



**PLAN DE MEJORAS  
PARA EL PROCESO DE PREPARACIÓN  
Y CAMBIO  
EN LA LÍNEA N° 4,  
APLICANDO HERRAMIENTAS DE  
MANUFACTURA ESBELTA  
PARA LA EMPRESA DOMINGUEZ Y CIA.**

Autor: Victor Camargo  
C.I.17.614.835

Urb. Yuma II, calle N°3, Municipio San Diego  
Teléfono (0241)8714240-Fax(0241)8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PLAN DE MEJORAS  
PARA EL PROCESO DE PREPARACIÓN  
Y CAMBIO  
EN LA LÍNEA N° 4,  
APLICANDO HERRAMIENTAS DE  
MANUFACTURA ESBELTA  
PARA LA EMPRESA DOMINGUEZ Y CIA.**  
Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO INDUSTRIAL

**Autor:** Victor Camargo  
C.I.17.614.835

San Diego, Noviembre 2017



Universidad José Antonio Páez  
Facultad de Ingeniería

**FI-CE-I-002-2017-2 CR.**

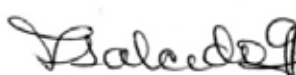
Valencia, 04 de Octubre de 2017.

Ciudadano:  
**Camargo Víctor**  
**C.I: 17.614.835**  
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 3-2017 de fecha 04/10/2017 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **“PLAN DE MEJORAS PARA EL PROCESO DE PREPARACIÓN Y CAMBIO EN LA LINEA N° 4, APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA PARA LA EMPRESA DOMINGUEZ Y CIA.”** Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Se ratifica la designación de la Ing. Gina De Marco, C.I. 7.090.618 y la Ing. Alicia Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

  
**Prof. Zulay Salcedo**  
**Decana (E) de la Facultad de Ingeniería**



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (2).

ZS/fr



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero **GINA DE MARCO** portador de la cédula de identidad N° 9.090.618, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano **VICTOR ALFONSO CAMARGO RIOS**, portador de la cédula de identidad N°17.614.835, titulado: **PLAN DE MEJORAS PARA EL PROCESO DE PREPARACION Y CAMBIO EN LA LINEA N°4, APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA PARA LA EMPRESA DOMINGUEZ Y CIA.**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los quince días del mes de septiembre del año dos mil diecisiete.

Ing. Gina De Marco.  
C.I.: 9.090.618

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>pp</b>
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	4
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Formulación del Problema.....	9
1.3 Objetivos de la Investigación.....	9
1.3.1 Objetivo General.....	9
1.3.2 Objetivos Específicos.....	9
1.4 Justificación.....	10
1.5 Alcance.....	11
1.6 Limitaciones.....	11
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	13
2.1 Antecedentes.....	13
2.2 Bases Teóricas.....	15
2.2.1 Manufactura Esbelta.....	15
2.2.2 Desperdicio.....	15
2.2.2 Herramientas de Manufactura Esbelta.....	16
2.3 Definiciones de Términos Básicos.....	23
<b>III MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	25
3.2 Nivel de la Investigación.....	25
3.3 Población y Muestra.....	26
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	27
3.4.1 Observación Directa.....	27
3.4.2 Revisión Documental.....	27
3.4.3 Entrevista no Estructurada.....	27
3.4.4 Revisión Bibliográfica.....	27
3.5 Fases de la Investigación.....	28
<b>IV RESULTADOS</b>	
4.1 FASE I: Diagnosticar la situación actual del proceso de	

producción de envases en la línea 4.....	33
4.2 Fase II Analizar el procedimiento de cambio de línea en el área de ensamble de la línea 4 utilizando herramientas de Ingeniería Industrial.....	34
4.3FASE III: Diseñar la propuesta de mejoras en el proceso de producción de envases en la línea.....	39
4.4 FASE IV: Evaluación del impacto económico a través de la relación beneficio/costo.....	82
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>91</b>



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**CARRERA INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

## **PLAN DE MEJORAS PARA EL PROCESO DE PREPARACIÓN CAMBIO EN LA LÍNEA N°4, APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA EMPRESA DOMINGUEZ Y CIA.**

**Autor:** Victor Alfonso Camargo Rios

**Tutor:** Ing. Gina De Marco

**Fecha:** Septiembre, 2017

### **RESUMEN**

El presente trabajo de Grado tiene como propósito la realización de un estudio en los procedimientos de preparación y ejecución de cambios de la línea 4 en el área de ensamble de la empresa Domínguez y Cía., detallando las categorías en las cuales están implicadas las demoras reflejadas en los registros de estos procesos, contemplando un análisis de las causas que conforman el hecho de ocurrencia de estos a través del uso de herramientas de ingeniería industrial, manejando información documentada y de campo, donde incluso se realiza un estudio crítico de las demoras más significativas en función de las horas suministradas por ellas con el enfoque del Diagrama de Pareto, logrando establecer las propuestas que se desean implementar mediante la utilización de las herramientas de Manufactura Esbelta. En torno a esto, se concibe entablar un procedimiento normalizado de las actividades que conforman al cambio, configurando el uso de las propuestas planteadas para una efectiva ejecución del mismo, eliminando estos retrasos. El alcance que confina la aplicación del justo a tiempo y el kanban, permiten abastecer de información al departamento de mantenimiento/cambio sobre el movimiento de piezas, equipos y herramientas, con el fin de asegurar la disponibilidad de ellas en estos procesos. En función del SMED, se contiene la esencia de un trabajo estándar que define la realización de un cambio en los márgenes de tiempo planteados por el departamento, definiendo estas actividades con el enfoque de esta herramienta bajo la estructura de un manual, y el TPM, administra el desarrollo continuo del mantenimiento de las piezas y equipos para asegurar el hecho de que no ocurran fallas en estas. Mediante la realización de este estudio, se define la factibilidad económica del proyecto, formalizando los beneficios que conlleva a implementar las propuestas.

**Palabras Clave:** Manufactura Esbelta, SMED, Justo a Tiempo, Kanban, TPM, Procedimiento Normalizado.

## INTRODUCCIÓN

La empresa Domínguez y Compañía, se ha destacado por ser una empresa competitiva en los márgenes productivos de envases en torno a una extensa variedad de distintas gamas de industrias de productos enlatados. Con un perfil completo de atención a la calidad de sus productos, se ha desempeñado en construir una fuerte base productiva basada en la satisfacción de sus clientes, contrayendo la insistencia de evaluar su eficiencia conforme al cumplimiento de sus programas de planificación de la producción realizados en función de sus niveles de demanda actual.

Hoy en día, la empresa ha alcanzado un amplio auge de producción por su responsabilidad ante el compromiso de cumplir con los clientes, pero al mismo tiempo se han venido presentando percances en los márgenes de tiempo asignado para la realización completa de las planificaciones productivas conforme a la capacidad que poseen las líneas del área de ensamble, además, se logra inferir en el alcance que pueden presentar estas problemáticas en la relación establecida con el cliente, por lo cual se hizo significativo efectuar un estudio sobre el comportamiento del área mencionada para construir un plan de ataque en efecto de las evaluaciones que se ejecutan en el diseño del trabajo realizado.

Con un control de inventario del almacén de producto terminado, el departamento de ensamble verifica la disponibilidad de los productos ante las solicitudes posibles de los clientes de la empresa, por lo cual conforma una parte esencial sobre el programa productivo mensual, actualizándolo en función del desempeño de las líneas. Por tanto, se hace inferencia en el hecho de que al presentarse problemas en las líneas, la producción se retrasa, por lo cual se afecta el tiempo que cubre el cumplimiento total de lo planificado.

Conforme al conocimiento sobre las distintas gamas de productos que pueden realizar cada una de las líneas del área de ensamble, permite integrar la presencia de

los cambios en los programas mensuales, identificando el tiempo de ocurrencia de estos, con el fin de implementar un control completo sobre el movimiento de los recursos del departamento para ejecutar la estructura definida en el programa.

