Goldratt expresa que "La Realidad no contiene contradicción pero está llena de conflictos." Con esto nos quiere decir que todo conflicto puede ser eliminado y no debemos rendirnos a la primera dificultad.

- La Gente Es Buena Siempre Ganar-Ganar: Se refiere a evitar culpar a los demás. El Dr. Goldratt está convencido que siempre hay una solución ganar-ganar para cualquier conflicto: “No son los demás los que deben resolver mis problemas o tomar las decisiones, la herramienta diseñada para esto está en función de que sea sincero conmigo mismo para encontrar una verdadera solución ganar-ganar.” Para resolver los conflictos ó lograr una meta ambiciosa, no se puede esperar que los demás resuelvan los problemas, el pensamiento TOC señala a uno mismo como primer agente de cambio.

- Cada Solución Puede Ser Sustancialmente Mejorada: Nunca creer que ya lo sabemos todo. El Dr. Goldratt nos demuestra a través de este cuarto pilar lo terrible que puede ser ese pensamiento "*Nunca digas 'yo sé', porque la convicción de que sabemos, nos impide seguir mejorando la situación*", porque de hecho toda situación puede ser mejorada.

Estos cuatro pilares definen actitudes y estructuras de pensamiento que son punto de partida para tener libertad de elección y lograr un "proceso de mejora continua".

Parámetros Operativos Financieros

TOC establece los parámetros operativos financieros claves para un proceso de producción, estos se basan en el supuesto de que la meta de las organizaciones es ganar dinero ahora y en el futuro, los parámetros son:

- Trúput o rendimiento: Es la velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas.
- Inventario: Las inversiones en materiales que una organización tiene el deseo de vender, o que tiene la posibilidad de vender aunque no sea su objetivo.

- Operativo de costos: El dinero utilizado en el proceso para la elaboración del producto y transformar el inventario en tróput.

Supuestos de la Metodología TOC

La metodología TOC se basa en tres supuestos:

1. Primer supuesto: Afirma que un Sistema posee una meta y debe haber un conjunto de condiciones necesarias que logren cumplir esa meta.
2. Segundo supuesto: La suma de las partes de un sistema no representa el éxito del mismo.
3. Tercer supuesto: Probablemente solo una variable de todas las variables limita el rendimiento del sistema, estas variables son las restricciones.

TOC gestiona las Restricciones, buscando lograr optimizar el proceso en base a los limitados recursos disponibles mejorando el ritmo del eslabón más débil.

Tipos de Restricciones

- Físicas: Cuando la limitación pueda estar vinculado con un factor real del proceso de producción, como por ejemplo: maquinarias, materia prima, mano de obra, etc.
- De mercado: Cuando la limitación está asignada por la demanda de sus productos o servicios.
- De políticas: Cuando la compañía sigue procedimientos, reglas, sistemas de evaluación o maneras de operación diferentes a su productividad o que lleven a resultados opuestos a los esperados.

Enfoque sistemático del TOC

El Dr. Goldratt propuso su método de mejora continua como una manera de cerciorarse que la administración de la empresa no olvide el objetivo y la restricción que es lo primordial.

TOC plantea el siguiente proceso de 5 pasos, para enfocar los esfuerzos de mejora:

1. Identificación del Cuello de Botella:

Una restricción es una variable que condiciona un curso de acción. La restricción del proceso puede ser física o ser una política o un protocolo por seguridad, etc.

2. Explotar la restricción:

Se debe obtener la mayor producción posible de la restricción, explotarla a su máxima capacidad. La restricción se conoce como TAMBOR porque marca el ritmo de la operación.

Ejemplos de cómo explotar una restricción:

-Si la restricción fuera una máquina, se la asignaría a los operarios más capacitados, se haría un control de calidad antes de que la máquina procese las piezas, se rotaría a los operarios en horas de almuerzo para que la máquina no pare por falta de materiales.

-Si la restricción está en el mercado, porque no hay ventas suficientes, se podría asegurar que todos los pedidos se entreguen en el tiempo establecido con el cliente.

3. Subordinación de los procesos al ritmo de la restricción:

Todas las demás actividades se deben ajustar para apoyar al cuello de botella para funcionar al máximo.

4. Elevar la Restricción:

Si el rendimiento del sistema aun no es el apropiado, se debe considerar inversiones para mejorar o eliminar la restricción.

5. Repetir el Ciclo:

Si en los pasos anteriores se elimina una restricción, volver al paso 1, para trabajar con la nueva restricción que se presente. Los viejos hábitos, políticas y reglas deben ser evaluados con los cambios realizados.

Una advertencia a considerar muy importante, es no dejar que la inercia se convierta en la restricción.

Restricción no es lo mismo que recurso de capacidad restringida, las restricciones impiden a una empresa lograr su más alto desempeño en relación a su Meta, en su mayoría criterios de decisión erróneos.

Sistema DBR Tradicional (DRUM: Tambor, BUFFER: Amortiguador, ROPE: Cuerda)

El sistema DBR es un método de planificación de la producción. Eliyahu M. Goldratt menciona que la diferencia entre DBR y otras técnicas de Planificación y Control de Producción, es la concentración de la planificación y el control en muy pocos puntos; DBR establece amortiguadores sólo para proteger las restricciones, no para cada operación del sistema.

Para poder llevar a cabo la programación de la producción en cada uno de los recursos productivos del sistema, es fundamental saber qué tipo de relación guarda cada recurso con el recurso de capacidad restringida.

Los pasos para realizar una programación basada en los principios de DBR son los siguientes:

1. Programar las entregas de productos a los clientes utilizando las fechas de entrega.
2. Programar las restricciones de capacidad restringida considerando los programas de entrega.
3. Optimizar los programas de las restricciones de capacidad.
4. Programar el lanzamiento de las materias primas y componentes teniendo en cuenta los programas de las restricciones.

Se debe de tomar en cuenta que no se programa toda la planta, solo los puntos críticos mínimos que asegurarán el control del sistema, esto trae ventajas como:

- Se disminuye significativamente el tiempo de programación de las operaciones sin perder el control.

- Se minimiza la probabilidad de reprogramaciones porque se disminuye la transmisión de las fluctuaciones aleatorias.

2.2.1 Fundamentos del Sistema Tambor-Amortiguador-Cuerda simplificado (S-DBR)

El sistema S-DBR es la nueva versión de DBR. Este sistema se percata de los beneficios del sistema tradicional DBR y al mismo tiempo soluciona algunos de los problemas sin crear nuevos. El sistema S-DBR es apropiado para muchos entornos. Se puede aplicar en situaciones muy simples que en el sistema tradicional DBR se complicarían.

A diferencia del sistema tradicional DBR, el sistema S-DBR es más sencillo de aplicar y utilizar, logrando los mismos resultados. Este sistema funciona de la misma manera que el tradicional pero con la ausencia de un recurso de capacidad restringida. Además de esta diferencia, en S-DBR existe un solo amortiguador: el amortiguador de entrega, y no se necesita una programación detallada para ningún centro de trabajo. También el S-DBR añade una nueva herramienta de control: planeación de la carga, para asegurar el rendimiento durante la operación.

Amortiguador en S-DBR

El sistema S-DBR utiliza un solo amortiguador: el amortiguador de entrega. Para empresas que producen bajo pedido, el plazo de entrega citado debe ser igual o algo mayor al amortiguador de entrega. Esto establece un límite inferior para el plazo de entrega. Mientras más corto es el plazo de entrega, éste se convierte en un factor competitivo para la empresa para poder captar más mercado. La empresa puede ofrecer una fecha de entrega tan temprana como la estimación del amortiguador de entrega, asumiendo que una orden de compra puede ser inmediatamente tomada como una orden de trabajo.

El amortiguador de entrega incluye el tiempo desde la liberación de la materia prima hasta el arribo del producto terminado a la bodega. Este tiempo incluye tiempos de preparación, movimiento, colas y variaciones a lo largo del proceso. A diversos productos se les pueden asignar diferentes tamaños de amortiguador, lo cual da la opción a la empresa de ofrecer diferentes plazos de entrega.

En S-DBR, la cuerda es la lista de materiales requerida cuando una orden de trabajo es generada por el Programa Maestro de Producción de la empresa. La metodología se esfuerza en que

haya solo una orden de trabajo para un pedido en vez de tener varias órdenes de trabajo para cada nivel de la lista de materiales.

Implementación de S-DBR

Además de la eliminación de todos los amortiguadores a excepción de uno, la diferencia más destacada entre el tradicional DBR y S-DBR es que la actividad del CCR no se planifica. Otra diferencia es la iniciación de la liberación de todo el material, la cual se establece desde el momento en que se determina la fecha en que la orden debe ser entregada.

Planificación y preparación

La planificación y preparación para implementar S-DBR incluye los siguientes pasos:

1. Implementar políticas para subordinar los requerimientos de mercado, tales como:

- Eliminar las eficiencias locales:

Es de suma importancia dejar a un lado las eficiencias locales si se espera explotar eficientemente la restricción del mercado. La

Gerencia debe adoptar la idea que las eficiencias locales lo que logran es perjudicar el comportamiento de los empleados e impiden alcanzar la meta global de la empresa. Este mensaje debe ser comunicado a todos los departamentos de la compañía mediante capacitaciones.

- Utilizar lotes pequeños de producción:

Para reducir los tiempos de preparación de máquinas, las industrias optan por producir grandes lotes de producto. Esto puede comprometer a otras órdenes de producción, las cuales en muchos casos se retrasan. Se debe reducir los lotes de producción solo hasta cierto tamaño que no convierta un recurso en un cuello de botella.

- Transferir el producto en proceso entre estaciones de trabajo en lotes que sean los más prácticos posibles:

Los lotes de transferencia no deben ser iguales a los lotes de producción; éstos deben ser mucho menores.

- Dar prioridad a las órdenes de trabajo con la fecha de entrega más temprana:

En S-DBR, se subordinan las eficiencias locales a los requerimientos del cliente, asumiendo que se quiere lograr una gran confiabilidad en los tiempos de entrega.

2. Establecer una coordinación entre ventas/marketing y producción:

En S-DBR, es necesario tener completamente explotada tanto la restricción del mercado como su interacción con el CCR.

3. Identificar el recurso de capacidad restringida:

Si la demanda excede la capacidad del sistema, se debe buscar un CCR activo dentro del sistema. Si esto no sucede, se procede a determinar qué recurso se llenará primero si se da el caso en que la demanda se incremente, y así se identifica en primera instancia el CCR.

4. Determinar el tamaño del amortiguador de entrega:

Productos con diferente ruteo dentro del proceso pueden necesitar diferente tamaño de amortiguador. El amortiguador de entrega depende de la cantidad de exceso de capacidad en el sistema. Mientras que el exceso de capacidad cambia a lo largo del tiempo, la adecuación del amortiguador debe ser revisada frecuentemente. Esto no significa que el amortiguador de entrega

debe ser cambiado constantemente, más bien solo cambios significativos en el exceso de capacidad deben influir en el tamaño del amortiguador. Se recomienda empezar con un amortiguador de entrega que sea el 50% del lead time actual. Al comenzar con la implementación este valor puede llegar a ser muy alto, pero se tiene que ir reduciendo poco a poco siempre y cuando las órdenes no penetren la zona roja.

5. Determinar las zonas del amortiguador de entrega:

Al igual que en el sistema DBR, el amortiguador de entrega se divide en tres zonas: Verde, amarilla y roja. La zona roja es una zona en la cual se encuentran las órdenes que se deben entregar en poco tiempo.

Control del Sistema S-DBR

Los procedimientos para mantener un control en el sistema están hechos para prevenir las siguientes condiciones:

- Cuando alguna orden esté en riesgo de atraso.
- Cuando la carga en un No-CCR empieza a incrementarse, lo cual puede producir que un nuevo recurso se convierta en un recurso de capacidad restringida.

El punto base de crear un amortiguador de tiempo es para suavizar las fallas en producción que resulta de la variabilidad, acomodándose con la planeación original de producción en un rango que se pueda anticipar. La integridad de la programación de las entregas se puede ver seriamente amenazada por la incertidumbre externa. Ante esto, se necesita tener un mecanismo de control que notifique cualquier sobrecarga antes que se convierta en algo crítico.

2.2.2 Descripción del Árbol de Estrategias y Tácticas para un entorno MTO.

El árbol S-DBR para un entorno MTO es una herramienta que facilita la implementación de TOC y el mejoramiento continuo en la organización, declara una Visión Viable y determina las estrategias, tácticas y supuestos para cada uno de los pasos en el desarrollo de esta metodología, con el objeto de crear una ventaja competitiva decisiva.

Las estrategias definen el propósito que se quiere lograr o el efecto deseado, las tácticas establecen la manera o forma para alcanzar la estrategia, mediante la aplicación de un sistema o un determinado modo de operación y los supuestos son hipótesis

que deben ser consideradas para proceder con la implementación.

El árbol S-DBR para un entorno MTO establece como Visión Viable, la construcción de una ventaja competitiva decisiva a través de confiabilidad en el cumplimiento de las fechas de entrega, para ello es necesario tener un alto nivel de servicio, ventas confiables y aprovechar al máximo la capacidad productiva de la organización.

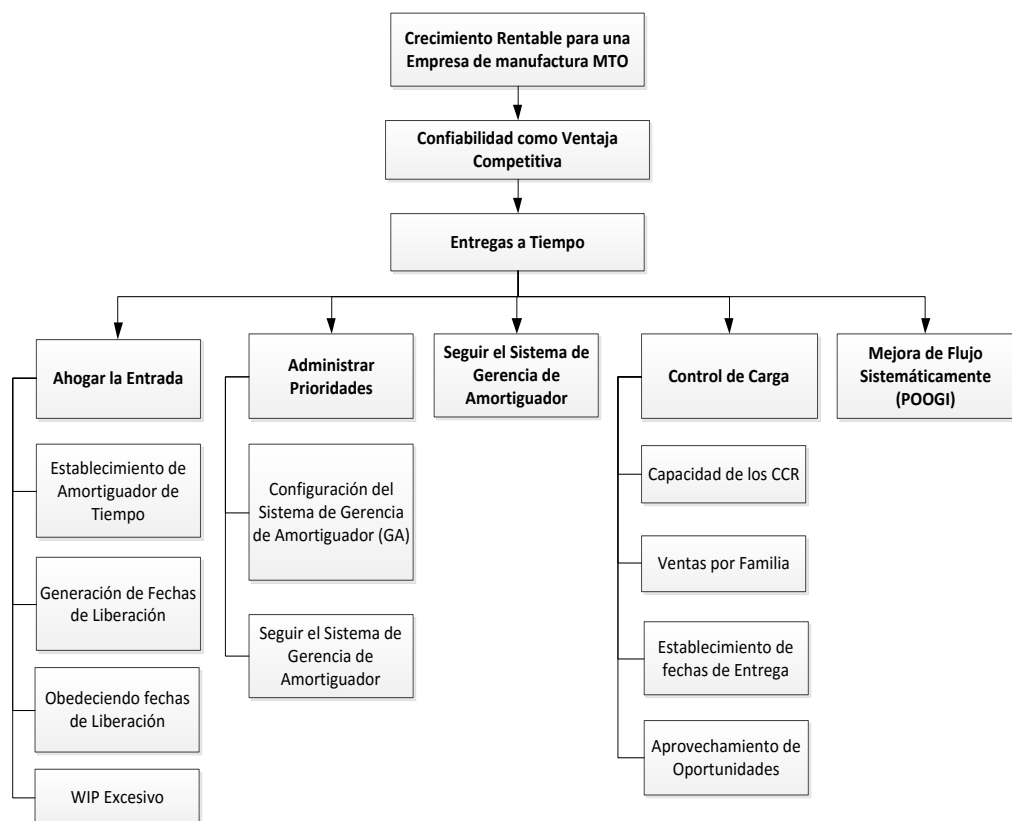


GRÁFICO 2.2 ÁRBOL DE ESTRATEGIAS Y TÁCTICAS PARA UN ENTORNO MTO

A continuación se detallan los 4 pasos del Árbol S-DBR, fase 1, para lograr cumplir con las fechas de entrega establecidas. Se detalla para cada paso la estrategia, táctica y supuestos para alcanzar la Visión Viable de la organización:

Paso 1: Ahogar la entrada

Ahogar la entrada es no liberar órdenes al piso de trabajo antes de su amortiguador de tiempo definido.

La estrategia de ahogar la entrada es que el piso de trabajo debe ser llenado únicamente con órdenes que cumplan con el amortiguador de producción establecido.

Las tácticas a seguir son las siguientes:

- Establecer amortiguadores de tiempo de producción para cada grupo de productos que tengan tiempos de ciclo similares. El amortiguador debe ser igual al 50% del tiempo de ciclo actual.
- Liberar las órdenes de producción al piso de trabajo solo un tiempo de amortiguador antes de la fecha de entrega, el exceso de trabajo en proceso (WIP) se congela hasta que llegue su momento de acuerdo con la regla anterior.

Se debe tener en consideración los siguientes supuestos:

- Tener demasiadas órdenes en el piso de trabajo oculta las prioridades y prolonga el lead time
- El tiempo de toque es una fracción muy pequeña (<10%) del lead time.
- La liberación de materiales, justo a la mitad del tiempo de espera antes de la fecha de entrega, reduce el tiempo de ciclo a menos de la mitad, la fecha de entrega mejora considerablemente, el rendimiento aumenta y el exceso de capacidad se revela. Estos resultados se logran con independencia de si existe o no un cuello de botella.

Ahogar la entrada, consta de 4 condiciones:

1. Establecimiento de Amortiguadores de tiempo:

- Cuando el tiempo de fabricación es igual para diferentes productos, se utiliza el mismo amortiguador.
- Los amortiguadores de producción solo se crean cuando la diferencia de tiempo de fabricación para los productos es mayor a $\frac{1}{4}$.
- El Amortiguador de tiempo es la mitad del tiempo de ciclo.

2. *Generación de fechas de liberación:*

Se debe programar la liberación de las órdenes de acuerdo al amortiguador de tiempo definido por medio de un software que considere:

- Órdenes abiertas
- Listas de materiales
- Los inventarios en todos los niveles
- La información de procesamiento por lotes
- Los tiempos de transporte hasta el destino deseado

3. *Obedeciendo fechas de liberación*

El calendario de lanzamientos de órdenes de producción se debe seguir y cumplir de forma efectiva, para conseguir resultados como reducción de WIP, reducción del tiempo de ciclo a menos de la mitad y un mayor cumplimiento en las fechas de entrega.

4. *WIP excesivo*

El WIP excesivo debe congelarse, incluyendo todas las órdenes que ya han sido liberadas al piso de trabajo, en las cuales el lead time es mayor a la longitud del amortiguador más 1/3.

Paso 2: Administrar Prioridades

La empresa debe establecer prioridades en función de un esquema estándar y transparente para todos los colaboradores de la empresa caso contrario puede causar caos en el piso de trabajo, ocasionando atrasos en órdenes de producción.

Lo que se desea lograr con la administración de prioridades es que el piso de producción este gobernado por un solo sistema de prioridades simple y a la vez robusto, esto mejora el flujo de proceso, acorta los tiempos de respuesta y revela amplia capacidad.

La estrategia de Administrar prioridades es regir por medio de un sistema de prioridad sencillo y eficaz el piso de trabajo.

La táctica a considerar es Utilizar únicamente la gerencia de amortiguadores como sistema que defina prioridades.

Los supuestos a considerar son los siguientes:

- Las prioridades febriles que no siguen un orden, causan el caos en el piso de trabajo.
- Utilizar un sistema simple de prioridad que se base únicamente en el tiempo transcurrido desde la liberación, genera excelentes resultados.

- Se establecen prioridades de acuerdo al grado en que se consume el tiempo de amortiguador (sistema de código de cuatro colores).

Paso 3: Control de la carga y establecimiento de las fechas de entrega

Considerar la carga del sistema al dar fechas de entrega puede mejorar todavía más la entrega a tiempo.

La estrategia de control de carga es el cumplimiento en las fechas de entrega que la compañía ofrece a sus clientes siempre debe cumplirse independientemente del incremento en las ventas.

El mecanismo está en su lugar para permitir las ventas a determinar y ofrecer, en cuestión de minutos, los compromisos fiables de fecha de entrega, que se basan en la carga real (en CCR), es la táctica del control de carga.

Los supuestos a considerar son los siguientes:

Ahogar la entrada de trabajo y seguir prioridades correctas del sistema mejoran el flujo, acortan los plazos de entrega y revelan una amplia capacidad. Teniendo en cuenta la carga del sistema

al dar fechas de entrega puede mejorar la entrega a tiempo aún más.

Ofrecer "tiempos de respuesta estándar" no pueden coexistir indefinidamente con alto rendimiento de fecha de entrega a tiempo cuando las ventas están subiendo. (Porque: Cuando las ventas están creciendo rápidamente la carga de los recursos claves aumenta. La diferencia entre las fechas de entrega basadas en los tiempos estándares de respuesta y las fechas de entrega es inevitable).

Comprometer fechas de acuerdo con la capacidad libre del recurso más cargado abre la posibilidad de liberar órdenes antes de tiempo de una manera controlada, convirtiendo el WIP en producto terminado en vez de mantenerlo como Materia Prima, esto mejora el flujo de caja de la compañía.

En cuestión de minutos una fecha puede ser dada en base a la carga ya comprometida y no a la fecha de producción estándar.

Para obtener fechas de entrega confiables, el departamento de ventas debe coordinar las fechas de entrega con el departamento de operaciones, para establecer las fechas en el que este pueda cumplir la entrega.

Como la carga planeada en una estimación burda del tiempo en el cual un nuevo pedido puede ser procesado por el CCR, debemos aumentar medio tiempo la carga planeada y obtener una fecha de entrega confiable para el pedido.

En el siguiente Gráfico se muestra como se calcula la fecha de entrega al cliente:

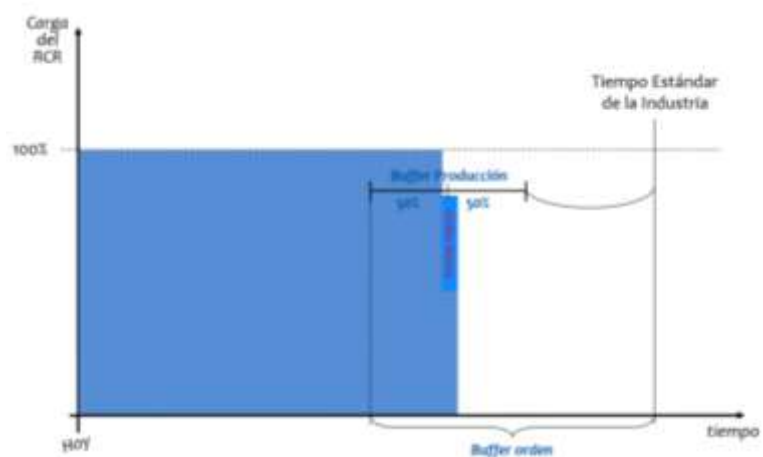


GRÁFICO 2.3 ANÁLISIS DE LA FECHA DE ENTREGA AL CLIENTE

Donde el eje X es el tiempo, el origen es el día de hoy y el eje Y es control de la capacidad del CCR. La franja azul son todos los pedidos que están comprometidos y que aún no se han fabricado, estos pedidos son carga sobre el cuello de botella, solamente sobre el cuello de botella porque es el que determina la capacidad de todo el sistema, se toma todas las ordenes de

producción y se calcula el tiempo estimado en el que pueden ser procesadas en el cuello de botella, al acumular todo ese tiempo, se obtiene el frente de carga, que son días de carga ya comprometida, confiada o confirmada a los clientes, significa que si se pretende entregar algo hoy que no esté dentro de las órdenes de producción es imposible hacerlo porque ya tiene la capacidad comprometida con el cliente.

Al llegar una nueva orden y se la coloca en el primer espacio disponible en el amortiguador, la regla dice que en ese primer espacio disponible del amortiguador se debe agregar medio amortiguador porque se supone que la orden a la planta no se libera inmediatamente, de manera que falta un tiempo más para que sea entregada, la forma de comprometer ese tiempo adicional es agregando medio amortiguador a esta primera fecha disponible; al restar medio amortiguador se obtiene la fecha de lanzamiento, porque más medio amortiguador hacia adelante se obtiene la fecha de entrega confiable y medio amortiguador hacia atrás se obtiene la fecha de liberación, es así como atamos la cuerda a la carga planeada.

La regla dice que se debe comparar la fecha confiable de entrega con el tiempo estándar de entrega, si la fecha confiable de

entrega es menor a la fecha estándar de entrega entonces nunca se debe ofrecer menos del estándar, porque entregar en tiempos más cortos podría significarle a la compañía en el futuro poder cobrar por una entrega de tiempo record, y así la compañía poder aprovechar esa oportunidad.

Paso 4: Mejora de flujo sistemáticamente (POOGI)

La estrategia de mejora de flujo es identificar y tratar con prudencia las principales fuentes de interrupciones, se deben utilizar diferentes herramientas para eliminar las causas una por una, y mejorar continuamente.

La compañía debe implementar un Proceso de Mejora continua (POOGI) mediante las siguientes tácticas:

Se debe reportar interrupciones y registrar acciones tomadas.

Una causa de una interrupción es la respuesta a la pregunta: "¿Cuál es el orden de trabajo esperado?"

Equipos de mejora funcional cruzados son guiados a tomar acciones prudentes para eliminar las principales fuentes de interrupciones que ponen en peligro la entrega a tiempo.

Cuando la fuente de perturbación afecta a varios centros de trabajo, la acumulación de WIP no puede ser utilizado como una guía eficaz para la fuente de la interrupción, es un supuesto a considerar.

2.3 Introducción a la Metodología “Single Minute Exchange of Die” (SMED)

SMED es una técnica para la reducción de los tiempos perdidos por preparación. Esta metodología desarrollada por Shigeo Shingo es de origen japonés, y fue implementada por primera vez para Toyota en la década de los setenta. La hipótesis en que se fundamenta el SMED supone que una reducción de los tiempos de preparación nos permite trabajar con lotes más pequeños, es decir, tiempos de fabricación más cortos, lo cual redundaría en una mejora sustancial de tiempos de entrega y de niveles de WIP.

La aplicación del método SMED consiste en el desarrollo de cuatro fases:

1. Separar las operaciones internas de las externas

Esta primera fase implica diferenciar entre la preparación con la máquina parada (preparación interna) y la preparación con la máquina en funcionamiento (preparación externa). En el primer caso se hace referencia a aquellas operaciones que necesitan inevitablemente que la máquina esté parada. En el segundo caso se hace referencia a las operaciones que se pueden realizar con la máquina en marcha.

En las operaciones con la máquina parada se deben realizar exclusivamente la retirada y la colocación de elementos particulares (moldes, matrices, ajustes etc.).

2. Convertir operaciones internas en externas

Esta actividad debe efectuarse siempre y cuando sea posible. La conversión de actividades internas en externas no debe comprometer la seguridad de los operadores.

3. Organizar las operaciones externas

Esta fase se basa en la disposición de todas las herramientas y materiales (matrices, elementos de fijación, etc.) que soportan las operaciones externas. Estos elementos deben estar dispuestos

al lado de la máquina tras haberse realizado toda reparación de los componentes que deben entrar.

4. Reducir el tiempo de las operaciones internas

Se debe reducir al mínimo los procesos de ajuste. Se considera que este tipo de procesos constituye entre el 50% y el 70% de las operaciones de preparación interna. Uno de los mejores métodos de reducción es la estandarización de las características de los sistemas de sujeción de los elementos móviles de las máquinas. Otro aspecto clave en esta fase pasa por los tiempos de parametrización y ajuste para lograr la calidad del producto, en este caso, debemos centrarnos en fijar un estándar de las operaciones del proceso de cambio de utillajes que se relacionen directamente con los parámetros de calidad.

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

3.1 Descripción general de la empresa

3.1.1 Identificación de la Empresa

Plásticos S.A. es una mediana industria del Ecuador que elabora y comercializa rollos, fundas y láminas extruidas de polietileno y polipropileno, naturales o impresas, dirigida hacia el sector Industrial, Comercial, Agrícola, Acuícola y Exportador.

3.1.2 Historia, desarrollo y crecimiento de la Empresa

Plásticos S. A. fue fundada en el año 1979, en la ciudad de Guayaquil, dedicada a la fabricación y venta de productos extruidos de plástico en los diferentes sectores comerciales del Ecuador y Sector Exportador. Inicia sus operaciones con pocos equipos y ha incrementado su capacidad de producción en

forma progresiva a lo largo del tiempo, abriendo posteriormente una sucursal en Quito.

En el año 2001 obtuvo la Certificación de Calidad ISO 9001, la cual le permitió organizar de mejor manera sus procesos, definir sus procedimientos y tener un mayor enfoque hacia el cliente.

En el año 2007, presenta problemas en el cumplimiento de las fechas de entrega, siendo este de apenas un 60%, se ve amenazado por la creciente competencia y la pérdida de fidelización de sus clientes, por lo que la Gerencia decide implementar la Teoría de Restricciones (TOC) y el Sistema de Producción S-DBR, teniendo la asesoría directa del Grupo "Goldratt Consulting". La implementación de esta metodología cambió por completo el funcionamiento del esquema de liberación de órdenes de producción, permitiéndole tener como principal ventaja competitiva la puntualidad en la fecha de entrega de sus productos, atendiendo bajo la modalidad Make to Order (MTO).

En el año 2010 inicia con un sistema mixto MTO y Make to Availability (MTA), Sistema de Producción para Disponibilidad.

Actualmente Plásticos S.A. es una empresa que se ha mantenido en el mercado debido a los cambios y mejoras que ha realizado,

los mismos que le han permitido incrementar sus ventas en un 240% desde el año 2007.

3.1.3 Objetivos

Plásticos S.A. tiene como objetivo ofrecer a sus clientes productos de alta calidad y entregas a tiempo, comprometiéndose a pagar una penalidad por cada día de retraso. Plásticos S.A. comprende que no recibir productos a tiempo, repercute negativamente en sus clientes generando una serie de gastos y pérdidas.

3.1.4 Políticas

Plásticos S.A. tiene como Política de Calidad:

- Satisfacer las necesidades de sus clientes mediante la entrega garantizada de productos, con calidad, cantidad y en el tiempo requerido.
- Mejorar continuamente, con la visión de revertir estos esfuerzos en ventajas competitivas sólidas que merezcan la preferencia de sus clientes.
- Promover el desarrollo profesional y humano de los colaboradores de la Empresa.

- Contribuir con el crecimiento del País, mediante una competencia noble y el aporte a una sociedad más justa.

3.1.5 Organigrama funcional

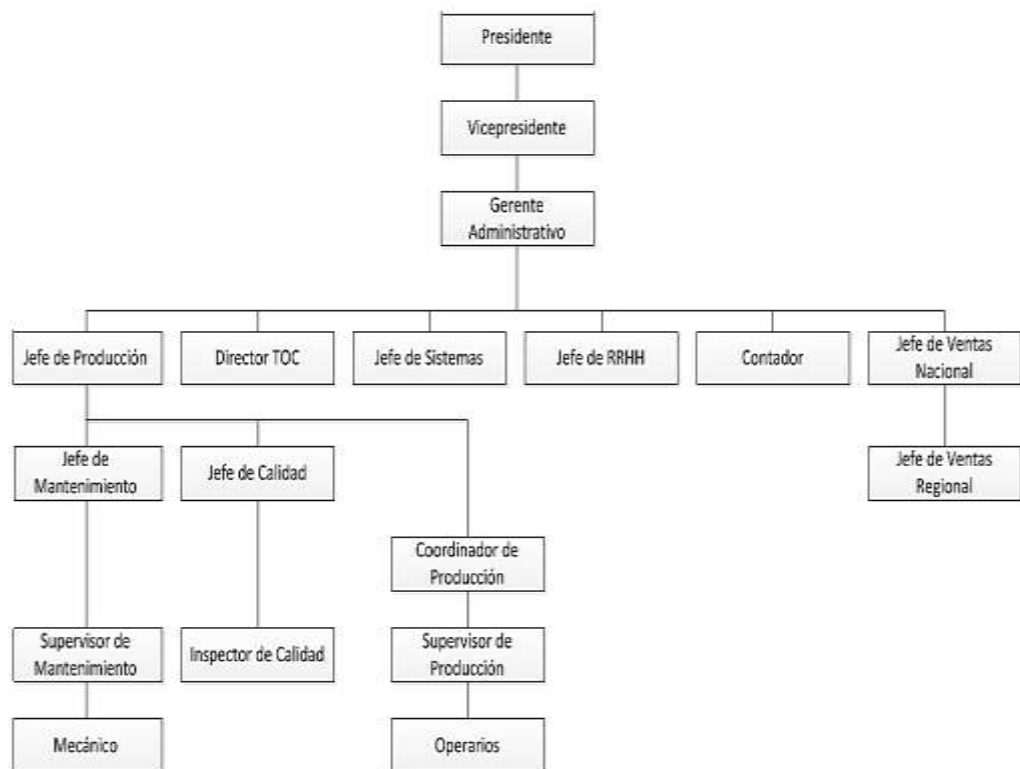


GRÁFICO 3.4 ORGANIGRAMA FUNCIONAL DE PLÁSTICOS S.A.

3.1.6 Familias de Productos

Como se puede observar en el Gráfico 3.5, los productos se encuentran agrupados en dos familias de acuerdo al flujo que siguen en su proceso productivo y al tiempo de fabricación que requieren.