Actualmente, la ejecución de los cambios han originado un descontrol en la norma de los cumplimientos en función del tiempo estipulado a la ejecución de estos, por lo cual se contempla el estudio en base de los eventos sucedidos en la realización de los ajustes de los equipos y de los distintos percances que se presentaron en estos.

La presente investigación está estructurada en cuatro capítulos, los cuales están conformados de la siguiente manera:

Capítulo I, contempla el problema en torno al planteamiento de los percances observados en las actividades de cambio y se contempla la descripción de los objetivos bajo los que se integra el desarrollo de la investigación, la justificación, el alcance y limitaciones.

Capítulo II, anexa el contenido teórico de las herramientas de manufactura esbelta, con la función de suministrar conocimientos de aquellas que posiblemente se logren integrar en norma de propuestas para su implementación de las actividades de cambio, enfocando la manera sobre las cuales se pueden aplicar, además se filtraron los conocimientos suministrados por los trabajos de grados tomados como antecedentes en función de visualizar un curso de acción y la manera en como implementaron sus ideas y propuestas a problemas que plantearon en sus estudios.

Capítulo III, conforma el marco metodológico, bajo el cual se contempló la realización del estudio, donde se simplifica las acciones ejecutadas y los planes de ataque para centralizar el enfoque investigativo.

Capítulo IV, establece los resultados que se obtuvieron a la realización de este proyecto.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

La empresa Domínguez y Cía. fue fundada en 1930, dedicándose a la elaboración de envases de hojalata, aluminio y plástico, atendiendo actualmente al mercado nacional en un 43%, en los renglones de alimentos y bebidas, industria, farmacia, etc.

La empresa cuenta actualmente con 4 sedes representadas por el tipo de actividad realizado en los distintos grupos de materia prima utilizado, distribuidos de la siguiente manera: Hojalata (46,68% de participación productiva): corresponde a la planta de Valencia y Los Teques, en ellas se elaboran envases de hojalata de tres piezas para las industrias de alimentos, bebidas, pinturas, aerosoles, solventes, lubricantes y otros productos químicos. Plástico (10,13% de participación productiva): actividades desarrolladas en dos plantas ubicadas en la ciudad de Barquisimeto, en ellas se elaboran envases inyectados y envases soplados para las industrias de alimentos, lubricantes, pinturas y liga para frenos. Aluminio (43,19% de participación productiva): actividades desarrolladas en la planta de Domínguez Continental, S. A. en Barquisimeto, en ella se elaboran envases de aluminio de dos piezas para la industria de cervezas, refrescos y maltas.

La sede ubicada en Valencia opera con una ronda productiva de tres turnos de 8 horas en la planta y un turno normal dependiendo del tipo de trabajo realizado, indistintamente del departamento cumpliendo para los demás empleados. Esta empresa cuenta con la presentación como proveedor principal a SIDOR C.A. para el suministro de la materia prima. En cuanto a la amplia gama de clientes de la empresa se puede considerar industrias de alimentos, farmacéuticas, productos de limpieza, pintura, etc. Esta sede cuenta con un grupo de áreas especificadas por el tipo de producto que realizan dentro de la planta, donde se pueden considerar mencionar el área de tapa, ensamble, litografía, empaque, etc. El área en el cual se desarrolla el

estudio, es la de ensamble, donde se están presentando contratiempos en lo que se refiere a los cambios de líneas que se ejecutan actualmente en las 9 líneas que posee el área.

Los cambios de línea se realizan en el área dependiendo de la planificación de producción que ejecuta la parte logística de la empresa, logrando un control de cambio representado en programas semanales, donde se consideran modificaciones en el envase en cuanto a la altura, diámetros, superficie, barnizado, tipo de tapa, etc., para obtener el producto deseado y requerido por el cliente procurando una producción estratificada para obtener un mayor nivel de servicio.

Estas actividades pueden estar presentes en 8 de las 9 líneas que posee el área, compitiendo por un control productivo establecido por el departamento y organizado según la capacidad de la línea. Cada una posee una amplia gama de envases que estas pueden fabricar, donde estos productos definen el cambio que se puede realizar en ellas. Actualmente la única línea que no presenta cambios es la número 1, ya que trabaja con un solo tipo de producto por la demanda que este posee. Las líneas con mayor tipo de cambio vienen conformadas desde la 3 hasta la 7, por el tipo de maquinarias que poseen y su gran facilidad de cambio que se le puede administrar para realizar el producto que se requiera.

Las mayores dificultades presentes en estas actividades se enfocan en las disposiciones de tiempo según el tipo de cambio que se pueda materializar en la línea respectiva, ya que existe una administración teórica del tiempo de duración de estos, los cuales varían dependiendo del cambio y el equipo o maquinaria en el que se esté trabajando.

Entre los cambios que abarcan un tiempo significativo, se pueden matricular los que son de tipo A, los cuales son referidos a las modificaciones del diámetro y altura.

En los programas actuales, se puntualiza que la línea en estudio (línea 4) posee el mayor número de cambios realizados en lo que respecta a diámetro y altura en los últimos años, considerando valor representativo del 56% aproximadamente en

función del total de cambios realizados entre las líneas 4, 5, 6, 7 y 8. Estos se realizaron de acuerdo a las especificaciones del plan, el cual posee una justificación del tiempo que debe durar cada cambio en los equipos de la línea, donde se han estado presentando percances en cuanto a los procesos de preparación para la realización de los cambios, en la ejecución, en las herramientas y en las piezas requeridas para esto. Es posible manifestar que existe un punto crítico en estos procesos, ya que los tiempos de cambio de cada equipo están detallados de manera teórica para poder construir una planificación del día de ejecución y la partida de la producción del otro envase.

En la representación teórica de los tiempos de duración del cambio tipo A de la línea cuatro, especifica que su mayor tiempo de ejecución es de seis horas, por lo cual en los programas semanales otorgan un lapso de hasta tres turnos para la ejecución completa de estas actividades de cambio por el historial de la duración de estos, pero actualmente se refleja el incumplimiento del mismo, ya que pueden durar hasta tres días o más dependiendo de los contratiempos que se presenten en la ejecución, por lo cual se requiere una reestructuración de la planificación de la producción solicitada para el nuevo cambio por el incumplimiento del mismo, considerando un efecto negativo para los niveles productivos de la empresa en lo que se refiere a competencia, y a la demora e incompleta entrega de productos a los clientes.

La persona encargada de llevar a cabo el cambio de línea es el coordinador, el cual tiene la responsabilidad de hacer cumplir las etapas que involucra el cambio y dispone de un personal para que realice las modificaciones en los equipos de las líneas según las especificaciones del envase. Para ello, el gerente de producción y ensamble le hace entrega de un plan de cambio semanal, el cual le indica el momento en que se requiere iniciar otra producción. Existe una lista de cambios la cual fundamenta específicamente los posibles productos que se pueden realizar por cada línea. (Ver figura 1)

RMATO					
Línea	Diámetro	Altura	Tipo de tapa	Cant x Cuerpo	Tipo de cuerpo
1	202	308	T=F	2	Cordón
2	202	308	T=F	2	Cordón
	211	201	T=F	2	Liso
			T.E.O.	2	Liso
		300	T.E.O.	2	Cordón
3	211	112	T=F	2	Liso
			T.E.O.	2	Liso
		308	T=F	1	Liso
			T.E.O.	1	Liso
		201	T=F	2	Liso
			T.E.O.	2	Liso
		100,75	T=F	3	Liso
		113	T=F	2	Liso
T.E.O.	2		Liso		
4	202	112	T=F	1	Liso
	211	113	T=F	2	Liso
		201	T=F	2	Liso
		300	T=F	1	Cordón
		400	T=F	1	Liso
			T.E.O.	1	Liso
	300	303,4	T=F	1	Liso
		409	T=F	1	Liso
5	300	303,4	T=F	1	Liso
		409	T=F	1	Liso
		307	110	T=F	2
	110		T.E.O.	2	Liso
	112		T=F	2	Liso
			T.E.O.	2	Liso
	302		T=F	1	Liso
			T.E.O.	1	Liso
	509		T.E.O.	1	Liso
	206		T=F	2	Liso
	302		T=F	1	Liso
	413		T=F	1	Liso
			T=F	1	Cordón
	509		T.P.S.	1	Cordón
		T=F	1	Liso	
		1	Cordón		
310	T=F	1	Liso		

	608		T.E.O. ALUM.	1	Liso	
			T=F	1	Cordón	
			T.E.O.ALUM.	1	Cordón	
			T.P.S.	1	Cordón	
	603	402		T=F	1	Liso
		409		T=F	1	Liso
		600		T=F	1	Cordón
		700		T=F	1	Cordón
		809		T.P.S.	1	Cordón
	7	57	136		1	Liso
141,5				1	Liso	
193				1	Liso	
206				1	Liso	
65		122,25		1	Liso	
		158,75		1	Liso	
		198,5		1	Liso	
		235		1	Liso	
		240		1	Liso	
				1	Liso	
8	404	415	T=F	1	Liso	
	65	122,25		T=F	1	Liso
		158,75		T=F	1	Liso
		198,5		T=F	1	Liso
		235		T=F	1	Liso
		240		T=F	1	Liso
9	610	709	T=F	1	Liso	
			T=F	1	Cordón	

Fuente: Domínguez y CIA.

LEYENDA:

T=F (tapa igual fondo)

T.E.O (tapa abre fácil)

Alum. (Aluminio)

T.P.S (tapa presión sencilla)

Con la información anterior y aunado a todo lo que se ha expuesto se puede decir que este percance en los tiempos de preparación y ejecución de los cambios de líneas, muestra la necesidad de intervenir con algunas herramientas y metodologías en la cual se puedan realizar mejoramientos en estos aspectos, con la justificación de incrementar la productividad y la eficiencia de los cambios, en conjunto con un procedimiento estipulado para evitar contratiempos en estas áreas, con la posibilidad

de implantarlas en las demás líneas y en algún caso, alcanzar los tiempo teórico de duración y ejecución de estos.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Qué alternativas de solución se pueden proponer para mejorar el proceso de preparación y cambio de la línea cuatro en el área de ensamble?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer mejoras en el proceso de preparación y cambio de línea aplicando herramientas de Manufactura Esbelta en el área de ensamble enfocados a la línea 4, con el fin de reducir los tiempos de preparación y ejecución de los cambios y poder incrementar la productividad y la eficiencia en los cambios.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación actual del proceso de producción de envases en la línea 4.
- Analizar el procedimiento de cambio de línea en el área de ensamble de la línea 4 utilizando herramientas de ingeniería industrial.
- Diseñar la propuesta de mejoras en el proceso de producción de envases en la línea 4.
- Evaluar el impacto económico a través de la relación beneficio/costo

## **1.4 Justificación**

El desarrollo que sustenta este trabajo, es la presentación de las mejoras que se puedan proponer para enfrentar la estandarización de los procesos de cambio de línea en al área de ensamble de la línea 4, donde se busca lograr minimizar y mejorar los procesos de preparación para la realización del cambio de línea y minimizar el tiempo en que se ejecuta con la ayuda de algunas herramientas de manufactura esbelta.

Este desarrollo sitúa al área de ensamble en una posición ventajosa, ya que descubre una ventana de oportunidades para todas las demás líneas que están implicadas y así obtener un mayor margen productivo, donde al mismo tiempo la empresa se beneficia en lo que respecta al incremento de la productividad y reducción de costos en referencia de las implicaciones por los retardos de los cambios y reestructuración de la producción debido a la falta de recursos para realizarlos.

En la proposición de un procedimiento estándar, beneficia a los trabajos de los operarios, mecánicos, supervisores, etc., ya que resulta efectivo para evitar paradas no planificadas, demoras, y búsqueda de equipos, herramientas, etc., en cuestión de realizar estas preparaciones.

Con el logro de todo esto, primordialmente se tendrá una mejor planificación de los cambios semanales para la línea en estudio, ya que cumpliendo con todos los tiempos teóricos que amerita dicha planificación, se cumple a cabalidad lo propuesto por parte del departamento de planificación y envase, tomando en cuenta que cada cambio que termine su ejecución tendrá su evaluación para prevenir y corregir las fallas, permitiendo un seguimiento exhaustivo al personal encargado de esta tarea, ya que son ellos quienes indican todas las demoras y avances antes, durante y después de realizado el cambio de línea.

## **1.6 Alcance**

La presentación del alcance de este estudio, es marcada para los análisis y propuestas en la línea 4 del área de ensamble, en cuestión de las distintas combinaciones de cambio de línea que puedan surgir en el plan de producción de la empresa, proyectando la finalidad de mejorar estos procesos de preparación y cambio en un auge significativo para su ejecución.

## **1.7 Limitaciones**

En efecto de esta investigación, se puede considerar que los recursos bajo los cuales se desarrolla el trabajo, condiciona ciertos aspectos que faciliten la ejecución del mismo, donde se conoce limitaciones en cuanto a:

- Información especificada al área por desactualización en cuanto a ejecuciones de cambio y tiempo de realización de los mismos en la línea de estudio.
- Presentación del tiempo para el estudio concreto y exhaustivo de los manuales de los equipos que integran la línea 4.
- Herramientas de recolección de datos e información de las actividades de cambio en la línea.
- Tiempo de realización del proyecto de investigación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

Los fundamentos teóricos que respaldan esta investigación se basan en temas relacionados con la Ingeniería Industrial, que se reseñan por un conjunto de principios y bases teóricas, con el propósito de orientar y facilitar el análisis, formulación y evaluación para mejorar los métodos de trabajo actuales en la empresa objeto de estudio.

Dentro de esta perspectiva, Gonzales, S. (2009), menciona al respecto que “el marco teórico de la investigación o marco referencial, es definido como el resumen de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la búsqueda por realizar” (p. 106). Es importante mencionar, que dicha estructura comprende un conjunto de referencias organizadas en secciones donde se desarrollan los diversos conceptos que sustentan basados en los puntos principales de la investigación.

#### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

Guerrero (2017) en su trabajo de grado titulado: **“Mejoras en el proceso de preparación de la línea de producción del área de envasado de una planta de aceite”**, formalizó un aporte en la investigación realizada en referencia a la estructura que utilizaron para la evaluación de la situación actual mediante un diagrama causa-efecto, identificando los elementos que originaban las pérdidas de tiempo dentro del proceso, por lo que se contempló un enfoque similar para identificar las variables implicadas en la problemática actual, con el fin de suministrar un análisis de las causas de estas en los procesos de cambio. En función de la aplicación del SMED como propuesta de mejora, se consideró el diseño bajo el cual normalizaron las actividades de preparación de los equipos de la línea en efecto del enfoque de esta herramienta, permitiendo establecer una adaptación centralizada al diseño del manual de cambio en función de la estructura que rige la aplicación anteriormente mencionada, ya que se comparan en ciertos aspectos por la forma en que se

implementa el SMED para mejorar los tiempos de preparación y ejecución de actividades de cambio, la cual se comporta como una herramienta de Manufactura Esbelta clave para este trabajo, facilitando una guía fundamental en cuanto a su utilización.