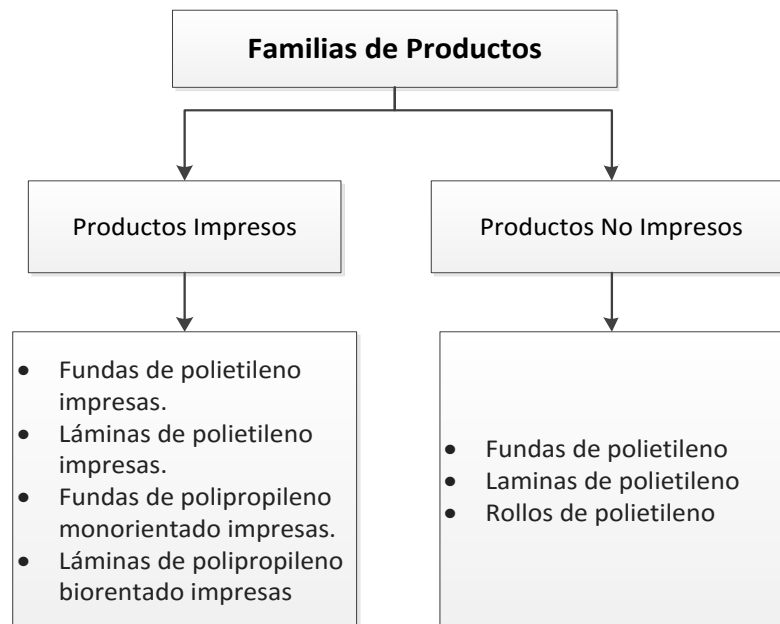


GRÁFICO 3.5 FAMILIA DE PRODUCTOS

3.2 Descripción del Proceso de Manufactura

3.2.1 Equipos existentes

La Tabla 1, muestra la lista de la cantidad de equipos y su capacidad productiva por sección, antes y después de la implementación de la Metodología TOC.

TABLA 1 LISTA DE EQUIPOS Y SU CAPACIDAD PRODUCTIVA

LISTA DE EQUIPOS Y SU CAPACIDAD PRODUCTIVA		
Antes de la implementación TOC	Después de la implementación TOC (2007)	CAPACIDAD Capacidad
Extrusoras	Extrusoras	
E1	E1	200 kg /hora
E2	E2	68 kg /hora
E3	E3	45 kg /hora
E4	E4	60 kg /hora
E5	E5	20 kg /hora
E6	E6	40 kg /hora
-	E7	30 kg /hora
-	E8	160 kg /hora
Impresora	Impresora	
E99	E99	83 kg/hora
-	E100	83 kg/hora
-	E101	83 kg/hora
Cortadora	Cortadora	
E98	E98	65 ton/mes
Selladora	Selladora	
S1	S1	130ton/ mes
S2	S2	
-	S2A	
S3	-	
S4	S4	
S5	S5	
S6	S6	
S7	S7	
S9	S9	
S10	-	
-	S11	
Laminadora	Laminadora	

-	L1	120 ton/mes
Peletizadora	Peletizadora	
R1	R1	50 ton/mes
Troqueladora	Troqueladora	
T1	-	
T2	-	

Elaboración: Propia

3.2.1.1 Extrusoras

Todos los productos inician con el proceso de extrusión, en el cual se realiza una acción de prensado y moldeado del plástico, que por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada. El polímero fundido es forzado a pasar a través de un dado, con una separación milimétrica entre ambos elementos.

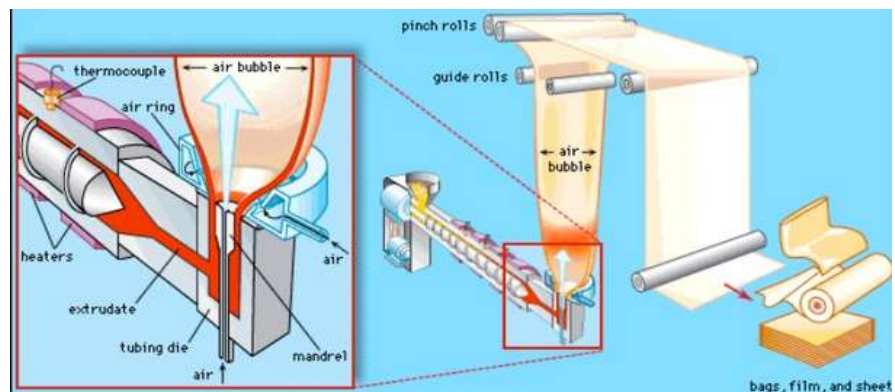


GRÁFICO 3.6 PROCESO DE EXTRUSIÓN

Consideraciones:

- El alto de la extrusora permite que la película pueda enfriarse con mayor facilidad.
- La longitud requerida para la película se obtiene manualmente, variando la cantidad de aire que ingresa en la burbuja y midiendo la película al pasar por los rodillos de guía.
- El espesor de la película depende de la velocidad del rodillo de tiro, y la velocidad del motor.

TABLA 2 ESPESOR DE LA PELÍCULA EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD EN EL MOTOR Y EN EL RODILLO DE TIRO

Velocidad en el motor	Espesor
Mayor	Mayor
Menor	Menor
Velocidad en el rodillo de tiro	Espesor
Mayor	Menor
Menor	Mayor

Elaboración: Propia

Forma de la Burbuja:

- PEBD, cuando se forma la burbuja desde el comienzo del molde.
- PEAD, cuando se forma la burbuja aproximadamente a medio metro por encima del molde.

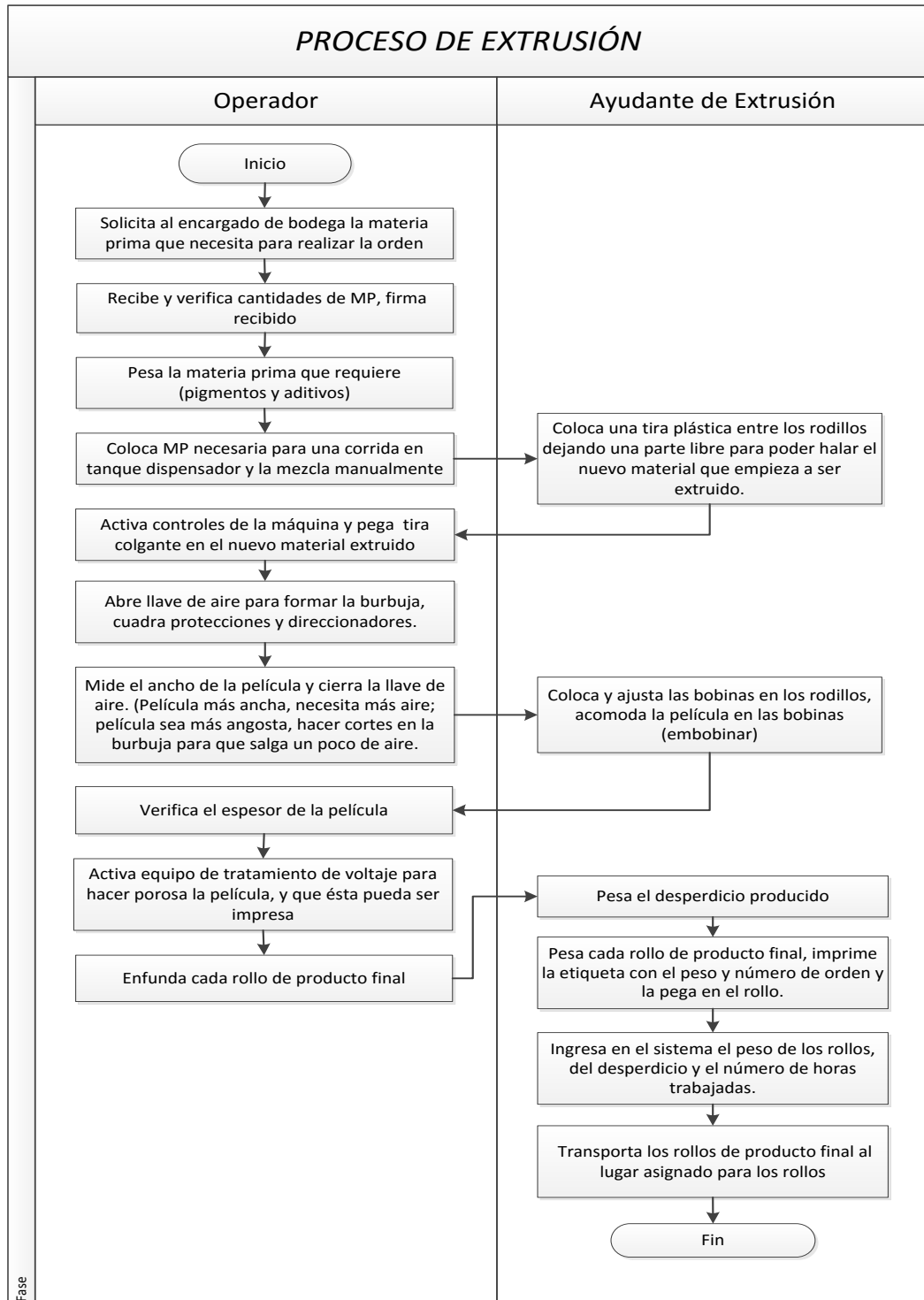




GRÁFICO 3.7 FLUJO DETALLADO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN

3.2.1.2 Impresoras

Existen dos máquinas de impresión, en las cuales se puede imprimir hasta seis colores.

TABLA 3 TIPOS DE IMPRESIÓN

Tipo de Impresión	Descripción
Normal 	Se imprime en la parte frontal de la película, la imagen o texto se puede visualizar directamente, se comienza la impresión con el color blanco (color de fondo).
Interior 	Se imprime en la parte frontal, la imagen o texto se puede visualizar al revés de la película, se comienza la impresión con los colores más bajos, se usa el color de fondo al último.

Elaboración: Propia

Componentes de la Máquina Impresora

- Rodillos Anilox: Posee micro porosidades, con las cuales recoge la tinta y la pasa al cirel y este a su vez la impregna en la película
- Cireles: Son sellos de caucho utilizados para la impresión de diferentes Gráficos o artes, existen diferentes cireles para cada color.
- Racla: Tira de aluminio que se coloca en la parte inferior de los rodillos anilox, sirve para quitar el exceso de tinta del rodillo con el objeto de darle mayor uniformidad a la impresión.

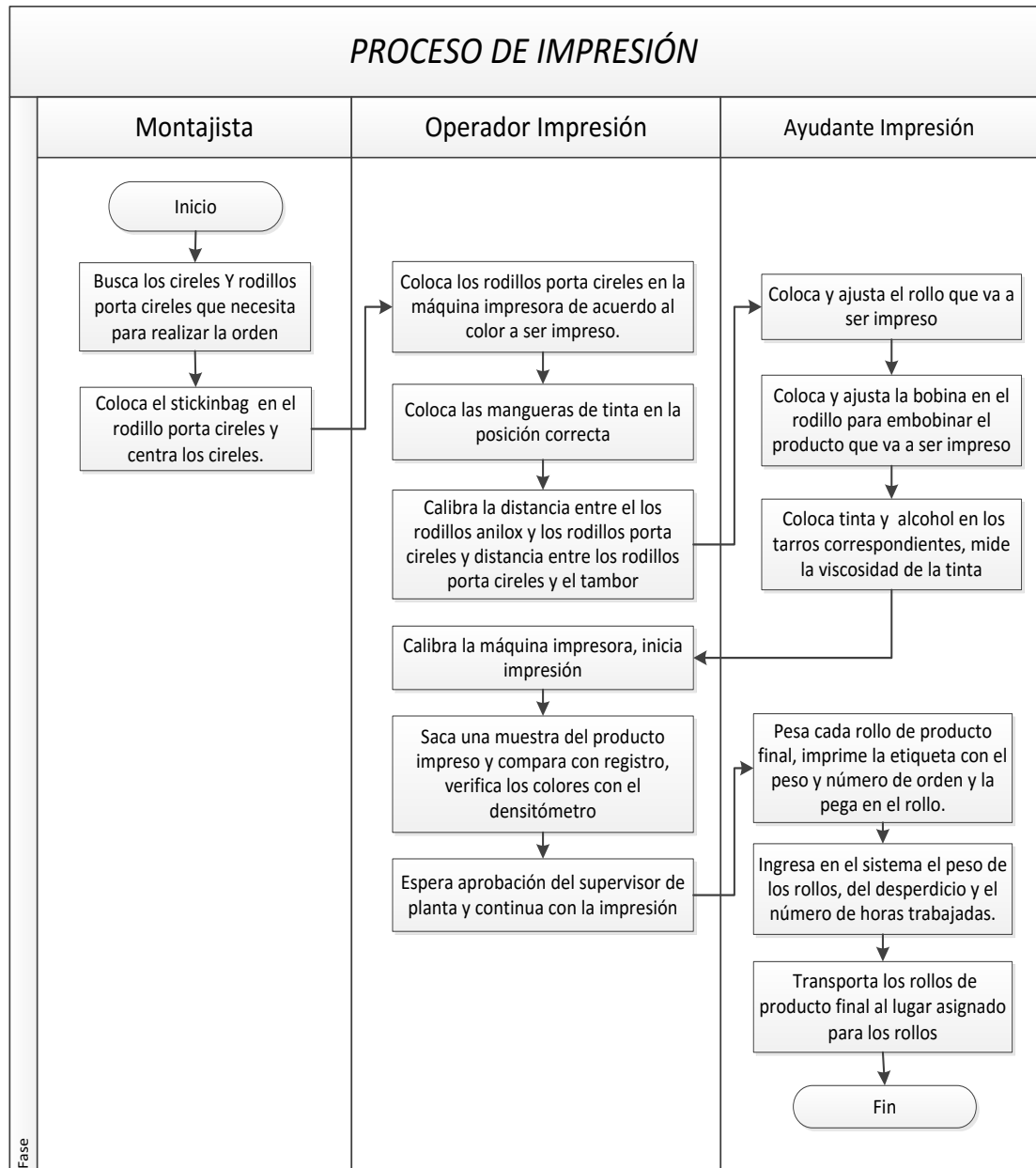


GRÁFICO 3.8 FLUJO DETALLADO DEL PROCESO DE IMPRESIÓN

3.2.1.3 Selladoras

TABLA 4 TIPOS DE SELLADO

Tipo de Sellado	Descripción
Sellado de Fondo	Se realiza un sellado y cortado simultáneamente en la parte posterior, usando rollos tubulares.
Sellado Lateral	Se utiliza un rollo tipo U, se sellan los dos lados laterales.
Sellado Tipo Camiseta	Sellado utilizado para realizar fundas con agarraderas en la parte superior