Asimismo, Maldonado y Maldonado (2017), los estudios que se destacaron en la investigación de este trabajo de grado titulado: **“Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en la empresa de textiles”**, aporta la estructura de un procedimiento de intercambio de actividades internas a externas, útil bajo el enfoque de la herramienta SMED, ya que diseñaron propuestas de mejoras para los problemas de falta de una organización y coordinación para los procedimientos principales en la programación de labores y tiempos de preparación, mostrando como construyeron un planteamiento organizativo factible con la normalización de actividades que permite establecer un factor clave de la línea de trabajo de esta investigación.

Seguidamente, Abdullah (2016). **“Herramientas de Manufactura Esbelta y técnicas en el proceso industrial con un enfoque al acero”**. La investigación realizada en este trabajo de grado, abarca el desarrollo sobre cómo podrían ser adaptadas las herramientas de manufactura esbelta a un proceso productivo continuo, evaluando sus beneficios en la aplicación específica. Con la utilización del mapa de flujo de valor identifican la situación actual en conjunto de los desperdicios que se presentan en el proceso con el fin de efectuar el mapa del estado deseado o futuro con la integración de las propuestas de mejoras mediante el uso de las herramientas de manufactura esbelta. Bajo este desarrollo, se contemplo el interés de la aplicación que le dieron a las herramientas TPM y justo a tiempo, ya que enfocaron ciertos criterios que conformaron un curso a seguir en el trabajo actual. En el aporte ejercido por la aplicación del TPM, se concibe la manera de cómo establecieron un programa de mantenimiento a los equipos de la línea, basados en un análisis de las necesidades de estos en función de su trayecto productivo, sugiriendo un estimado de los tiempos requeridos para realizar estas actividades, detallando la influencia de la continuidad de estos, por lo cual se formaliza en las propuestas de este trabajo con la esencia del

criterio anteriormente mencionado para el mantenimiento de las herramientas y de los equipos de la línea 4. Con respecto a la propuesta de justo a tiempo, se contempla el aporte en referencia al esquema planteado de la aplicación del kanban para las requisiciones de materiales, logrando adquirir todos estos suministros en el tiempo planificado mediante el flujo de datos, por tanto se concede un enfoque detallado sobre como plantear una propuesta de la filosofía justo a tiempo estableciendo redacciones de información por la aplicación de un kanban visual para verificar el hecho de la disponibilidad de las herramientas de trabajo en las actividades de cambio, registrando la mejora contenida por esta propuesta.

Por último León y Saporiti (2016) en su trabajo de grado titulado: **“Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing a una estación de trabajo de una planta de pinturas”**, efectuaron las propuestas para la celda estudiada, basándose en la aplicación de un cuadro visual Kanban para un efectivo control de inventario, aportando un diseño en el cual se contempla una estructura que confina un propósito similar a la aplicación que se desea conformar en las propuestas del estudio actual, permitiendo cumplir con lo que se requiere plantear, buscando optimizar los tiempos de duración de los cambios con respecto a la solicitud de herramientas.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Manufactura Esbelta**

Los primeros principios de la manufactura esbelta, tuvieron presencia en la industria automotriz japonesa, donde se comenzó a desarrollar este concepto por la intervención de los ingenieros Shigeo Shingo y Taiichi Ohno, integrando herramientas de manufactura y gestión en el sistema de producción de Toyota, logrando gradualmente convertirla en una de las empresas de automóviles con mayor auge productivo en función de otorgar competencia a los demás países.

A partir de este curso marcado por el sistema de producción de Toyota, se inició un movimiento entorno al conocimiento de estas estrategias de mejoramiento continuo. Según Ortega (2007), la evolución del concepto de manufactura esbelta, radica bajo el siguiente trayecto:

A principios de los ochenta, una comitiva del Massachusetts Institute of Technology, viajó a Japón y realizó un estudio que tenía como fin investigar las acciones y estrategias que la industria automotriz japonesa adelantaba en ese momento y a través de las cuales le quitaba mercado a la norteamericana, a pasos agigantados. El principal descubrimiento de las pesquisas, fue el uso de las herramientas que conformaban el sistema de producción de Toyota. A su regreso a Estados Unidos, la comitiva reunió todas las herramientas que componían este sistema de producción y le dio el nombre de Manufactura Esbelta, al mismo tiempo que se encargó de su difusión en el mundo. (p. 2).

La aplicación de la Manufactura Esbelta radica en el hecho de utilizar varias herramientas que le ayudará a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.

Bajo las definiciones que complementan la metodología de manufactura esbelta se considera los cinco principios. Según Pineda (2008), Los 5 Principios del Pensamiento Esbelto son:

- 1) Define el Valor desde el punto de vista del cliente: La mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.
- 2) Identifica tu corriente de Valor: Eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.
- 3) Crea Flujo: Haz que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor
- 4) Produzca el “Jale” del Cliente: Una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo
- 5) Persiga la perfección: Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que

están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.  
(p. 9).

### **2.2.2 Desperdicio**

En lo acorde al concepto de desperdicio, se establece como todo aquello que no le agrega valor al producto donde de manera intrínseca es referido al proceso. Según Goldsby y Martichenko (2005) *“el objetivo principal de Lean es eliminar desperdicios de todo el proceso”*.

En el lenguaje de Lean a estos desperdicios se les llaman “7+1 Tipos de Desperdicios” ya que el octavo desperdicio se considera muy especial y clave en el proceso de mejoramiento continuo.

Según Ortega (2007), a continuación se presenta cada uno de ellos:

- 1) Sobreproducción: procesar artículos más temprano o en mayor cantidad que la requerida por el cliente...
- 2) Transporte: mover trabajo en proceso de un lado a otro...
- 3) Tiempo de espera: operarios esperando por información o materiales para la producción...
- 4) Sobre-procesamiento o procesos inapropiados: realizar procedimientos innecesarios para procesar artículos, utilizar herramientas o equipos inapropiados...
- 5) Exceso de inventario: excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado...
- 6) Defectos: repetición o corrección de procesos, también incluye re-trabajo...
- 7) Movimientos innecesarios: cualquier movimiento que el operario realice aparte de generar valor agregado al producto o servicio...
- 8) Talento Humano: este es el octavo desperdicio y se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios... (p. 3).

### **2.2.3 Herramientas de Manufactura Esbelta Aplicadas**

A continuación, se presenta una descripción de las principales herramientas utilizadas:

- **Justo a Tiempo**

Según el artículo Lecture Notes (2007), la idea básica de justo a tiempo es:

Producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en un proceso de manufactura. Dentro de la línea de producción se controlan en forma estricta no sólo los niveles totales de inventario, sino también el nivel de inventario entre las células de trabajo. La producción dentro de la célula, así como la entrega de material a la misma, se ven impulsadas sólo cuando un stock (inventario) se encuentra debajo de cierto límite como resultado de su consumo en la operación subsecuente. Además, el material no se puede entregar a la línea de producción o la célula de trabajo a menos que se deje en la línea una cantidad igual. Esta señal que impulsa la acción puede ser un contenedor vacío o una tarjeta Kanban, o cualquier otra señal visible de reabastecimiento, todas las cuales indican que se han consumido un artículo y se necesita reabastecerlo. (p. 1).

- **Kanban**

Es una herramienta basada en la manera de funcionar de los supermercados. Kanban significa en japonés "etiqueta de instrucción". La etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo, esta es su función principal, en otras palabras es un dispositivo que nos da información acerca de que se va a producir, en qué cantidad, mediante que medios, y como transportarlo.

Según Aguirre (2004), La información necesaria en un Kanban sería la siguiente:

- a) Número de parte del componente y su descripción.
- b) Nombre / Número del producto.
- c) Cantidad requerida.
- d) Tipo de manejo de material requerido.
- e) Dónde debe ser almacenado cuando sea terminado.
- f) Punto de reorden.
- g) Secuencia de ensamble / producción del producto. (p. 12).