3.2.1.4 Cortadora

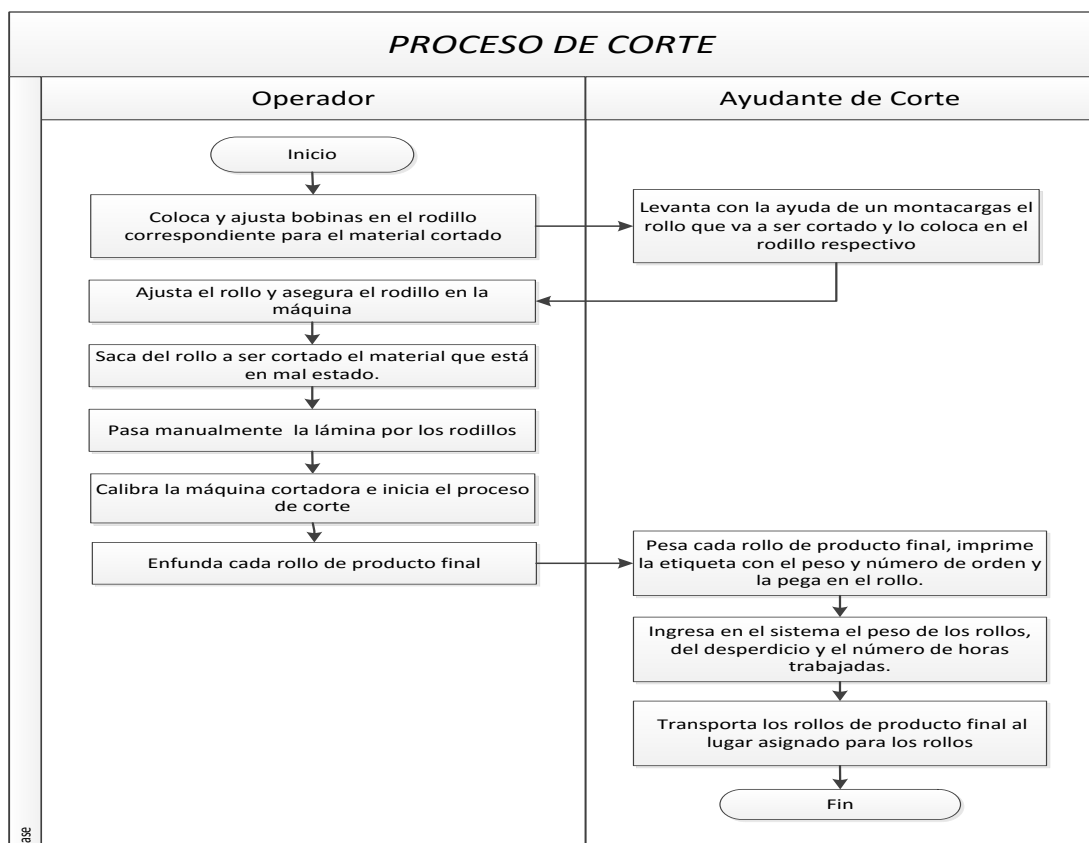


GRÁFICO 3.9 FLUJO DETALLADO DEL PROCESO DE CORTE

3.2.2 Proceso detallado

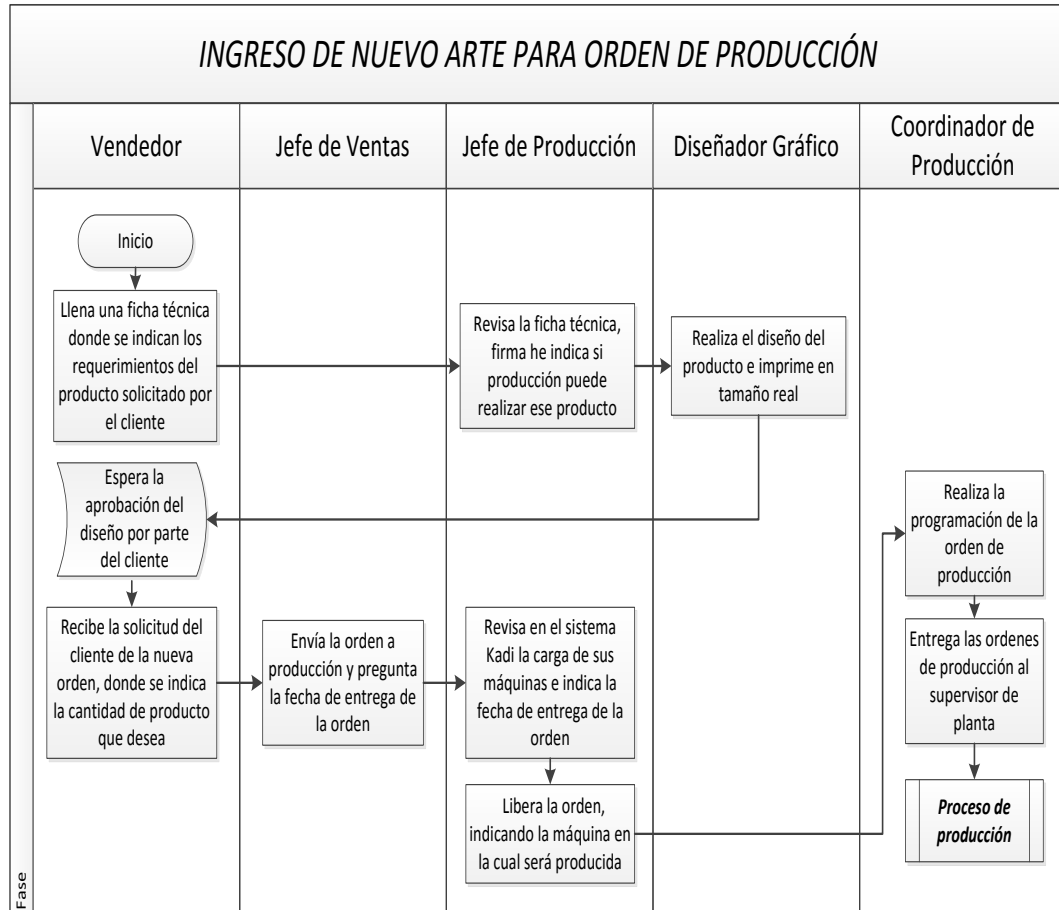


GRÁFICO 3.10 FLUJO DETALLADO DEL PROCESO DE INGRESO DE ORDEN DE PRODUCCIÓN

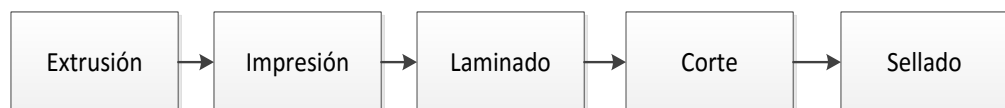
TABLA 5 MATERIA PRIMA UTILIZADA

Materia Prima	Descripción
Polietileno de baja densidad (PEBD)	Los productos elaborados con este material poseen mayor brillo y transparencia.
Polietileno lineal	Los productos elaborados con este material tienen mayor elasticidad y poseen sellabilidad.
Polietileno de alta densidad (PEAD)	Los productos elaborados con este material son más rígidos, cristalinos y suenan al frotarlos.
Pigmentos	Sirven para darle color a la mezcla
Aditivos	Evitan el bloqueo, no permitiendo que el material se pegue entre sí.
Material Re-Procesado	Porcentajes aceptables para poner en la mezcla
Polietileno con polietileno	40 – 50 %
Polietileno con polipropileno	10 – 15 %
Polietileno con metalizado	1 – 2 %

Elaboración: Propia

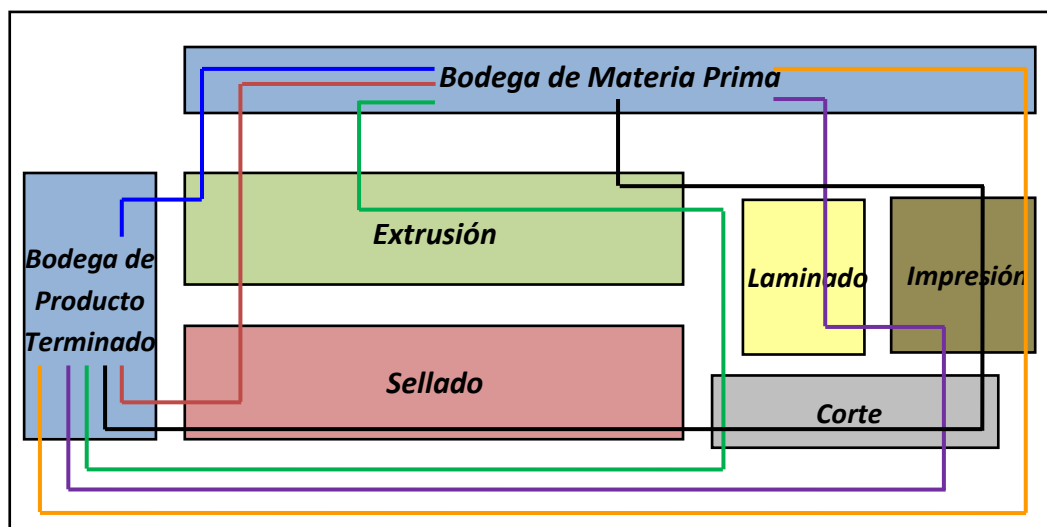
3.2.3 Flujo de Procesos

Plásticos S.A. cuenta con 5 secciones productivas: extrusión, impresión laminado, corte y sellado.

**GRÁFICO 3.11 SECCIONES PRODUCTIVAS**

3.2.4 Distribución de procesos por familia de productos

En la Gráfico 3.12 que se muestra a continuación, se puede observar el diagrama de recorrido por tipo de producto en las diferentes secciones productivas.



■	Fundas de polietileno
■	Rollos de polietileno
■	Láminas de polietileno
■	Fundas de polipropileno monorientado impresas
■	Láminas de polipropileno biorientado impresas
■	Fundas de polietileno impresas

Tipo de Producto	Ruta
Láminas	Extrusión
Rollos	Extrusión , Corte
Fundas	Extrusión, Corte, Sellado

GRÁFICO 3.12 DIAGRAMA DE RECORRIDO POR TIPO DE PRODUCTO

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN CON RESPECTO AL ÁRBOL DE ESTRATEGIAS Y TÁCTICAS PARA UN ENTORNO MTO.

La implementación de la metodología TOC y del Árbol de Estrategias y Tácticas le permitió a Plásticos S.A. construir una ventaja competitiva decisiva a través de garantizar el cumplimiento de las fechas de entrega a sus clientes, incrementando significativamente su desempeño y ofreciendo mayor valor o beneficio para todos sus accionistas, colaboradores y mercados.

Plásticos S.A. establece como ventaja competitiva, la puntualidad en la fecha de entrega de sus productos, comprometiéndose al pago de una multa del 10% sobre el valor de la venta, por cada día de retraso.

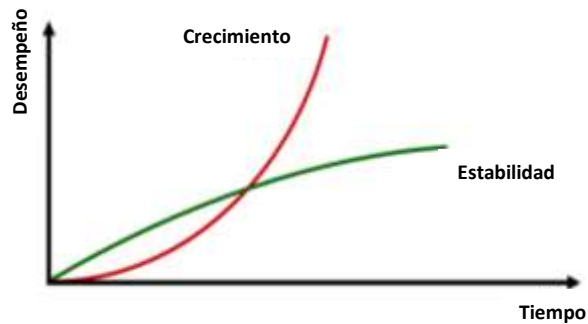


GRÁFICO 4.13 DESEMPEÑO VS TIEMPO - TOC

A continuación se analizará el proceso de implementación de la primera fase del Árbol S-DBR para un Entorno MTO:

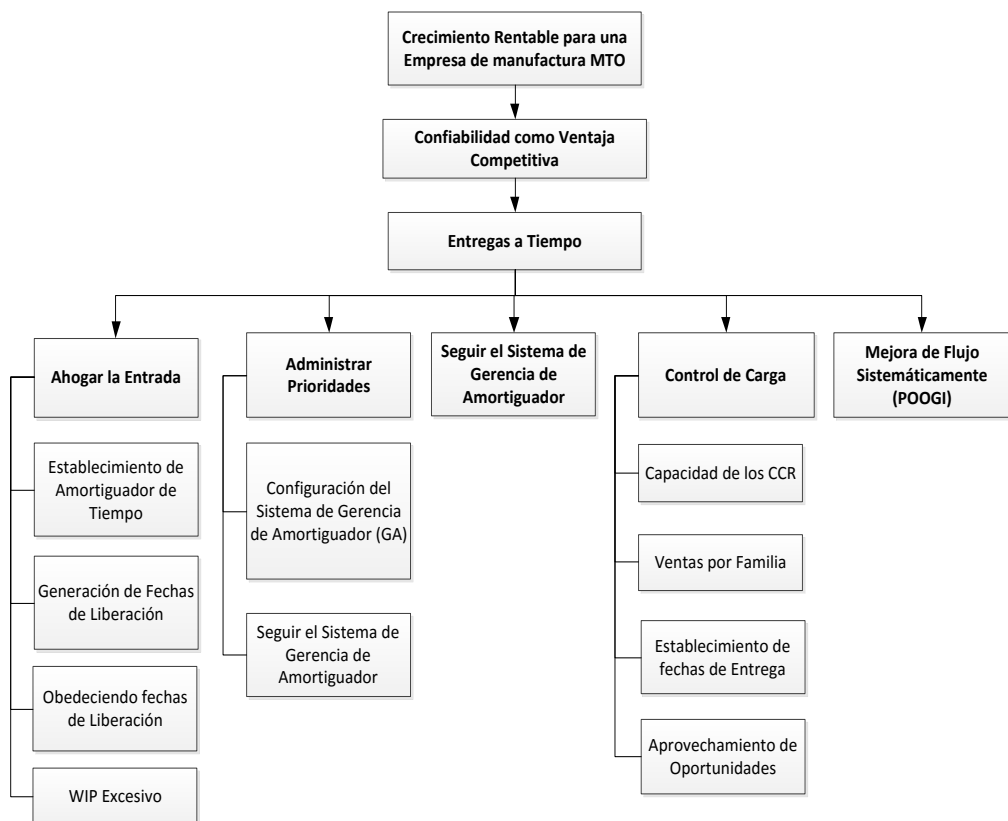


GRÁFICO 4.14 ÁRBOL PARA UN ENTORNO MTO - FASE 1

TABLA 6 IMPLEMENTACIÓN DEL ÁRBOL DE ESTRATEGIA Y TÁCTICAS EN PLÁSTICOS S.A.

Pasos	Estrategia	Táctica	Implementación Plásticos S.A.
1. Ahogar la Entrada	1.1. Establecer Amortiguadores de Tiempo	Amortiguadores de tiempo de producción son iguales al 50% del lead time.	Implementado
		Crear diferentes amortiguadores de tiempo únicamente cuando la diferencia entre tiempos de producción es mayor a 1/4	Implementado
	1.2. Generar Fechas de Liberación	Personas familiarizadas con la metodología son asignadas para programar/conGráficor el sistema informático de liberación de órdenes	Implementado
	1.3. Obedecer Fechas de Liberación	Explicar al personal operativo el funcionamiento de la metodología, y el efecto esperado al realizar la liberación de órdenes propuesta por TOC	Implementado
		Las órdenes son liberadas de acuerdo al calendario de liberación	Parcialmente Implementado
	1.4. Eliminar WIP Excesivo	Órdenes que tengan un tiempo de entrega mayor a 1/3 de su amortiguador de tiempo deben ser congeladas	No Implementado
2. Administrar Prioridades	2.1. ConGráficor el Sistema de Gerencia de Amortiguadores	Líderes de Producción son entrenados para seguir el sistema de Gerencia de Amortiguadores, periódicamente el Jefe verifica que el sistema de prioridades se cumpla	Implementado
		Operadores son entrenados para seguir el sistema de prioridades	Implementado

		Supervisores de Producción son entrenados para reportar: finalización de trabajos, órdenes de alta prioridad pendientes, órdenes ingresadas fuera del programa de liberación y mermas.	Implementado
		La Gerencia está entrenada y capacitada para no intervenir ni violar el sistema de prioridades	Implementado
3. Administrar los Recursos de Capacidad restringida (CCR)	3.1 La fecha de entrega no debe verse amenazada por los CCRs	Se identifica el CCR y se eleva su capacidad	No Implementado
4. Control de la carga y establecimiento de fechas de entrega	4.1. Ajustar capacidad planeada	La capacidad planeada se calcula como la producción promedio de toda la línea	Implementado
	4.2. Ventas por familia	Garantizar el cumplimiento en fechas de entrega para todas las familias	Implementado
	4.3. Establecer fechas de entrega	La fuerza de ventas está capacitada para llamar a operaciones antes de dar la fecha de entrega al cliente	Implementado
		Operaciones está organizado para dar una respuesta en menos de un minuto	Implementado
		La fecha de entrega será calculada de acuerdo a la carga de CCR más 1/2 amortiguador de tiempo	Implementado
4.4. Aprovechar oportunidades	Monitorear la utilización del tiempo disponible y reducir tiempos muertos y paradas	No Implementado	
5. Mejora de flujo Sistemáticamente (POOGI)	5.1 Las principales fuentes de variación son identificadas y tratadas	Registrar causas de retrasos y acciones tomadas	No Implementado
		Cuando se tienen órdenes en rojo, se revisan los registros y acciones tomadas anteriormente para órdenes con retrasos	No Implementado

Elaboración: Propia

4.1 Ahogar la entrada

Plásticos S.A. no contaba con un sistema de prioridades para la liberación de órdenes de producción, se atendía primero al cliente que pedía con mayor “urgencia”, lo que ocasionaba excesivo WIP en el piso de trabajo e incrementaba su tiempo de ciclo. Al tener un tiempo de ciclo alto, no podía cumplir con las fechas de entrega prometidas y su nivel de servicio disminuía, siendo de apenas un 60%, en el año 2007.

4.1.1 Establecimiento de Buffers de Tiempo

La metodología establece que se deben separar los productos por grupos, de acuerdo a sus tiempos de proceso, y crear amortiguadores distintos, únicamente cuando la diferencia entre amortiguadores sea mayor a $\frac{1}{4}$ del tiempo.

De acuerdo al Sistema de priorización por código de colores que establece la metodología, una orden en rojo es aquella cuya fecha de entrega está próxima a vencer y una orden en color negro es cuando ya se cumplió la fecha de entrega.

Teóricamente, según el porcentaje de órdenes en rojo que se presenten en un determinado período de tiempo, se puede definir el amortiguador como:

TABLA 7 PORCENTAJE ACEPTABLE DE ÓRDENES EN ROJO

Órdenes en Rojo	Amortiguador
0 – 5%	Amortiguador muy grande
5% - 10%	Correcto Amortiguador
Mayor al 10%	Amortiguador muy pequeño

Elaboración: Propia

La variación en el porcentaje de órdenes en rojo, puede darse cuando el CCR se encuentra en los extremos del proceso productivo.

Antes de implementar la metodología, Plásticos S.A., no tenía definido tiempos de ciclo para sus diferentes productos, y el Lead Time que ofrecía a sus clientes era el tiempo de mercado usado por empresas similares.

Durante la implantación del sistema, se clasificó todos los productos en 2 grandes familias: Productos Impresos y No Impresos.

El tiempo de ciclo para cada familia, fue determinado a partir del Lead Time estándar, el cuál inicialmente fue dividido a la mitad para establecer los amortiguadores de tiempo de producción. Sin embargo, en los primeros meses de la implementación, se observó que el porcentaje de órdenes en rojo y negro era mayor al 10% del total de órdenes procesadas.

El amortiguador resultaba ser muy corto, y no había tiempo suficiente para culminar una orden antes de que se libere la siguiente, por ello, las órdenes empezaban a encolarse, y el porcentaje de órdenes en rojo y negro seguía aumentando.