- **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

En la actualidad, el TPM, es uno de los sistemas fundamentales para lograr la eficiencia total, ya que el resultado que se persigue con la implementación de éste, según León (2008), es *“lograr un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo”*.

Según Mandujano (2004), el TPM busca:

- a) Maximizar la eficacia del equipo.
- b) Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo.
- c) Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.
- d) Activamente involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
- e) Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.
- f) Cero accidentes.
- g) Cero defectos.
- h) Cero averías. (p. 13).

- **Cambio Rápido de Modelo (SMED)**

Según Mandujano (2004), SMED significa:

“Cambio de modelo en minutos de un sólo dígito”, Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos. Desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena en menos de 10 minutos. El sistema SMED nació por necesidad para lograr la producción Justo a Tiempo. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron usando los elementos más comunes o similares usados habitualmente. (p. 25).

Según Pineda (2008), presenta las fases para la reducción del cambio de modelo bajo la siguiente descripción:

Fase 1. Separar la preparación interna de la externa: Preparación interna son todas las operaciones que precisan que se pare la máquina y externas las que pueden hacerse con la máquina funcionando... El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, esto permite disminuir el tamaño de los lotes.

Fase 2. Convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa.

Fase 3. Eliminar el proceso de ajuste: Las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación...

Fase 4. Optimización de la preparación: Hay dos enfoques posibles: Utilizar un diseño uniforme de los productos o emplear la misma pieza para distinto producto (diseño de conjunto). Producir las distintas piezas al mismo tiempo (diseño en paralelo). (p. 29).

A continuación se mencionan otras herramientas de Manufactura Esbelta como efecto de demostración de la amplia gama de conceptos que esta maneja, bajo las cuales se contribuye a la aplicación de esta filosofía:

- **5'S**

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo.

Según Prabowo, Las 5'S son:

- Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente – Seiri: Remover lo que no se necesita y mantener lo que se necesita.
- Ordenar – Seiton: Colocar las cosas de modo en que pueden tener un acceso sencillo en el momento en que se necesiten.
- Limpieza –Seiso: Mantener la limpieza, sin suciedad en el área de trabajo.
- Estandarizar – Seiketsu: Mantener la limpieza después de realizarla.
- Disciplina – Shitsuke: Compromiso, para mantener el orden. (p. 1).

El objetivo central de las 5'S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo.

- **Dispositivos para Prevenir Errores (POKA YOKE)**

El término " PokaYoke " viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir). Un dispositivo PokaYoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan; según Cuatrecasas (2005), *“los sistemas y dispositivos pokayoke realizan por si solos una inspección al 100% y,*

*de haber anomalías, retrotraen la información y actúan para impedir que se produzcan fallos”.*

Según Pineda (2008), *“la finalidad del PokaYoke es eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible”.*

- **Indicador Visual (ANDON)**

Término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción, utiliza señales de audio y visuales. Según Mandujano (2004), se refiere a *“un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo”.*

- **Mapa de Flujo de Valor (VSM – VALUE STREAM MAPPING)**

Según Rother y Shook (1999).

Esta herramienta se fundamenta en la diagramación de dos mapas de la cadena de valor, uno presente y uno futuro, que harán posible visualizar el estado actual y real del proceso y el estado posterior una vez se hayan realizado las actividades de mejoramiento. El mapa es un gráfico compuesto de íconos y símbolos simples que muestra la secuencia y el movimiento del flujo de información y materiales, así como las operaciones que componen la cadena de valor... Para la implementación de las oportunidades de mejoramiento se recurre precisamente a las herramientas Lean, sobre las cuales debe existir un previo entrenamiento del personal, dada su importancia en el proceso y a fin de que sean sostenibles a largo plazo. (p. 25).

- **Seis Sigma**

Según Goldsby y Martichenko (2005), se define Seis Sigma como:

Una metodología de gestión que intenta entender y eliminar los efectos negativos de la variación en los procesos. Basados en una infraestructura de profesionales entrenados, seis sigma entrega un modelo de solución de problemas, armado con la “voz del cliente”, utilidades y herramientas de control estadístico de procesos. Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar (DMAIC), es un mapa, o una aproximación paso a paso, para entender y mejorar los desafíos organizacionales. (p. 5).

### **2.3 Definición de Términos Básicos**

**Calidad:** conjunto de propiedades inherentes a un objeto que le confieren propiedad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas.

**Eficiencia:** Se define como la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un objeto determinado con el mínimo de recursos posibles viables.

**Especificaciones:** Representa un documento técnico oficial que establezca de forma clara todas las características, los materiales y los servicios necesarios para producir componentes destinados a la obtención de productos.

**Herramienta:** Una herramienta es un objeto elaborado a fin de facilitar la realización de una tarea mecánica, que requiere la aplicación correcta de energía.

**Indicadores de Gestión:** Es una relación entre variables que permite observar aspectos de una situación y compararlos con las metas y los objetivos propuestos. Dicha comparación permite observar la situación y las tendencias de evolución de la situación o fenómenos observados.

**Inspección:** es el método de exploración física que se efectúa por medio de la vista.

**Materia Prima:** Son todos aquellos elementos físicos susceptibles de almacenamiento ó stock. Contablemente se ubicará dentro del rubro de bienes de cambio y su naturaleza podrá variar según el elemento a producir pero es el único elemento del costo de fabricación nítidamente variable.

**Materiales:** Son elementos agrupados en un conjunto el cual es, o puede ser, usado con algún fin específico. Es una sustancia (elemento o, más comúnmente, compuesto químico) con alguna propiedad útil, sea mecánica, eléctrica, óptica, térmica o magnética.

**Mejora:** cambio o progreso de una cosa hacia un estado mejor.

**Manufactura Esbelta:** Es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios, es decir, ajustados.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo y Diseño de la Investigación

El desarrollo de la investigación pretende crear propuestas de mejoras a partir de las necesidades que manifiestan los procedimientos de cambios de la línea 4, aportando soluciones enfocadas al desempeño de una disciplina organizativa referida a estos procesos, a través del uso de herramientas conformadas bajo un modelo operativo viable, por lo cual la investigación se cataloga como un proyecto factible. Así, bajo esta modalidad, según el manual de trabajos de grado de la Universidad José Antonio Páez (UJAP) (Mijares, 2007), consiste en:

La investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo variable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. (p.5)

En el orden de las ideas anteriores, en esta investigación se desarrollará la propuesta de un modelo operativo viable para dar respuesta a las necesidades de la empresa en cuanto a la problemática existente.

El diseño de la investigación es documental, ya que se manipulara información obtenida a través de la recolección de datos para originar planes de programación y planeación de estrategias que garantizaran mejoras en los procesos descritos de los cambios posibles de la línea 4. Al mismo tiempo se contempla el hecho de relacionar el diseño de la investigación al de tipo campo, ya que se profundiza en la necesidad de ampliar y especificar la información en las ejecuciones de las actividades de cambio; según Zorrilla (1993), *“la investigación de campo o directa es la que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos de objeto de estudio”* (p. 43). Por tanto, se concede una significativa influencia para

entender y detallar la naturaleza de las causas de los problemas de las demoras, evaluando la metodología bajo las cuales se concentra estos trabajos.

Bajo este esquema se confirma el apoyo de estos diseños para complementar el alcance de las propuestas, logrando identificar la factibilidad que posee la investigación, basada en los análisis de la información obtenida para otorgar soluciones a través de un modelo normalizado con el fin de contemplar su implementación.

### **3.2 Nivel de la Investigación**

Este trabajo de investigación tendrá un nivel descriptivo y documental, ya que el mismo se sustentará en un diagnóstico de la problemática objeto de estudio. Según Arias, F. (2006) define la investigación descriptiva como, “el hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24).

Mientras que el autor antes mencionado expresa que el nivel documental: “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. (p. 35).