En el año 2007 Plásticos S.A. tenía el CCR al inicio de su proceso, por ello, reducir el tiempo de ciclo a la mitad para determinar su amortiguador, no le permitió tener buenos resultados. Los amortiguadores se reajustaron por familia, incrementando el tiempo de amortiguador para ambas familias en un 50%.

Los amortiguadores de tiempo para cada familia fueron ajustados, quedando de la siguiente manera:

**TABLA 8 AJUSTE DE AMORTIGUADORES DE TIEMPO
PLÁSTICOS S.A.**

Familias de productos	Lead Time Original	Lead Time Ofrecido	Amortiguador de Tiempo Inicial	Amortiguador de tiempo Ajustado
Impresos	30	15	8	12
No Impresos	15	8	4	6

Elaboración: Propia

En la Gráfico 4.15 se puede observar que con el Amortiguador de tiempo ajustado, el porcentaje de órdenes en rojo y negro no fue mayor al 10% durante los siguientes años.

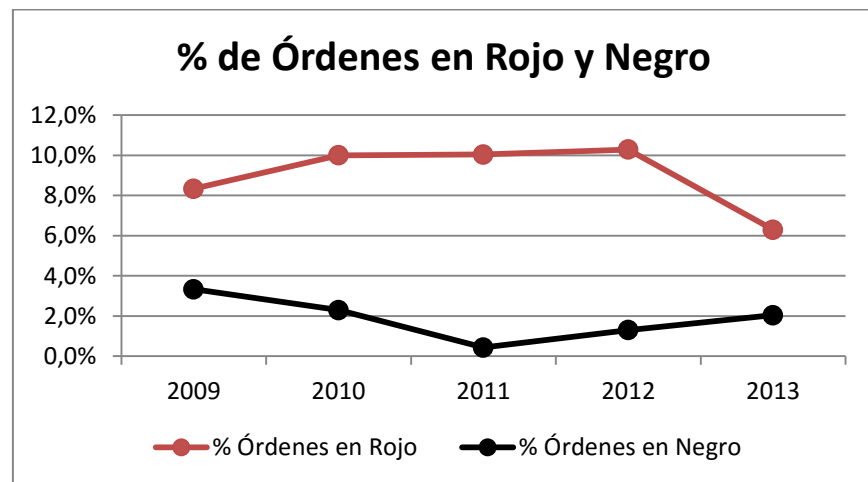


GRÁFICO 4.15 PORCENTAJE DE ÓRDENES EN ROJO Y NEGRO - PLÁSTICOS S.A.

En el año 2010 Plásticos S.A. incrementó su capacidad de extrusión, convirtiendo al proceso de impresión en el nuevo CCR

en el año 2011; debido al incremento de la demanda de productos impresos el porcentaje de órdenes en rojo aumentó, por lo cual a finales del año 2013, Plásticos S.A. adquirió una nueva línea de impresión y el cuello de botella regreso al proceso de extrusión.

4.1.2 Generación de fechas de liberación

TOC plantea que la liberación de órdenes de producción debe programarse de acuerdo al amortiguador de tiempo predefinido, considerando la capacidad o utilización del CCR.

Partiendo de la asunción de que el CCR se encuentra al menos cerca del centro del proceso productivo, TOC determina que una orden de producción debe ser liberada medio amortiguador de tiempo antes del CCR, para asegurar una reducción del 50% tanto para el lead time como para el producto en proceso.

Es importante mencionar que los intentos por mejorar el sistema al liberar órdenes sin priorizarlas, solo entorpecerá el proceso, ya que incrementará considerablemente el WIP y tiempo de proceso, y como resultado el incumplimiento de las fechas de entrega prometidas a los clientes.

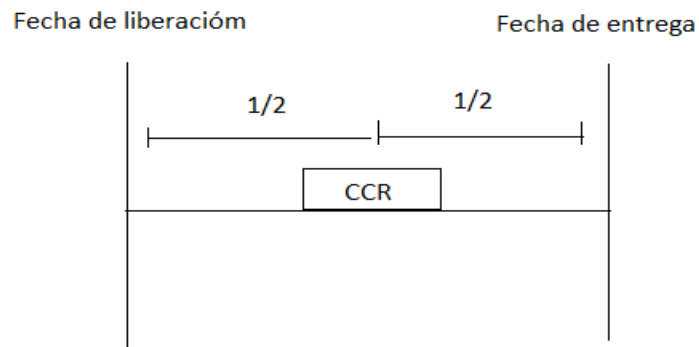


GRÁFICO 4.16 GENERACIÓN DE FECHAS DE LIBERACIÓN

La liberación de medio amortiguador de tiempo antes del CCR, considera el tiempo desde el ingreso de la materia prima al primer proceso productivo hasta tiempo de espera del WIP a la entrada del CCR; y el medio amortiguador de tiempo después del CCR, considera desde el tiempo de proceso del WIP en el CCR hasta la finalización de los trabajos y obtención de un producto final.

En el caso de Plásticos S.A., su CCR está ubicado al inicio de su proceso productivo, en la sección de extrusión, con una utilización promedio del 80%.

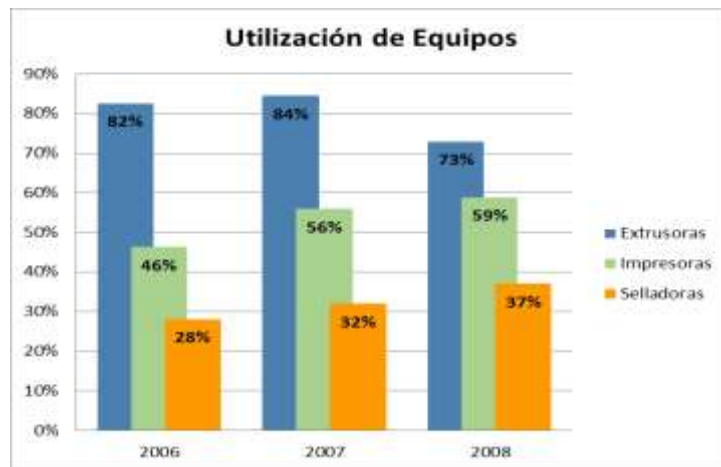


GRÁFICO 4.17 UTILIZACIÓN DE EQUIPOS PLÁSTICOS S.A.

Al inicio de la implementación, Plásticos S.A. siguió la regla de liberación que indica la metodología, liberando las órdenes a la mitad de su amortiguador de tiempo establecido para cada familia, sin embargo, no se consideró que su CCR era su primer proceso productivo, y sin darse cuenta se estaba reduciendo dos veces el amortiguador de tiempo, lo que ocasionó que el número de órdenes en rojo se incrementara y no fuera capaz de cumplir con las fechas prometidas a sus clientes, como medida correctiva, se reajustaron los amortiguadores de tiempo para cada familia.

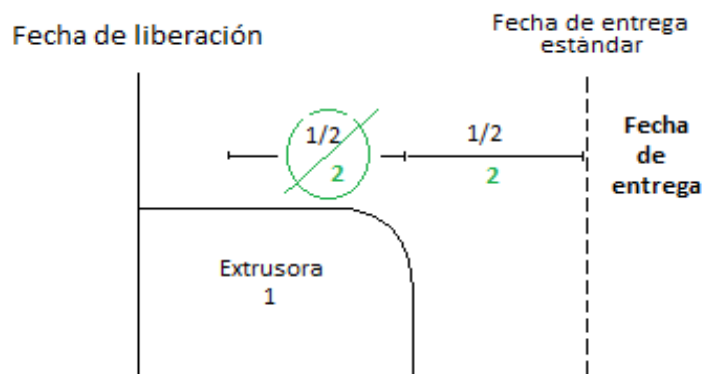


GRÁFICO 4.18 GENERACIÓN DE FECHAS DE LIBERACIÓN - PLÁSTICOS S.A.



GRÁFICO 4.19 PORCENTAJE DE ÓRDENES EN ROJO AÑO 2007 - PLÁSTICOS S.A.

Como se muestra en la Tabla 9., para los productos no impresos, con un amortiguador de tiempo inicial de 4 días, se liberaban las órdenes en el día número 2, pasaba inmediatamente a extrusión y se quedaba con apenas 2 días para pasar por el resto de

procesos, sin embargo, 2 días no eran suficientes para finalizar la orden, por lo que el amortiguador fue reajustado a 6 días.

TABLA 9 AMORTIGUADORES DE TIEMPO - PLÁSTICOS S.A.

Familias de productos	Amortiguador de Tiempo Inicial	Amortiguador de tiempo Ajustado
Impresos	8	12
No Impresos	4	6

Elaboración: Propia

El procesamiento de todas las órdenes de producción debe seguir el esquema planteado por TOC, el cual considera el tiempo de amortiguador definido para cada familia.

Para garantizar la correcta liberación de órdenes, TOC propone utilizar un sistema informático que integre los principios de S-DBR y el ERP³ de la compañía.

El software debe presentar en tiempo real el estatus del amortiguador de tiempo y mantener actualizada la información, para generar correctamente las fechas de liberación para todos los puntos de entrada y desviación en el proceso productivo, de acuerdo a los amortiguadores de tiempo previamente definidos.

³ ERP: Sistema de información para la planificación de los recursos empresariales y requerimiento de materiales.

El sistema informático considerará:

- Número de órdenes abiertas
- Fechas de entrega programadas
- Listas de materiales
- Inventarios en todos los niveles
- Reglas y datos de procesamiento (lotes).

Durante los dos primeros años a partir de la implementación de la metodología, Plásticos S.A. utilizó un software que fue adaptado de acuerdo sus necesidades. El sistema no fue integrado con el ERP de la compañía y era considerado poco flexible, lo cual obligó a aumentar la capacidad protectora⁴.

A mediados del año 2009, Plásticos S.A. cambió su sistema informático, el cuál continua utilizando hasta la actualidad, ya que lo considera más flexible y le permite definir o modificar sus CCR's; la información de la carga de cada CCR es más precisa y la capacidad protectora es menor.

Con mayor capacidad protectora, se pierden oportunidades de mejora, ya que al tener un colchón de tiempo mayor, es más difícil identificar los puntos de variación.

⁴ Capacidad Protectora: Capacidad extra en los no CCRs, usada contra las variaciones estadísticas (daños, entregas tardías de material, etc.). Provee a los no CCRs la habilidad de igualarse para mantener el tróput y cumplimiento de fechas de entrega.

4.1.3 Obedeciendo fechas de liberación

Se debe seguir y cumplir el calendario de liberación de pedidos de forma efectiva, aunque no se esté trabajando a la capacidad máxima de todos los equipos y algunos de ellos se encuentren parcialmente inactivos.

Plásticos S.A., inicialmente trabajaba bajo el concepto de eficiencia de equipos, es decir, que prefería programar producciones largas y de mayor tonelaje para aumentar el rendimiento individual de sus máquinas, sin considerar el orden de los pedidos, ni establecer prioridades. Se atendía a los clientes grandes primero, y se dejaba rezagadas las órdenes medianas y pequeñas.

En la implementación de esta metodología, se trabajó con el personal operativo y administrativo, definiendo el efecto esperado sobre el calendario de liberación de órdenes y explicando que tener una máquina funcionando todo el tiempo, sin considerar las restricciones de los CCR's, únicamente incrementaría la cantidad de producto en proceso.

Plásticos S.A. cumple en su mayoría con la fecha de liberación de órdenes establecida de acuerdo al sistema de prioridad, sin

embargo, aproximadamente un 5% de las órdenes son lanzadas fuera de lo planificado, ya que cuenta con clientes Premium, que deben ser atendidos de inmediato.

Para evitar retrasos con las demás órdenes, Plásticos S.A. ha aplicado medidas de protección, considerando un programa de liberación de órdenes semanal, por un período de tiempo de 5 días por semana, dejando 2 días disponibles para terminar las órdenes que no pudieron ser cubiertas durante los días anteriores.

Cuando la tasa de producción total del sistema llega a su máximo nivel de procesamiento, con una determinada cantidad de WIP y tiempo de ciclo estable, incrementar el nivel de producto en proceso únicamente aumentará el tiempo de ciclo, formará colas y bajará el nivel de servicio.

Esto puede ser comprobado a través de la Ley de Little, la cual expresa las relaciones entre el tiempo de ciclo, WIP y tróput:

$$\textit{Tiempo de Ciclo} = \frac{\textit{WIP}}{\textit{Tróput}}$$

De acuerdo a la relación directamente proporcional expresada en la ecuación de Little, si se incrementa el WIP y se mantiene

constante el tróput, se incrementará el tiempo de ciclo, es decir, que mientras más producto en proceso se tenga en el sistema, se correrá el riesgo de no cumplir con las fechas de entrega programadas.

Si se reduce el tiempo de ciclo, se identificarán las actividades que no agregan valor, lo cual permitirá eliminar los desperdicios en los diferentes procesos y se obtendrá un tiempo de proceso más corto y eficiente.

La Ley de Little ayuda a identificar los límites de WIP que están por debajo del nivel óptimo, evitando colas y bajo rendimiento. Una vez que se llega al nivel óptimo de WIP, el tróput se estabiliza y cualquier aumento de WIP, únicamente incrementará el tiempo de ciclo.

4.1.4 WIP excesivo

Cuando existe gran cantidad de producto en proceso en el piso de trabajo, las prioridades no se mantienen claras y se genera confusión, por ello, todo el producto en proceso que posea un lead time mayor a su amortiguador de tiempo más $1/3$, debe ser congelado, dando prioridad a las órdenes que deban ser

liberadas de acuerdo a un horizonte de tiempo previamente definido.

Antes de iniciar la implementación, Plásticos S.A. mantenía un alto número de órdenes abiertas, ya que las órdenes eran liberadas de acuerdo al FIFO, sin importar el lead time.

Los operadores perdían mucho tiempo buscando el material que requerían para continuar con el proceso productivo, ya que no se mantenía un orden para el almacenamiento de estos productos.

Plásticos S.A. no presentó exceso de WIP, ya que su primer proceso productivo era su cuello de botella.

4.2 Administrar Prioridades

El sistema de identificación de prioridades se basa en un esquema de colores tipo semáforo, que se muestra de acuerdo al porcentaje de penetración o porcentaje de consumo del amortiguador de tiempo para cada orden.

Sistema de código de colores:

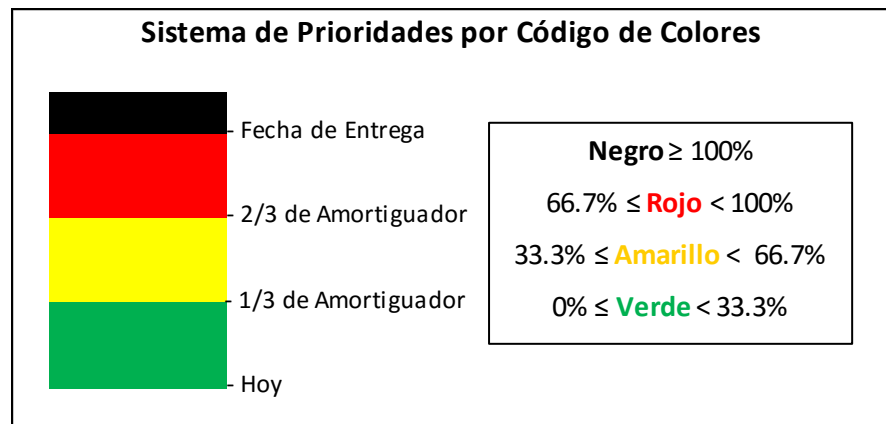


GRÁFICO 4.20 SISTEMA DE PRIORIDADES POR CÓDIGO DE COLORES

- Verde: A transcurrido menos de 1/3 de amortiguador y es la más baja prioridad.
- Amarillo: A transcurrido más de un 1/3 de amortiguador.
- Rojo: A transcurrido más de 2/3 de amortiguador.
- Negro: A transcurrido más que el amortiguador (La fecha prometida paso), es la más alta prioridad.

Se debe asegurar que el esquema de colores sea el único sistema de prioridades que se utilice en el piso de producción, de lo contrario existirá confusión en la liberación de órdenes.

4.2.1 Configuración del sistema de Gerencia de Amortiguador (BM)

TOC establece que las prioridades deben ser respetadas, por ello, el estado del amortiguador para cada orden de producción, debe estar disponible y visible para todos (mandos altos, medios y operativos), ya sea de forma electrónica o de forma física utilizando etiquetas de colores que identifiquen el WIP.

Es importante mantener actualizado el estado del amortiguador, de acuerdo a su porcentaje de penetración, ya que la organización debe tener la flexibilidad para cambiar la prioridad de las órdenes, mediante una reprogramación de la producción.

Para la actualización del status del amortiguador de cada orden, se necesita programar una interfaz entre el Sistema S-DBR y el ERP de la compañía, el cual genere reportes que puedan ser funcionales para los diferentes departamentos.

Plásticos S.A., trabaja con un sistema informático para la administración del consumo de amortiguadores, el cual le permite identificar el inventario disperso a lo largo de toda la cadena de suministro, y presentar las prioridades con el sistema de colores, además cuenta con el módulo de administración dinámica de amortiguadores, el cual sugiere nuevos niveles de inventario, de

acuerdo al comportamiento del stock en el tiempo, manteniendo la información actualizada.