Basados en esta perspectiva, su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existe entre dos o más variables. Por lo tanto, en la investigación se especificaron las debilidades que se presentan en el proceso de preparación y cambio de línea en el área de ensamble enfocados a la línea 4.

### **3.3. Población y Muestra**

Con respecto a lo señalado por Arias (2006), la población “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación.” (p. 81). Mientras que la muestra “es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible.” (p. 83)

En lo que respecta a la presente investigación la población estará conformada en el área de ensamble enfocados a la línea 4.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Haciendo referencia a lo expresado por Arias (2006), “una técnica es un procedimiento o forma particular de obtener datos o información.” (p.67). Del mismo modo para Arias (2006) “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.69). En consecuencia, en la investigación en cuestión se emplearán las siguientes técnicas de recolección de datos:

**3.4.1. Observación directa:** Arias F, (2006), la define como “técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de la investigación preestablecidos.” (p.69). Del mismo modo el autor señala como uno de los tipos de observación a la participante, donde la persona que realiza la investigación pasa a formar parte del medio donde se lleva a cabo el estudio; a su vez este tipo de observación se desglosa en libre no estructurada que Arias (2006), la define como “es la que se ejecuta en función de un objetivo, pero sin una guía prediseñada que especifique cada uno de los aspectos que deben ser observados.” (p.70)

Con el uso de ésta técnica se podrá conocer el proceso de ensamblado enfocados a la línea 4 a fin de descubrir la posible problemática causante del incremento en los tiempos de preparación y ejecución de los cambios . Al mismo tiempo se observará la forma de trabajo de cada uno de los operarios a fin de detectar posibles errores que contribuyan a la incidencia de la problemática. Ésta técnica se empleara para el reconocimiento de la problemática y así comenzar la búsqueda de una solución viable para la empresa.

**3.4.2. Revisión Documental:** Arias (2006), la define como “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas.”.Esta técnica permitirá la obtención de datos provenientes de documentos escritos o no escritos propios de la organización, los cuales contienen información relevante para la realización de la investigación. (p.27)

**3.4.3. Entrevista no estructurada:** para Sabino (2002), “es aquella en que existe un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas” (p.108). Este tipo de entrevistas no se guían por un cuestionario o modelo rígido, sino que se llevan a cabo con cierto grado de espontaneidad. En lo que respecta al trabajo en curso, se aplicarán entrevistas al personal de planta que labora en la línea cuatro en el área de ensamble en la empresa Dominguez y CIA, incluyendo operadores, técnicos, supervisores y contratistas, para así lograr recabar información de vital importancia respecto a la situación actual de la problemática y algunas propuestas de mejoras por parte del personal mencionado con anterioridad.

**3.4.4. Revisión bibliográfica:** Gálvez A (2002), la define como “un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea ésta clínica, docente, investigadora o de gestión.”. Por medio del empleo de esta técnica, se procederá a elaborar una base teórica de las herramientas utilizadas en los objetivos establecidos en la presente investigación, al mismo tiempo se analizarán trabajos de grado con problemáticas similares, libros y páginas electrónicas.

### **3.5 Fases de la Investigación**

#### **FASE I: Diagnosticar la situación actual del proceso de producción de envases en la línea 4.**

A través de la información suministrada por el personal del departamento de mantenimiento, de producción y logística, se recogerá los elementos necesarios para el conocimiento del curso de las planificaciones que se llevan a cabo en los cambios semanales, donde se identificarán las variables que se tomarán en cuenta para la programación, en función de los estados en que se encuentran las líneas del área de ensamble.

#### **FASE II: Analizar el procedimiento de cambio de línea en el área de ensamble de la línea 4 utilizando herramientas de Ingeniería Industrial.**

En lo que respecta a los preparativos y ejecuciones de los cambios, se utilizarán los informes que reportan en parte las especificaciones de las actividades y los detalles que se presentan en estos trabajos, donde se analizarán a través de herramientas de ingeniería industrial para la identificación de todos aquellos inconvenientes y los que probablemente se podrían presentar, tomando en cuenta que se utiliza la observación directa de los trabajos que realizan los mecánicos en el cambio para obtener conocimientos de todos los pasos que recurren para efectuar dichas asignaciones en la línea.

Para los registros históricos de los cambios que se realizarán, los informes arrojarán detalles de problemas que se presentan y su tiempo de ejecución, los cuales son contundentes para el reconocimiento de la necesidad del estudio de esta investigación.

### **FASE III: Diseñar la propuesta de mejoras en el proceso de producción de envases en la línea 4.**

En función de la información recolectada y las observaciones realizadas, se considerarán en efecto de los problemas presentes en los cambios las herramientas de manufactura esbelta que se ajustan para la mejora que se desea obtener, donde se plantearán la manera en que se ejecutarán y planificarán las actividades de cambio.

Cada herramienta viene estructurada con un procedimiento específico en lo que respecta al enfoque en que se utiliza, donde además se atribuye el mejoramiento en cuanto a las problemáticas identificadas y se diseñan los lineamientos a seguir en la aplicación de estos.

En lo referido a la integración de la eficiencia de los planteamientos del uso de las herramientas propuestas, se considera el tiempo de ejecución y efectividad del cambio con los datos que presentan los informes correspondientes a los detalles que especifica el mecánico. A partir de un diseño estructurado con las distintas etapas del cambio, ya sea planificación, ejecución y los resúmenes del proceso, se consigue un lineamiento, donde se suministrarán todos los detalles de los informes que se

utilizaran para verificar, recolectar y redactar, información de los acontecimientos y recursos necesarios para estas actividades, los cuales permitirán manifestar los contratiempos y la efectividad del mismo para evaluarlos y descartarlos para los cambios futuros.

En lo referido a los procedimientos que se ejecutan en los equipos, se detallaran las actividades que confinan las herramientas de manufactura esbelta que se van a implementar en los distintos cambios que se ejecutan y las especificaciones correspondientes en cuanto a los tiempos, tareas, herramientas de trabajo y cambio.

**FASE IV: Evaluación del impacto económico a través de la relación beneficio/costo.**

A partir del procedimiento y las ejecuciones actividades de cambio actual, se recogerá la información que presenta el departamento de costos en cuanto a los detalles en lo que respecta a gastos implicados a tener la línea parada, costos en cuanto a demora y extensión de la ejecución de los cambios, ya sea en mano de obra, material e insumos, para realizar los efectos comparativos con los planteamientos de mejoras a través de las herramientas de manufactura esbelta, donde se verificara el margen de recuperación de estas inversiones en función de las implementaciones que se realizaran en el proceso.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En lo que respecta a la presentación de los resultados, Arias, F. (2006), afirma que “se entenderá por resultados el procedimiento o forma particular de obtener datos o información pertinente para un estudio. Por lo tanto, define de qué manera se va a recopilar los datos para la investigación” (p.67). Se procedió a desarrollar los objetivos, con la aplicación de los métodos de análisis y procesamiento de datos, con la finalidad de obtener los conocimientos necesarios para la toma de acciones que permitan el cumplimiento de mejoras en el proceso de preparación y cambio de línea de ensamble enfocados a la línea 4 de la empresa Domínguez y Cía.