En base a lo sugerido por el Sistema, el planificador de Plásticos S.A. realiza el plan de producción diario para cada equipo dentro de las diferentes secciones, este plan se entrega al supervisor, quien determinará el orden en el cual se llevará a cabo la producción y organizará su ejecución.

Los operadores conocen que trabajan bajo una metodología, pero se rigen por el orden de producción definido por el supervisor.

Adm. Buffer

ITEM	ORDEN	PRODUCTO	IMP.	CANTIDAD	TARIFA	VALOR	STOCK	STOCK
76	1	RESINA DE USO GENERAL	10.45	10000.00	80	147200	80.00	40.24
76	48	ANTIPLUG BOMBAS/ADAP. ECF. 501	48.30	500.00	80	38640	80.00	20.54
76	48	WIFE MECANIC	90.90	100.00	-	3	8.00	3.00
76	7	RESINA LINEAL CVD TPO M-2	9.090.04	70000.00	80	376800	80.00	31.00
76	5	RESINA AL ARIPO A (B/E/C/A)	9.090.04	70000.00	80	376800	80.00	28.00
76	48	CANTA DE EMBALAJE	54.00	216.00	-	3	75.00	77.00
76	4	USO INDUSTRIAL MEL* (B/E/C/A)	11.857.8	52000.00	80	140000	74.00	140.40
76	64	VERDE AD 116	180.00	800.00	80	3	75.00	75.00
76	48	HALS 80100	205.35	1000.00	80	3	65.00	57.00

GRÁFICO 4.21 SISTEMA PARA ADMINISTRACIÓN DE AMORTIGUADOR - PLÁSTICOS S.A.

Plásticos S.A. cuenta con computadoras en las diferentes secciones de la planta, para realizar consultas de status de

amortiguador de cada orden, estado de la producción y registros de información.

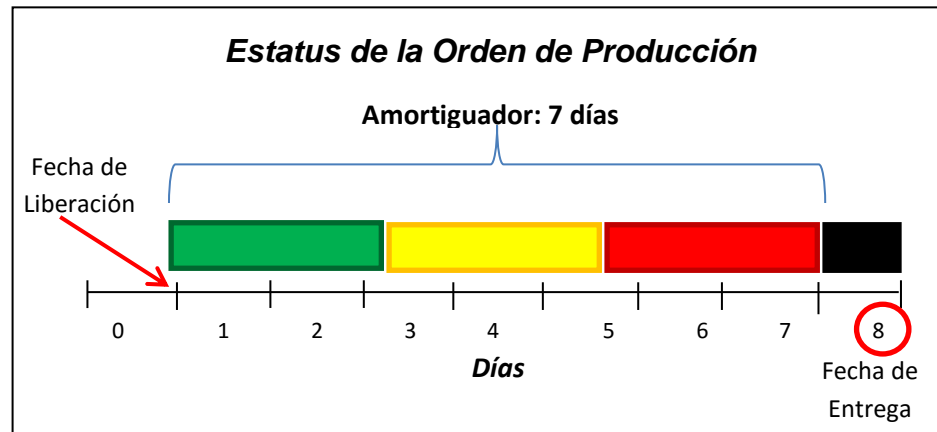


GRÁFICO 4.22 ESTATUS DE LA ORDEN DE PRODUCCIÓN

4.3 Administrar los recursos restringidos de capacidad (CCR)

Seguir el Sistema de Gerencia de Amortiguadores

Las reglas para la Gerencia de Amortiguadores deben ser cumplidas de acuerdo al código de colores, el cual expresa que una orden en rojo tiene mayor prioridad que una orden en amarillo y una orden en amarillo tiene mayor prioridad que una orden en verde.

No se debe procesar una orden que se encuentre dentro de la zona amarilla antes que una orden que se encuentre dentro de la

zona roja, ni una orden que se encuentre dentro de la zona verde antes que una orden que se encuentre en la zona amarilla.

La orden que posea mayor porcentaje de penetración del amortiguador debe ser liberada primero.

El porcentaje de penetración de amortiguador se calcula de la siguiente manera:

$$\% \textit{Penetración} = \left[1 - \left(\frac{\textit{Fechas de Entrega} - \textit{Hoy}}{\textit{Fecha de Entrega} - \textit{Fecha de Liberación}} \right) \right] \times 100$$

Las órdenes de producción que se encuentren en la misma zona de un determinado color, tendrán igual prioridad, y estas deberán ser ordenadas de acuerdo a las consideraciones locales con la finalidad de maximizar el flujo y reducir o eliminar actividades que no agreguen valor.

Se debe entrenar y guiar a la Gerencia y Administradores de la Producción para que lleven a cabo las prioridades de la Gerencia de Amortiguadores, cumpliendo el esquema y verificando que sus colaboradores las sigan.

Los Jefes de Producción deberán realizar muestreos del trabajo procesado y verificar que no se generen colas en los diferentes centros de trabajo.

El supervisor deberá reportar y monitorear información al término del proceso, registrará órdenes de producción que fueron saltadas sin considerar su prioridad, órdenes de clientes Premium que hayan sido expeditadas, y mermas de producción.

Los colaboradores deberán comprender que seguir el sistema de prioridades no hará al sistema ineficiente, sino que estabilizará el flujo productivo a lo largo de todo el proceso.

Plásticos S.A. ha entrenado a colaboradores de las áreas de producción y ventas, en el correcto seguimiento de la Gerencia de Amortiguadores y la no ruptura de este sistema; diariamente realiza la liberación de órdenes para cada proceso, según la prioridad de colores establecidos de acuerdo al consumo de amortiguador y el Planificador de producción verifica que se haya cumplido a cabalidad el plan de producción.

Plásticos S.A. libera primero todas aquellas órdenes que se encuentren en rojo, de acuerdo a la capacidad instalada de cada una de las máquinas.

TABLA 10 EJEMPLO DE GERENCIA DE AMORTIGUADORES

<i>Gerencia de Amortiguador</i>				
Orden	Descripción	Cantidad (kg)	Penetración Amortiguador	Fecha de Entrega
21756	Funda BD Impresa	300	90%	28/03/2009
21834	Funda AD Natural	250	65%	25/03/2009
22592	Rollo BD Natural	500	39%	10/03/2009
25879	Lámina BD Impresa	350	20%	01/03/2009

Elaboración: Propia

Los operadores de Plásticos S.A. reportan diariamente la producción, scrap y mermas para cada orden de trabajo procesada y los supervisores verifican detalladamente el cumplimiento de la programación establecida para cada día de trabajo.

4.4 Control de la carga y establecimiento de fechas de entrega

Para garantizar el cumplimiento de fechas de entrega a los clientes, no se pueden ofrecer tiempos de entrega estándar, ya que la carga del CCR será variable.

No se puede considerar igual fecha de entrega para todas las órdenes, así se trate de productos similares, ya que a medida que aumentan las ventas, el CCR tendrá mayor carga programada, es decir que éste no estará disponible para

procesar todas las órdenes y cumplir con la fecha de entrega estándar.

De acuerdo a la metodología TOC, se debe ofrecer la fecha de entrega en función de la carga comprometida del cuello de botella o CCR, la cual será estimada a partir del momento en que el CCR se encuentre disponible más medio amortiguador de tiempo.

Las fechas de entrega prometidas a los clientes deben cumplirse, independientemente del crecimiento en ventas.

4.4.1 Capacidad de los CCR

Considerar una capacidad de producción muy baja, desperdicia oportunidades para incrementar el tróput, mientras que considerar una capacidad de producción muy alta pone en riesgo la confiabilidad en los compromisos de entrega.

TOC plantea que se debe considerar como capacidad disponible, aquella capacidad que asegure la confiabilidad para el cumplimiento de fechas de entrega, es decir que no se desaproveche la generación de tróput, ni se considere una utilización excesiva de equipos.

La capacidad de producción inicial debe ser calculada como la producción promedio de toda la línea.

Cuando la capacidad de producción se acrecienta, todas las fechas de liberación al piso de trabajo se deben recalcular para liberar más WIP, pero antes de liberar más producto en proceso, se debe revisar si otros recursos se pueden transformar en un nuevo cuello de botella.

A mediados del año 2007, cuando se inició la implementación TOC en Plásticos S.A., las extrusoras tenían una utilización mayor al 80%, luego, en el año 2008 se incrementó la capacidad de extrusión y la utilización bajó a un 72% aproximadamente, sin embargo, debido al incremento de la demanda, la utilización de los equipos de extrusión subió nuevamente a un 80%, por lo que en el año 2010, Plásticos S.A adquirió una nueva extrusora para incrementar la capacidad de la sección de extrusión, bajando la utilización de equipos a un 66%.

Inicialmente Plásticos S.A. procesaba órdenes muy grandes, conocidas como “órdenes elefante”, las cuales mantenían comprometida gran parte de la capacidad de los equipos de extrusión, éstas órdenes, retrasaban órdenes de producción medianas y pequeñas y volvían poco flexible el proceso; como

acción correctiva, Plásticos S.A. utilizó y utiliza actualmente una estrategia de marketing, en la cual acuerda con el cliente realizar entregas parciales de pedidos grandes, pero le ofrece un precio preferencial por el volumen total solicitado.

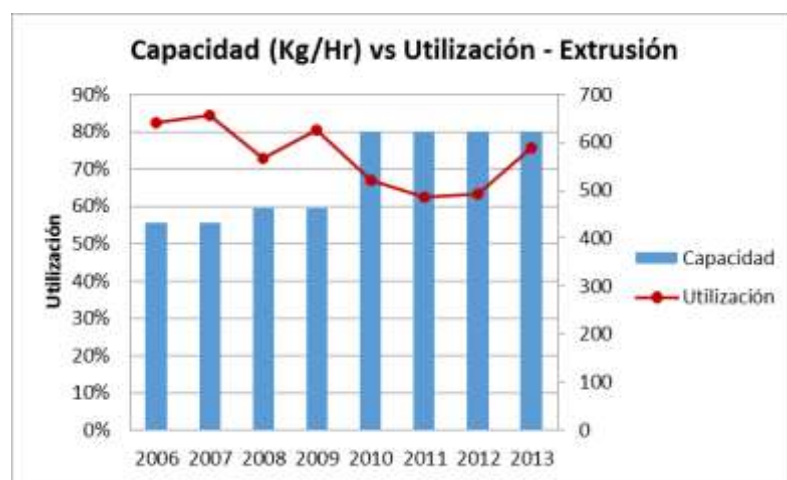


GRÁFICO 4.23 CAPACIDAD (KG/HR) VS UTILIZACIÓN EXTRUSIÓN - PLÁSTICOS S.A.

A finales del año 2008, con enfoque hacia un nuevo nicho de mercado, Plásticos S.A. adquirió una nueva línea de impresión y con una agresiva campaña publicitaria promocionó los productos impresos, ya que estos generan mayor rentabilidad que los productos no impresos. La demanda de productos impresos creció significativamente, alcanzando un 153% de incremento al año siguiente.

Al tener un incremento representativo en la demanda de productos impresos y mantener estable la demanda de productos no impresos, el cuello de botella se cambió de extrusión a impresión en el año 2011.

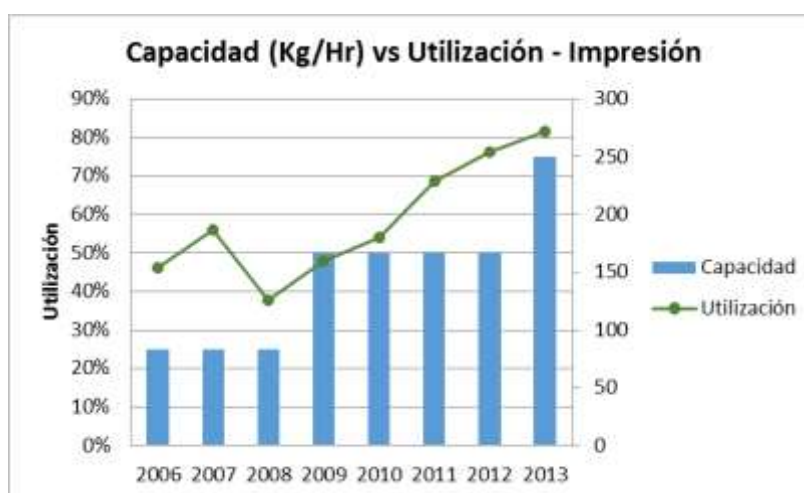


GRÁFICO 4.24 CAPACIDAD (KG/HR) VS UTILIZACIÓN IMPRESIÓN - PLÁSTICOS S.A.

4.4.2 Ventas por familia

La metodología TOC establece que sin importar el incremento en las ventas, o que tanta carga posean los CCR's, la compañía debe garantizar el cumplimiento de las fechas de entrega para sus clientes. Ninguna familia de productos debe tener mayor o menor probabilidad de ser entrega fuera de la fecha prometida.

Plásticos S.A. dividió su gama de productos en dos grandes familias: familia de productos impresos y familia de productos no impresos.

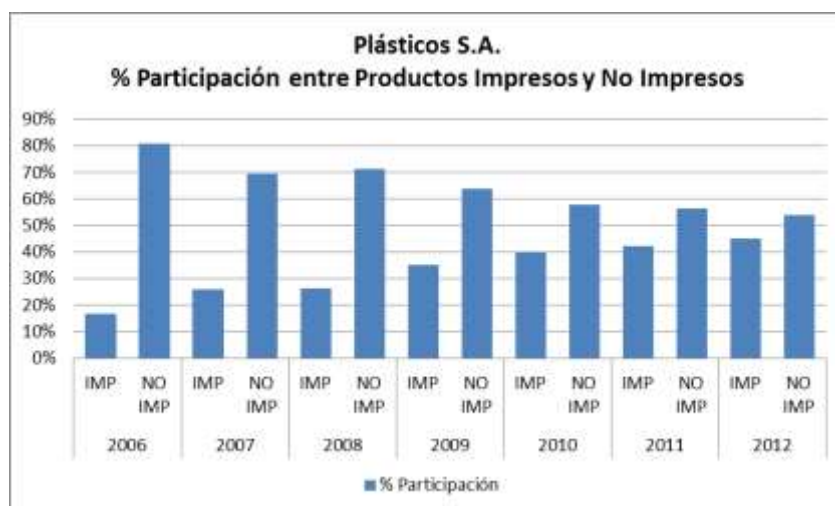


GRÁFICO 4.25 PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN ENTRE PRODUCTOS IMPRESOS Y NO IMPRESOS

Como se puede observar en la Gráfico 4.25, Plásticos S.A. inicialmente producía mayor cantidad de productos no impresos, sin embargo, luego de la promoción de productos impresos, el porcentaje de participación de ambas familias (productos impresos y no impresos) prácticamente se equilibró en el año 2012.

Con el cambio del cuello de botella, de extrusión a impresión, se incrementaron el número de órdenes en rojo, y el nivel de

servicio bajó en el año 2013. La probabilidad de retraso de una orden de productos impresos era mayor a la probabilidad de retraso de una orden de productos no impresos.

4.4.3 Establecimiento de Fechas de Entrega

La fecha de entrega prometida al cliente, será calculada en función de la carga comprometida del CCR, más medio amortiguador de tiempo, y no se darán fechas estándar.

El Departamento de Ventas deberá comunicarse con el Departamento de Producción, antes de ofrecer la fecha de entrega a los clientes, y el Departamento de Producción deberá tener la capacidad de dar una respuesta de inmediato.

Plásticos S.A. entrenó a su fuerza de ventas para solicitar la fecha de entrega al departamento de producción antes de realizar un compromiso de entrega con los clientes, el departamento de ventas comunica a sus clientes la fecha de entrega un día después de haber recibido la solicitud de compra.

El Departamento de Producción de Plásticos S.A., antes de indicar la fecha de entrega, realiza una revisión de la carga de sus CCR, utiliza un software para estimar la fecha de entrega que será propuesta a los clientes, de acuerdo a la carga

comprometida de los CCR's y a los kg solicitados en la nueva orden de producción.

Solo para clientes Premium se ingresan órdenes fuera del programa de liberación.

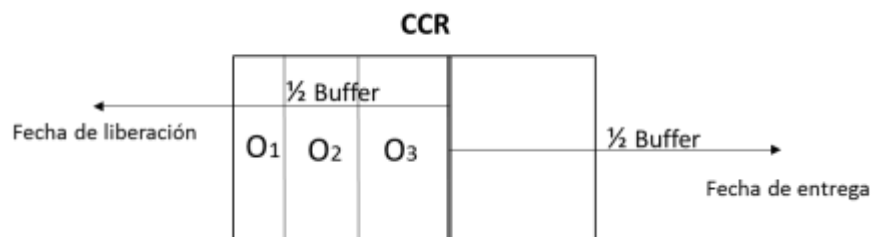


GRÁFICO 4.26 CONTROL DE CARGA DEL CCR

4.4.4 Aprovechamiento de Oportunidades

TOC establece que no se debe ofrecer una fecha de entrega que sea menor a la fecha de entrega estándar, para no perder la oportunidad de tener una capacidad sobrante y poder procesar ordenes Premium.

Plásticos S.A. realiza su planificación de producción, dejando un colchón o capacidad sobrante del 5%, para poder procesar ordenes conocidas como express y súper express, que hacen referencia a pedidos Premium, con un tiempo de entrega mucho menor al estándar y un precio más elevado.

**TABLA 11 LEAD TIME, PRODUCTOS EXPRESS Y SÚPER EXPRESS
- PLÁSTICOS S.A.**

Familias	Lead Time Normal	Express	Súper Express
No impresos	8	4	2
Impresos	15	6	4
% adicional al PVP		90%	190%

Elaboración: Propio

Plásticos S.A. ha definido un pedido mínimo para pedidos express y súper express, y ha establecido una cantidad máxima de Kg diarios a procesar, considerando el 5% de carga reservada. La mayor cantidad de pedidos para súper express son productos impresos.

4.5 Mejora de Flujo Sistemáticamente (POOGI)

Se deben identificar las fuentes de interrupciones y eliminarlas, ya que son las principales generadoras de variación dentro del proceso. La empresa debe reportar y registrar todas aquellas causas de interrupción, para poder tomar medidas u acciones correctivas.

TOC establece como interrupción todo aquello que cause un retraso o tiempo de espera de una orden de producción.

Cuando una orden de producción está en rojo, se debe consultar las acciones tomadas anteriormente, para reaccionar de acuerdo a la situación y no permitir el retraso de la orden.

Plásticos S.A. no lleva un registro de acciones tomadas para evitar tiempos de espera prolongados. Los registros de problemas técnicos o problemas de calidad, no están relacionados con los tiempos de espera de órdenes de producción en rojo y no existen reuniones periódicas para tratar temas relacionados a retrasos de órdenes de producción.

CAPÍTULO 5

5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC)

5.1 Análisis de Indicadores

5.1.1 Utilización de los Recursos de Capacidad Restringida (CCR)

La Ley de la utilización plantea: Si una estación incrementa su utilización, sin realizar cambios en los equipos o mejoras de proceso, el WIP y el tiempo de ciclo se incrementan de manera exponencial, y el nivel de servicio disminuirá.

Si la utilización es mayor, la probabilidad de incumplir con las fechas de entrega prometidas aumentará.

Inicialmente los CCR's de Plásticos S.A. se encontraban en la sección de extrusión, con una utilización mayor al 80%, sin embargo, luego de incrementar la capacidad de extrusión

durante los años 2008 y 2010, y promocionar la venta de productos impresos, el cuello de botella se cambió a impresión en el año 2011.



GRÁFICO 5.27 UTILIZACIÓN EXTRUSORAS VS IMPRESORAS - PLÁSTICOS S.A.

La demanda de productos impresos continuó incrementándose, y en el año 2013, la utilización de las impresoras superó el 80%. Con el incremento de la utilización de equipos, el tiempo de ciclo se elevó y el nivel de servicio bajo considerablemente; Plásticos S.A. se vio en la necesidad de contratar servicios de maquila para ciertas órdenes.

Con proyección a seguir creciendo, y con el afán de cumplir con las fechas de entrega prometidas, Plásticos S.A. adquirió una

nueva línea de impresión a finales del año 2013, y con este incremento de capacidad, la utilización de las impresoras bajó a un 60% y el cuello de botella regresó a extrusión.



GRÁFICO 5.28 UTILIZACIÓN EXTRUSORAS VS UTILIZACIÓN IMPRESORAS AÑO 2014 - PLÁSTICOS S.A.

En el año 2013, Plásticos S.A. bajó su nivel de servicio del 100% a un 88%, ya que tenía una utilización de equipos mayor al 80% y no había aplicado planes de mejora de procesos. Se pudo identificar que los tiempos de preparación de los equipos de impresión y extrusión eran muy altos y existen actividades que no agregan valor. La reducción del nivel de servicio provocó penalizaciones por entregas tardías.



GRÁFICO 5.29 UTILIZACIÓN EXTRUSORAS E IMPRESORAS VS NIVEL DE SERVICIO - PLÁSTICOS S.A.

5.1.2 Cumplimiento en las fechas de entrega

La metodología plantea que se deben liberar las órdenes de producción medio amortiguador de tiempo antes del CCR o cuello de botella, en el caso de Plásticos S.A. el CCR se encontraba al inicio del proceso productivo, motivo por el cual ese medio amortiguador de tiempo simplemente no era considerado.

El amortiguador de tiempo que se consideró al inicio de la implementación fue muy pequeño, ya que el porcentaje de órdenes en rojo superaba el 10%, por ello, Plásticos S.A. ajustó sus amortiguadores de tiempo, con lo cual resolvió el problema.

TABLA 12 PORCENTAJE DE ÓRDENES EN ROJO Y NEGRO DE PLÁSTICOS S.A.

Etiquetas de fila	% Órdenes en Rojo	% Órdenes en Negro
2009	8,3%	3,3%
2010	10,0%	2,3%
2011	10,0%	0,4%
2012	10,3%	1,3%
2013	6,3%	2,0%

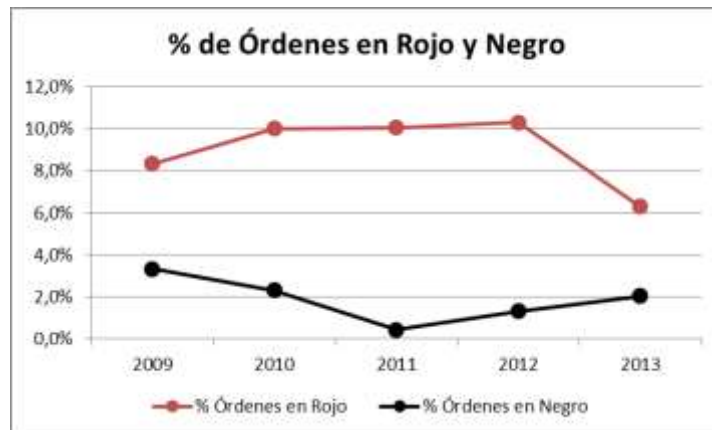


GRÁFICO 5.30 PORCENTAJE DE ÓRDENES EN ROJO Y NEGRO - PLÁSTICOS S.A.

Antes de la implementación de la metodología TOC, Plásticos S.A. tenía un nivel de servicio del 60%, luego de la implantación del nuevo sistema de liberación de órdenes basado en prioridades, congelamiento de WIP y control de carga, en tan solo 4 meses, alcanzó un 92% de nivel de servicio, contando aún

con capacidad sobrante de procesamiento. Durante los años 2010, 2011 y 2012, el nivel de servicio fue del 100%, sin embargo, en el año 2013 bajó a un 88%, debido a la elevada utilización de sus CCR's y su falta de aplicación de programas de mejora continua.

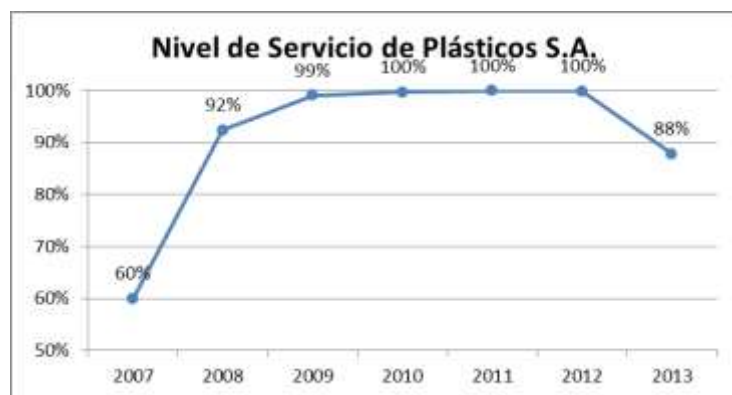


GRÁFICO 5.31 NIVEL DE SERVICIO - PLÁSTICOS S.A.

5.1.3 Nivel de Inventario

Al aplicar TOC y los principios del árbol de estrategias y tácticas, se redujo la cantidad de WIP, y se pudo tener una mejor organización en la ubicación de los productos en cada una de sus fases.



GRÁFICO 5.32 INVENTARIOS DE MP, WIP Y PT - PLÁSTICOS S.A.



GRÁFICO 5.33 INVENTARIOS (TN) VS VENTAS - PLÁSTICOS S.A.



GRÁFICO 5.34 UTILIZACIÓN DE EXTRUSORAS E IMPRESORAS VS WIP - PLÁSTICOS S.A.

5.1.4 Rentabilidad y Ventas

La puntualidad en la entrega de pedidos se convirtió en una ventaja competitiva decisiva para Plásticos S.A., ya que además de ofrecer fechas de entrega seguras a sus clientes, se compromete a pagar el 10% del valor de la venta, por cada día de retraso. Esta estrategia de mercado ha incrementó sus ventas considerablemente.

Su rentabilidad antes de la implementación de la metodología TOC, e inclusive en el año 2007, fue considerada baja, luego de la implementación, en los años 2008 y 2009 tuvo una rentabilidad

neutral, en el año 2010 su rentabilidad fue positiva y a partir del año 2011 hasta la actualidad su rentabilidad ha sido alta.



GRÁFICO 5.35 HISTÓRICO DE VENTAS - PLÁSTICOS S.A.

5.1.5 Reclamos y devoluciones

Durante el primer año de la implementación TOC, Plásticos S.A. cumplió en su mayoría, con las fechas de entrega prometidas a sus clientes, sin embargo en el siguiente año, se presentaron un alto número de reclamos, por problemas de calidad y retrasos en las entregas, esto debido a la elevada utilización de los CCR's.



GRÁFICO 5.36 VENTAS VS NÚMERO DE RECLAMOS - PLÁSTICOS S.A.



GRÁFICO 5.37 UTILIZACIÓN DE CCR'S VS NÚMERO DE RECLAMOS - PLÁSTICOS S.A.

CAPÍTULO 6

6. PROPUESTAS DE MEJORAS

6.1 Identificación de Oportunidades de Mejora

Toda implementación de un cambio en el proceso, debe estar acompañada de un Proceso de Mejora, el mismo que permitirá identificar la variabilidad del proceso por factores que se presentan a través del tiempo, por cambios del entorno interno y/o externo.

Dentro del Proceso de Mejora Continua se pueden aplicar herramientas de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing), las cuales tienen como principal objetivo hacer más eficiente el proceso, para tener como output⁵, productos de calidad a un menor costo de producción, a través de la eliminación de los ocho tipos de desperdicios que se presentan a lo largo del proceso.

⁵Output: Productos que resultan de la combinación de los diversos factores/MP's de producción.

Tipos de Desperdicios de un Proceso de Manufactura:

- Sobre-producción
- Tiempos de Espera
- Transporte
- Exceso de producto en proceso
- Inventario
- Movimientos innecesarios
- Producto defectuoso
- Potencial humano subutilizado

Las Herramientas Lean que dan mayor confiabilidad y flexibilidad a un proceso son:

5'S: Herramienta que hace referencia al mantenimiento integral del lugar de trabajo, a través de la clasificación, el orden, la limpieza, la estandarización y la disciplina. Su implementación incrementa los niveles de calidad, elimina tiempos muertos y reduce costos.

Eficiencia Global de Equipos (OEE): Indicador porcentual que relaciona la disponibilidad, el rendimiento y la calidad, con el fin

de monitorear el desempeño de los equipos y tomar acciones al respecto para incrementar su eficiencia.

Mantenimiento Productivo Total (TPM): Filosofía basada en 8 principios, que busca la eliminación de pérdidas relacionadas con paradas mecánicas y problemas de calidad.

Single Minute Exchange of Die (SMED): Metodología que busca la reducción de los tiempos de preparación de los equipos, convirtiendo la mayor cantidad de preparaciones internas (realizadas con la máquina parada) en preparaciones externas (realizadas con la máquina en funcionamiento).

Rediseño: Herramienta que plantea la modificación de un esquema o proceso deficiente, para incrementar su productividad.

Mapeo del Flujo de Valor (VSM): Técnica gráfica que permite visualizar el proceso completo, identificando la secuencia de actividades, flujo de materiales e información, recursos, e inventarios, con el fin de reducir los tiempos de ciclo.

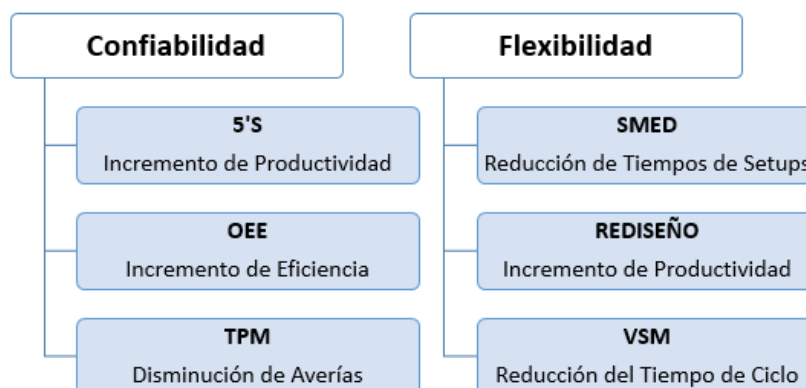


GRÁFICO 6.38 HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

Luego de realizar el levantamiento de información y análisis de la Implementación del Sistema TOC, se puede concluir que en Plásticos S.A. no está funcionando un proceso de mejora; pues hoy después de 7 años de su implementación se han identificado las siguientes oportunidades de mejora:

TABLA 13 PROPUESTAS DE MEJORAS - PLÁSTICOS S.A.

No.	Observaciones	Propuesta de Mejora
1	<p>PLANTA DESORGANIZADA</p> <ul style="list-style-type: none"> Las herramientas de trabajo no tienen un lugar específico, se encuentran mezcladas en cajas de herramientas a lo largo de cada sección, lo que provoca tiempo de desperdicio para seleccionar la herramienta requerida. 	<p>Implementar la herramienta 5S's, para mantener las estaciones de trabajo más organizadas, ordenadas y limpias.</p> <ul style="list-style-type: none"> Cada una de las herramientas deben tener una ubicación en la planta, de tal manera que sean de fácil localización.

	<ul style="list-style-type: none"> • Se observan baldes de pintura requeridos por la sección de impresión, los cuales no se encuentran identificados y para encontrar un determinado insumo es necesario destapar varios baldes. • El producto terminado está mezclado con el producto en proceso lo que provoca pérdida de tiempo de los Operadores buscando WIP. 	<ul style="list-style-type: none"> • La ubicación de las herramientas debe estar lo más cerca posible de las personas que las utilicen con mayor frecuencia. • Identificar claramente los contenedores de insumos. • Definir ubicación de WIP, considerando la ruta que seguirá, se puede considerar contar con Bodegas intermedias para cada sección.
2	<p>SISTEMA DE VENTILACIÓN INSUFICIENTE</p> <p>El ambiente de trabajo de la Planta es muy caliente, lo que provoca una disminución de la eficiencia de los operadores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el sistema de ventilación en toda la planta, especialmente en la sección de impresión.
3	<p>FALTA DE ESPACIO FÍSICO EN LA PLANTA</p> <p>Al pasar del tiempo y para cumplir con la creciente demanda de productos se han incorporado equipos, lo que ha provocado espacio reducido para WIP y Productos Terminados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda realizar un estudio para la ampliación de la Planta.
4	<p>Partículas de polvo e impurezas caen en los tanques contenedores de materia prima, las cuales generan problemas en la calidad del producto, provocando pequeñas perforaciones en la burbuja.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Como medida correctiva colocar cobertores o tapas en los tanques almacenadores de materia prima granulada. • Implementar Procedimientos Operativos Estandarizados de BPM.
5	<p>POSICIONES NO ERGONÓMICAS PUEDEN CAUSAR LESIONES EN LOS OPERADORES</p> <p>La mezcla de materia prima, aditivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Adquirir una herramienta para realizar la mezcla de materias primas, aditivos y colorantes.

	y colorantes se realiza de forma manual. Los operadores deben agacharse y meter los brazos para realizar la mezcla.	
6	<p>DELEGACIÓN DE FUNCIONES</p> <p>Cuando el Bodeguero está ocupado o no se encuentra en la bodega, los operadores de planta pierden tiempo esperando ser atendidos, para la solicitud y recepción de materiales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar al ayudante de Bodega de MP en la entrega de material, con el objeto de que el Bodeguero pueda delegar su responsabilidad en caso de ausencia.
7	<p>FALTA DE SEÑALÉTICA</p> <p>Falta de señalética en planta como: rótulo de números de emergencia, Rutas de evacuación y señalética de uso de extintores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar señalética en planta considerando las Normativas Nacionales como es el SART
8	<p>NO SE COSTEAN LOS TIEMPOS DE DESPERDICIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de Setups de impresión y extrusión muy largos • Frecuentes paros por avería de equipos de extrusión. • No se cuenta con un indicador relacionado con costos ocultos por realizar actividades que no agregan valor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar un Sistema de Manufactura Esbelta para eliminar o disminuir las actividades que no agregan valor al proceso. • Aplicar la herramienta SMED para agilizar los tiempos de Setups • Aplicar TPM para reducir paros por averías • Costear los costos ocultos, pues lo que no se mide no se puede mejorar.
9	<p>REUNIONES DE SEGUIMIENTO NO TIENEN LA FRECUENCIA ADECUADA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reuniones de planta se realizan una vez por semana. • No se tienen reuniones formales para revisar órdenes de producción que hayan tenido retrasos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar reuniones diarias de revisión de indicadores de planta (OEE), problemas de calidad, retraso de órdenes, etc. • Programar 2-3 reuniones por mes para revisar las causas que generaron que órdenes de producción se retrasen y proponer acciones correctivas y preventivas.
10	<p>NO SE REGISTRAN CAUSAS DE RETRASOS EN ÓRDENES DE PRODUCCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se documentan las causas que generaron retrasos en 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar causas de retrasos en órdenes de producción y acciones correctivas y preventivas tomadas. • Identificar problemas técnicos

	órdenes de producción, ni las acciones correctivas o preventivas tomadas.	y problemas de calidad que hayan retrasado órdenes.
--	---	---

Se recomienda designar y capacitar a una persona para que sea responsable del proceso de mejora, la cual tendría entre algunas de sus funciones:

- Reforzar metodología TOC.
- Cuantificar los tiempos de demora actuales sin la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing.
- Establecer indicadores para monitorear el proceso, considerando una metodología estándar de medición.
- Diseñar un Plan de inducción de aplicación de herramientas Lean, para el personal nuevo.
- Crear plantillas para auditorias

6.2 Metodología “Single Minute Exchange of Die” (SMED)

SMED es una metodología que plantea la reducción significativa en los tiempos de preparación de equipos, considerando el tiempo de preparación desde el término de una orden e inicio de una nueva orden hasta la obtención de la primera pieza buena.