#### **4.1FASE I: Diagnosticar la situación actual del proceso de producción de envases en la línea 4.**

La empresa Domínguez y Cía. trabaja actualmente bajo un ambiente productivo impulsado por una planificación mensual realizada bajo una estimación de la cantidad de productos requeridos para cumplir con un registro histórico de la demanda de cada producto en sí, buscando establecer un nivel de variación aceptable de acuerdo al pedido real del cliente; en torno a esto, se visualiza una producción valorada con el programa realizado por la empresa, sugiriendo un margen de inventario que se debe tener en el almacén hasta que se realice el pedido, por lo cual se actualiza la programación semanalmente en función de las solicitudes realizadas y el desempeño de las líneas con respecto a sus actividades diaria, donde los márgenes de producción de la empresa se planifican y se ejecutan acorde a las líneas que posee el área de ensamble, por lo cual se registra de manera continua el comportamiento productivo de cada una, logrando garantizar el cumplimiento de la producción programada. La planificación de toda la producción engloba en torno a la capacidad de la línea, todos aquellos parámetros necesarios para ejecutar éstas actividades, por

lo cual permite establecer el número de turnos requeridos, cantidad de operarios y suministros, formalizando las asignaciones respectivas de las horas programadas para la producción. Bajo este esquema se visualiza el control del cumplimiento productivo, donde actualmente existen retardos en lo que se refiere a la disponibilidad de los productos en el almacén debido a los problemas que se han venido presentando en el área de ensamble sobre la producción completa del programa.

En lo concerniente a los márgenes de producción, el departamento enfoca el cumplimiento productivo en función de la realización completa de lo planificado sin importar el tiempo requerido de entrega al almacén, por lo cual se incurre en un indicador de desperdicio que percibe el cliente en función de un pedido que no puede ser abastecido completamente o de retardos en la entrega de la solicitud completa.

Estableciendo un patrón de los inconvenientes registrados en este aspecto, se logra puntualizar uno de los casos más relevantes por parte de los retardos de la ejecución de los cambios, ya que al ocurrir estos problemas, el departamento se ve obligado a realizar nuevas planificaciones por la excesiva duración de los márgenes de tiempo que se otorgan a estas actividades (los cuales se totalizaron con respecto a los promedios de cada tipo de cambio para los años 2016 y 2017 en 62,84 horas, según los registros del departamento de mantenimiento/cambio, ver tabla 3), considerando una redistribución de la fuerza laboral, reprogramación de actividades productivas de las otras líneas y cambios no programados en líneas alternas para lograr la producción requerida. En el caso de los tiempos fuera de planificación, la producción faltante predomina, ya que son horas inactivas de trabajo de la línea, por lo cual se presenta la necesidad de alargar el margen de días para la realización del pedido completo.

**Tabla 3.** Promedio de los tiempos de cada tipo de cambio de los años 2016 y 2017 de las líneas de ensamble.

<b>Tipo de Cambio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio de Tiempo de Cambio (Horas)</b>
A	Diámetro y altura	31,36
B	Altura	15,53
D	Tapa	5,71
E	Sin Barniz interior A con Barniz interior	2,64
F	Con Cordón	7,60
<b>TOTAL</b>		<b>62,84</b>

Fuente: Domínguez y CIA.

Considerando los registros históricos levantados por el personal administrativo del departamento de mantenimiento y contemplando los cambios tipo A (diámetro y altura) más concernientes en los años 2016-2017, por ser los más significativos, se puede determinar que de las 18 veces en que se incurrió en este formato, solo 10 fueron contemplados por la línea 4, aportando un porcentaje del 55,56% (ver tabla 4), por lo cual se considera a esta línea como crítica para el estudio, ya que estos cambios son los más representativos por ser los que integran un desafío completo para el departamento por las actividades mecánicas y eléctricas que se necesitan realizar para lograr un nuevo formato en la línea. En caso tal, la influencia de la cantidad significativa de cambios realizados en la línea 4, incide el apoyo que esta presta a las otras líneas para el cumplimiento productivo programado a las demás, sin considerar los trabajos concernientes a esta.

**Tabla 4.** Registro de la cantidad de cambios tipo A realizados, año 2016-2017.

Tipo de Cambio	Líneas	Fecha	Tipo de Cambio	Líneas	Fecha
A	4	12/04/2017	A	4	03/11/2016
A	4	30/04/2017	A	5	03/11/2016
A	4	01/05/2017	A	6	06/10/2016
A	4	29/05/2017	A	4	23/09/2016
A	4	06/07/2017	A	7	23/09/2016
A	5	13/07/2017	A	6	26/09/2016
A	6	23/03/2017	A	4	26/08/2016
A	4	12/02/2017	A	8	13/05/2016
A	4	12/11/2016	A	6	15/04/2016

Fuente: Domínguez y CIA.

Contemplando la programación de la línea 4 en los meses abril y mayo del 2017, se puede hacer inferencia en el rendimiento que esta tiene con respecto a la producción realizada:

**Tabla 5.** Reporte del cumplimiento productivo de la línea 4, mes de Mayo.

MES:	MAYO 2017	DÍA:	31/05/2017		
LINEA	CODIGO	PROGRAMA	ACUM/MES	SALDO	CUMP
4	2110300EP0010	696.000	696.600	0	100%
	2110300EP0011	700.000	-	-700.000	0%
	3000303EP0004	1.200.000	455.328	-744.672	38%

En efecto del reporte de la tabla 5, la línea 4 fue programada para correr con tres cambios (señalados con las especificaciones del envase en la columna código) ese mes, donde en el campo programa, se contempla la cantidad de envases que se debe realizar por cada tipo. En torno a esta planificación se corre la línea, pero solamente se realizó dos tipos de productos, es decir que solo se ejecutó 1 cambio, el cual se programó y se realizó el 24 de Mayo del 2017, registrando una duración de 36

horas, donde teóricamente se realiza en 6 horas, por tanto se contempla una demora de 30 horas inactivas de la línea, ya que fue a partir del día 27 de ese mes (según los registros del departamento de envases) en el que se inició la producción del nuevo formato, aportando una acumulación de 455.328 envases, donde realmente se programaron 1.200.000. En función del formato al cual se cambió la línea, la capacidad de esta varía a 200 envases por minuto, por tanto se muestra que bajo una demora de 30 horas, la cantidad de envases que se dejaron de producir fue de 360.000 en trabajo continuo, claro está, que existieron otros inconvenientes que ocurrieron por estas demoras, tales como falta de personal para arrancar la producción y suministros para los equipos, los cuales disminuyen las horas de actividad productiva de la línea. En efecto, para el mes siguiente se programó la cantidad faltante, por tanto se contempla la secuencia de demoras para la entrega de la producción completa al almacén, detallando el indicador de desperdicio anteriormente mencionado, el cual afecta a la larga al cliente.

#### **4.1.1 Descripción del procedimiento de cambio de la línea 4**

El procedimiento de preparación y ejecución de cambio en la línea 4, concierne a una planificación semanal con respecto a la programación de la producción mensual que realiza el departamento de planificación y logística de la sede de Caracas. En término de este, el departamento de ensamble verifica con el de planificación y logística de la empresa el cumplimiento productivo de la línea y acorde a sus resultados se determina si se establece en el plan semanal.

Al verificar en el plan semanal el día programado para la ejecución de un cambio en la línea 4, el supervisor del departamento de mantenimiento y cambio, levanta la orden y realiza la asignación de los mecánicos y la cantidad necesaria por equipo, entregándoles las especificaciones en conjunto del informe de cambio que deben levantar con la descripción detallada de las actividades de ajustes que se ejecutaron en el equipo. En el momento en que se realiza la puesta a punto de la línea,

ésta es entregada a producción para asignar los operarios e iniciar sus actividades con el formato nuevo, esperando cumplir con lo planificado en la programación mensual.

#### **4.2FASE II: Analizar el procedimiento de cambio de línea en el área de ensamble de la línea 4 utilizando herramientas de Ingeniería Industrial.**

En la presentación de la problemática que actualmente rige el proceso de ejecución de cambio de la línea 4 en el área de ensamble, se establecieron las variables implicadas en el mismo para explicar la crítica, con la ayuda de un formato desarrollado en la empresa (informe post cambio, ver tabla 8), bajo el cual se determina y refleja todas aquellas actividades que se realizaron en el proceso y mayormente la influencia de las demoras que incurrieron en ella en todos los equipos, donde se manifiesta su estudio por las horas que reflejan en el cambio.