Los Setups de un equipo se dividen en actividades internas y actividades externas.

$$\text{Tiempo de Preparación} = \text{Preparación interna} + \text{Preparación externa}$$

La implementación de SMED se realiza en 4 fases:

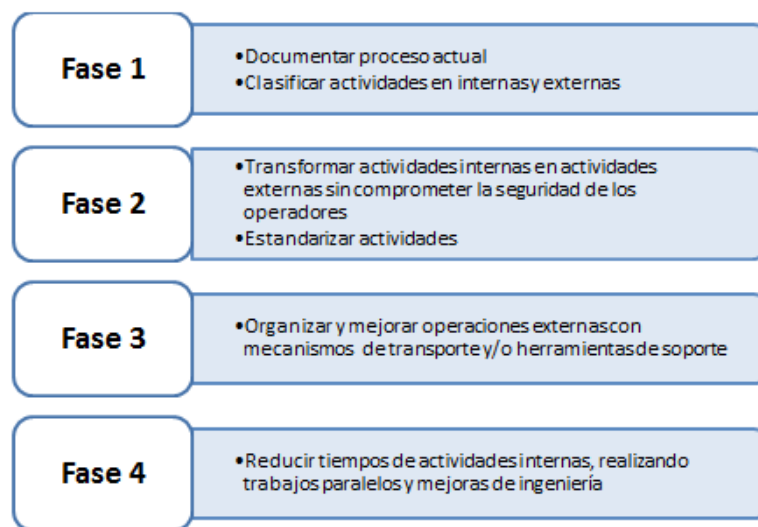


GRÁFICO 6.39 FASES DE IMPLEMENTACIÓN SMED

6.2.1 Tiempos de preparación de equipos (CCR)

Los operadores deben preparar los equipos antes de ponerlos en funcionamiento, y poder comenzar a procesar una nueva orden de producción. Cada preparación de equipos o setup, debe cumplir un protocolo y ser realizado de manera rápida y eficiente.

Se han analizado las actividades y pasos que realizan los operadores, para los setup de equipos definidos como CCR's, con el objeto de identificar oportunidades de mejora y proponer un plan de acción para disminuir los tiempos de preparación, a través de la implementación de la metodología SMED.

Se realizó el análisis de actividades de setups de extrusión y setups de impresión:

Preparación de Extrusoras

El tiempo de preparación de las extrusoras, para cambiar de un formato a otro (cambio de molde), es de aproximadamente 5 horas, y el tiempo de preparación para cambio de color es de aproximadamente 2 horas.

Para cambiar de una orden a otra en los equipos de extrusión, se deben realizar los siguientes cambios y preparaciones:

- Cambio de color: pasar de un color a otro.
- Cambio de molde: pasar de un molde de diámetro X a un molde de diámetro Y. Toma de 4 – 5 horas.

- Cambio de filtro: se coloca un nuevo filtro cada cambio de color e inicio de turno, el filtro se coloca entre el tornillo sin fin y el molde.
- Acondicionamiento de temperatura: cuando se pasa de PEBD a PEAD, el molde será sometido a una mayor temperatura, por lo que éste debe calentarse por un tiempo de aproximadamente 15 - 20 minutos, hasta alcanzar la temperatura adecuada.
- Limpieza de molde: se saca la parte superior del molde (parte macho) para limpiar su interior.
 - Se realiza cuando han existido impurezas en el material, las cuales dejan residuos al interior del molde (utilización de material reprocesado / scrap).
 - Se realiza cada semana y cuando se observa que la película comienza a rasgarse.
- Limpieza del labio del molde
 - Se realiza cada turno y cuando se observan imperfecciones en la película.

Preparación de Impresoras y procesamiento de una nueva orden de producción en impresión.

El tiempo de preparación de las Impresoras, para cambiar de una orden a otra con diferentes diseños y colores dura aproximadamente 6 horas.

Para cambiar de orden de producción en los equipos de impresión, se deben realizar las siguientes actividades:

- Limpieza de partes:
 - Limpiar cuchillas
 - Lavar mangueras succionadoras de tinta
 - Lavar rodillo anilox
- Limpieza de bandeja, bomba y racla
- Cambio de medida
 - Colocación de rodillo anilox
 - Cambio de rodillos portacireles
- Calibración del equipo
 - Ajuste de la distancia entre rodillos y tambor
 - Calibración de Registro (cuadrar rodillos para que la impresión no aparezca con colores sobrepuestos)
 - Revisión de tinta, para encontrar la tonalidad deseada de color.

- Inspección de calidad en muestra: verificación de registro y tonalidad de colores.
 - Comparación de la muestra con el patrón, el supervisor debe aprobar la muestra antes de iniciar la producción.
- Medición de viscosidad de la tinta: el operador mide la viscosidad de la tinta con un instrumento llamado Copa Zahn, y cada 10-15 minutos le agrega medio litro de alcohol al tarro contenedor de tinta para mantener la viscosidad deseada.
- Al final de cada orden de producción, el operador pesa la cantidad de tintas sobrante.

Ordenes de producción con nuevos artes/ diseño

- Antes de aceptar una orden con un nuevo arte, el Jefe de Calidad verifica si será posible procesarla, ya que la impresora es capaz de imprimir únicamente 6 colores.
- Una vez elaborada la muestra, se espera la aprobación del cliente para poder iniciar la producción.



GRÁFICO 6.40 TIEMPO DE PREPARACIÓN POR ACTIVIDAD DE IMPRESORAS - PLÁSTICOS S.A.

El tiempo de preparación de Impresión es de 6 – 8 horas.

En el Gráfico 6.40 se puede observar las actividades del setup de impresión y el tiempo promedio que toma cada una de ellas.

TABLA 14 OPORTUNIDADES DE MEJORA PARA SETUPS DE IMPRESIÓN.

No.	Observaciones	Propuesta de Mejora
1	Desorganización y falta de identificación en baldes de tinta e insumos.	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar herramienta 5'S en la sección de almacenamiento de tintas y solventes.
2	Operadores esperan que termine un trabajo para realizar limpieza de mangueras succionadoras de tinta, bombas y racla, para pasar de un color a otro.	<ul style="list-style-type: none"> Adquirir un juego adicional de mangueras succionadoras de tintas, bombas y racla, para una vez que se termine una orden estas sean

		<p>inmediatamente colocadas y se pueda seguir con la siguiente orden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El lavado de partes a utilizarse en la siguiente orden de producción, se realizará mientras la impresora esté funcionando establemente.
3	Un solo operador realiza la colocación y calibración de los 6 rodillos entintadores	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar a operadores de soporte para la colocación y calibración de rodillos. • Armar equipos de cambio rápido, designando al menos dos operadores para la colocación y calibración de rodillos • Sonar una campana o alarma cada vez se inicie y finalice un setup de impresión para alertar a operadores de soporte.
4	Tiempo de espera para aprobación de muestra antes de iniciar la producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicarse por radio con el Supervisor de Producción e indicarle que se tiene lista la muestra. • Delegar al operador la responsabilidad de verificación de tonos en la muestra, en casos de ausencia del Supervisor

6.2.2 Planes de acción

Luego del levantamiento de información de actividades de Setups, y detección de oportunidades de mejora, se ha propuesto el siguiente Plan de Acción para la implementación de la herramienta SMED:

TABLA 15 PLAN DE ACCIÓN

Acciones	Objetivo	Pasos
Capacitación	Explicar herramienta SMED y beneficios de su aplicación. Concientizar a colaboradores el impacto que tiene para la organización, tener tiempos de preparación altos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una charla introductoria a la metodología para todo el personal productivo. 2. Conformar grupos con Operadores Líderes para explicación específica de la metodología
Selección de Equipos	Definir equipos CCR en los que implementará SMED	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar equipos específicos en los cuales se implementará el Plan, de los equipos CCR de extrusión e impresión, definir en cual se iniciará. 2. Determinar herramientas necesarias y personal que estará directamente involucrado
Levantamiento de Proceso (Situación Actual)	Documentar el proceso actual de preparación de equipos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documentar y filmar el proceso actual de preparación 2. Identificar cada una de las actividades realizadas
Diferenciar y separar actividades internas y externas	Separar y listar actividades de preparación que se realizan con el equipo parado y actividades de preparación que se realizan con el equipo en funcionamiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Separa actividades internas y externas. 2. Identificar actividades que no agreguen valor

Identificar oportunidades de mejora	Analizar posibles soluciones para agilizar el proceso de preparación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar actividades y convertir actividades internas en externas en todos los casos posibles 2. Mejorar tiempos en actividades internas 3. Mejorar tiempos en actividades externas
Implementar mejoras	Reducir significativamente los tiempos de preparación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adquirir herramientas o materiales necesarios 2. Realizar pruebas piloto de mejoras propuestas 3. Validar funcionalidad de mejoras

6.3 Evaluación Financiera

Con el objeto de cuantificar la implementación de las oportunidades de mejora descritas anteriormente, se ha elaborado el siguiente presupuesto, considerando valores referenciales:

TABLA 16 EVALUACIÓN FINANCIERA

Observaciones	Propuesta de Mejora	Valorización
Planta desorganizada	Implementar herramienta 5S's	\$ 5.000
Sistema de ventilación insuficiente	Mejorar el sistema de ventilación en toda la planta	\$ 8.000
Posiciones no ergonómicas pueden causar lesiones en los operadores	Herramientas para realizar la mezcla de materias primas, aditivos y colorantes.	\$ 10.000

Ingreso de partículas de polvo e impurezas en tanques de MP	Adquirir cobertores o tapas en los tanques almacenadores de materia prima granulada.	\$ 2.000
Falta de señalética	Colocar señalética en planta considerando las Normativas Nacionales como es el SART	\$ 700
Tiempos altos de preparación en los CCRs	Aplicar la herramienta SMED para agilizar los tiempos de Setups	\$ 2.000*
TOTAL		\$ 27.700

*No se pudo completar el análisis económico para la implementación SMED, ya que es necesario el input de información, de las herramientas o equipos que se necesiten, el valor hace referencia a las capacitaciones y talleres.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 Conclusiones

- Inicialmente Plásticos S.A. identificó como sus CCR's los equipos de extrusión, sin embargo luego de 3 años de la implementación el CCR se movió a los equipos de impresión y actualmente ha regresado a extrusión. Esto demuestra que los CCR's de una planta pueden cambiar a través del tiempo, de acuerdo a las mejoras o incremento de capacidad que tengan, por ello es importante monitorear constantemente donde se encuentra realmente el cuello de botella para realizar la programación de liberación de ordenes en función de su carga.
- El sistema productivo debe ser estable, es decir que debe existir un equilibrio entre las órdenes o trabajos que ingresan

al sistema y las órdenes que salen de él, de esta manera el WIP promedio se mantendrá constante y no se generarán colas. La tasa media de entrada o ingreso de trabajos debe ser igual a la tasa media de salida.

- Gracias a la implementación de la Metodología TOC, Plásticos S.A. alcanzó un cumplimiento de las fechas de entrega superior al 99%, proporcionándole a la compañía una ventaja competitiva y mayor participación de mercado.
- Gracias a la implementación de TOC, los departamentos trabajan alineados con la filosofía de la organización, convirtiéndose en un solo sistema con el afán de alcanzar una misma meta.
- Es erróneo pensar que tener trabajando a todos los equipos hará más eficiente el sistema, ya que si el sistema no está equilibrado, lo único que generará, será el incremento de WIP, incremento de tiempo de ciclo y reducción de nivel de servicio. Se ha roto el paradigma de trabajar bajo eficiencias locales.
- Se evidenció que en Plásticos S.A., una vez aplicada la metodología TOC, el tiempo de ciclo y la cantidad de producto en proceso disminuyó considerablemente, y se incrementó el nivel de servicio.

- Si no se mantiene un sistema de mejora continua que identifique y elimine actividades que no agreguen valor, tiempos muertos, setups muy largos, entre otros., la metodología no podrá mantenerse en el tiempo. La variabilidad en el proceso es la principal causa de entregas tardías.
- La clave está en cuidar la carga, que tan grande será el amortiguador de tiempo, va a depender de cuanta carga se le meterá al equipo.
- Una vez establecidos los nuevos amortiguadores, se procedió a liberar las órdenes de producción medio amortiguador antes de la fecha de entrega.
- La metodología TOC funciona correctamente para entornos MTO, siempre y cuando se establezcan correctamente los amortiguadores de tiempo para cada familia de productos y se siga a cabalidad la liberación de órdenes de producción regida por la Gerencia de Amortiguadores.

7.2 Recomendaciones

- Seguir un proceso de mejora continua, monitoreando el sistema de producción y eliminando procesos que no agreguen valor. Se pueden utilizar diferentes herramientas

de Manufactura esbelta como: Lean, Six Sigma, Control estadístico de procesos, entre otros.

- Realizar reuniones periódicas con los líderes de producción y ventas, para analizar las causas principales de las interrupciones en el piso de trabajo y proponer mejoras y planes de acción de acuerdo a los diferentes casos, con la finalidad de eliminar las causas raíces de las interrupciones.
- Llevar registro de penalizaciones por incumplimientos en las fechas de entrega y acciones tomadas.
- Evitar trabajar en varias tareas al mismo tiempo, ya que al aumentar el trabajo en curso, el tiempo de cambiar y retomar las tareas, disminuirá el rendimiento.

APÉNDICES

Máquina: Extrusora

Turno: Primero Segundo

Nombre de Operario: _____

Marcar con una (x) la actividad que esté realizando

N°	Fecha	Número de Extrusora	Número de Orden	Cambio Color	Cambio Molde	Limpieza molde	Limpieza labio de molde	Acondicionamiento de temperatura	Cambio de filtro	Hora de Inicio	Hora de Finalización	Observaciones
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

Observaciones Generales: _____

Supervisor de planta : _____

Firma

Máquina: Impresora

Turno: Primero Segundo

Número de máquina: _____

Marcar con una (X) la actividad que esté realizando

N°	Fecha	Número de Orden	Operario	Lava Anilox	Lava mangueras succionadoras	Lava tina de tinta	Cambio Molde Cireles	Hora de Inicio	Hora de Finalización	Observaciones
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Observaciones Generales: _____

Supervisor de planta : _____

Firma

BIBLIOGRAFÍA

1. David F. Muñoz Negrón, Administración de operaciones – Enfoque de administración de procesos de negocios, México, Editorial CENGAGE Learning, 2009.
2. Rainer Kolisch, Make-to-Order Assembly Management, Alemania, Editorial Springer, 2001.
3. David F. Muñoz Negrón, Administración de Operaciones, México D.F , Editorial Cengage Learning, 2009.
4. Eliyahu M. Goldratt, The choice, traducida al español, México, Editorial Catillo, 1997.
5. Eliyahu M. Goldratt, La Meta, México, Editorial Castillo, Segunda Edición, 1992.
6. Eliyahu M. Goldratt, The Strategy & Tactic Tree. Reliable Rapid Response, 2006.
7. Eliyahu M. Goldratt, De Pie Sobre los Hombros de Gigantes, los conceptos de producción frente a las aplicaciones de producción, Goldratt Schools, 2008.
8. Página web
www.eclac.org/dmaah/noticias/paginas/8/28248/equipo_ecuador.pdf

9. Página web www.berriprocess.com/es/todas-las-categorias/item/46-ley-de-little
10. Página web www.aciertoeducativo.com/index.php/toc-fe/58-tocd/50-4-pilares-de-toc