El proceso de análisis de la situación actual consta de un anexo histórico que se registra en la empresa en función de los informes de cambio que realizaron los mecánicos de cada equipo, los cuales se tienen archivados en el departamento de mantenimiento y cambio; éstos se consideraron para utilizarlos con el objetivo de sustraer toda la información concerniente a la ejecución de las actividades realizadas en la línea 4. En función de la data de estos registros, se detallan actividades que fundamentan y precisan las demoras que influyen en el trabajo del equipo, para lograr identificar y analizar todos los hechos implicados en estas, por lo cual se logra intervenir con las propuestas de mejoras que declara un beneficio para el departamento de manera de ir logrando eliminar estas acciones que dan pie a que ocurran en el cambio. En los detalles presentes en el informe post cambio, se definen las actividades que concretan las demoras en el trabajo para establecer una categoría de variables en las cuales se puede introducir a cada una de las actividades que no pertenecen al cambio, facilitando la descripción de las causas y consecuencias de

estas, estableciendo a aquellas que enfocan un mayor auge para intervenir, sin importar el tipo de cambio que se le hizo a la línea en estudio.

**Tabla 6.** Formato de tiempo teórico de los equipos por tipo de cambio.

Tipo	Descripción	Principio de línea						Fin de línea						Transp.			TOTAL
		Cizalla	Soudronic	Barnizado	Horno	Separadora	Nº Mec.	Pestañadora	Cordonadora	Tapadoar 1 Angelus	Tapadora 2 Lanico CF 381	Tapadora 3 Cevolani	Nº Mec.	Transporte	Paletizador	Nº Mec.	
		Horas Teórica						Horas Teórica						Horas Teórica			
A	Diámetro y Altura	6	4	3	1	6	3	2	2	6	3	6	3	6	4	4	6
B	Altura	3	3	N/A	N/A	2	2	2	2	6	1	6	3	4	1	4	6
B2	Altura de doble a sencillo	3	3	N/A	N/A	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A	0	3
B3	Altura de sencillo a Doble	3	3	N/A	N/A	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A	0	3
C	Espesor de Lamina	N/A	2	N/A	N/A	N/A	1	N/A	N/A	2	1	1	1	N/A	N/A	0	2
D	Tapa	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A	4	3	4	2	N/A	N/A	0	4
E	Barnizado: Sin B. Int a Con B. Int	N/A	N/A	1	N/A	N/A	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A	0	1

Fuente: Domínguez y CIA.

Tipo	Descripción	Principio de línea						Fin de línea						Transp.			TOTAL
		Cizalla	Soudronic	Barnizado	Horno	Separadora	Nº Mec.	Pestañadora	Cordonadora	Tapadoar 1 Angelus	Tapadora 2 Lanico CF 381	Tapadora 3 Cevolani	Nº Mec.	Transporte	Paletizador	Nº Mec.	
		Horas Teórica			Horas Teórica			Horas Teórica									
E1	Barnizado: Con B. Int a Sin B. Int	N/A	N/A	0,5	N/A	N/A	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A	0	0,5
E2	Barnizado: Sin Polvo. a Con Polvo. Int.	N/A	N/A	4	N/A	N/A	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A	0	4
E3	Barnizado: Con Polvo a Sin Polvo Int.	N/A	N/A	1,5	N/A	N/A	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A	0	1,5
F	Con Cordón	2	2	N/A	N/A	N/A	2	0,33	2	0,33	N/A	0,5	3	N/A	N/A	0	2
F1	Sin Cordón	2	2	N/A	N/A	N/A	2	0,33	2	0,33	N/A	0,5	3	N/A	N/A	0	2
G	Distribució n de Camadas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0	N/A	1	1	1

Fuente: Domínguez y CIA.

En la configuración presente en la tabla 6, se establecen los tiempos de ejecución teóricos por cada tipo de cambio, detallados con una letra, la cual posee una descripción que refleja lo que se va a realizar en conjunto con los equipos que intervienen en el proceso, donde el mayor tiempo de trabajo correspondiente al tipo de cambio requerido, predomina como el tiempo de realización del mismo, es decir que si se toma como ejemplo la ejecución de un cambio tipo A, su duración debe estar comprendida en un margen de 6 horas, ya que todos los ajustes de cada equipo se realizan en un mismo lapso de tiempo, lo cual permite administrar la planificación de éste en el plan semanal.

Actualmente la diferencia que otorga los tiempo de ejecución de cada formato con respecto a los tiempos establecidos en la tabla 6, permite evaluar el desempeño en la ejecución de estos, donde al totalizar los cambios realizados en los años 2016-2017 de la línea 4, se obtiene 304,36 horas de demoras, los cuales permiten que al relacionarlos con los tiempos teóricos (73 horas), se contemple un 23,98% de eficiencia en estos (ver tabla 7), por tanto se mantiene el indicio de la problemática presente en estos procesos, y es aquí donde interviene el análisis referido a los informe post cambio para evaluar las variables presentes como posibles demoras en el procedimiento de preparación y ejecución de estos.

**Tabla 7.** Tiempo y tipo de cambio por formato de la línea 4, año 2016-2017.

Tipo	Del formato	Al Formato	Tiempo de Cambio (Horas)	Fecha
A	300 X 409 T=F	202 X 112	56,03	12/03/2017
A	300 X 409 C/P T=F	211 X 300	23,58	30/04/2017
A	211 X 201 X 2 T=F	300 X 303,4	44,75	12/02/2017
A	300 X 303,4 T=F	211 X 300 T=F C/P	34,50	12/11/2016
A	211 X 308 TEO	300 X 303,4 T=F	38,00	03/11/2016
A	211 X 308	211 X 300	32,00	23/09/2016
A	211 X 300 T=F C/P I	300 X 303,4 T=F	39,50	26/08/2016
B	300 X 303,4 T=F	303 X 409 T=F C/P	8,50	15/06/2016
B	300 X 303,4	300 X 409	24,00	04/03/2016

B	211 X 300 CP T=F	211 X 201 CP TEO	24,00	09/02/2016
B	211 X 300	211 X 308	28,00	17/10/2016
B	300 X 303,4 T=F	300 X 409 T=F	23,50	08/09/2016
E	211 X 201 X 2 C/P	211 X 201 X 2 C/B	1,00	05/05/2016
<b>TOTAL (Horas)</b>			377,36	<b>304,36 Horas de demora</b>
<b>TOTAL TEÓRICO (Horas)</b>			73	

Fuente: Domínguez y CIA.

En función de lo detallado anteriormente, el análisis de la problemática se fundamenta bajo los registros levantados con la configuración de la estructura del informe post cambio mostrado en la tabla 8.

En el encabezado del informe se presenta el nombre de la compañía con su logo, sede de trabajo, la gerencia asignada, y el número del formato que define este informe; al proseguir con la estructura, se detalla la descripción del cambio de la siguiente manera:

- Área: especifica el lugar en el que se está trabajando.
- Línea: designa la línea en la que se levanta el informe.
- Cambio de formato: detalla el formato actual y al formato al cual se desea ir.
- Fecha: data la fecha en la que se inició el cambio programado.
- Tipo: hace referencia al tipo de cambio programado. (Tabla 6).
- Cambio de: hace referencia a la descripción del tipo de cambio programado. (Tabla 6).
- Orden: número de orden bajo la cual se emite el cambio.
- N° de cambio: detalla el número de cambio de la semana.
- Semana: detalla la semana del mes en la cual se realiza el cambio.

Para el registro de las actividades por equipo en las cuales se desarrolla el cambio, se detalla por filas cada una de las actividades que se ejecutan en el equipo de la siguiente manera:

- Se redacta la hora de inicio y final de la actividad realizada.
- Se marca el tiempo teórico del cambio, el cual se ilustra bajo la referencia de la tabla 6.

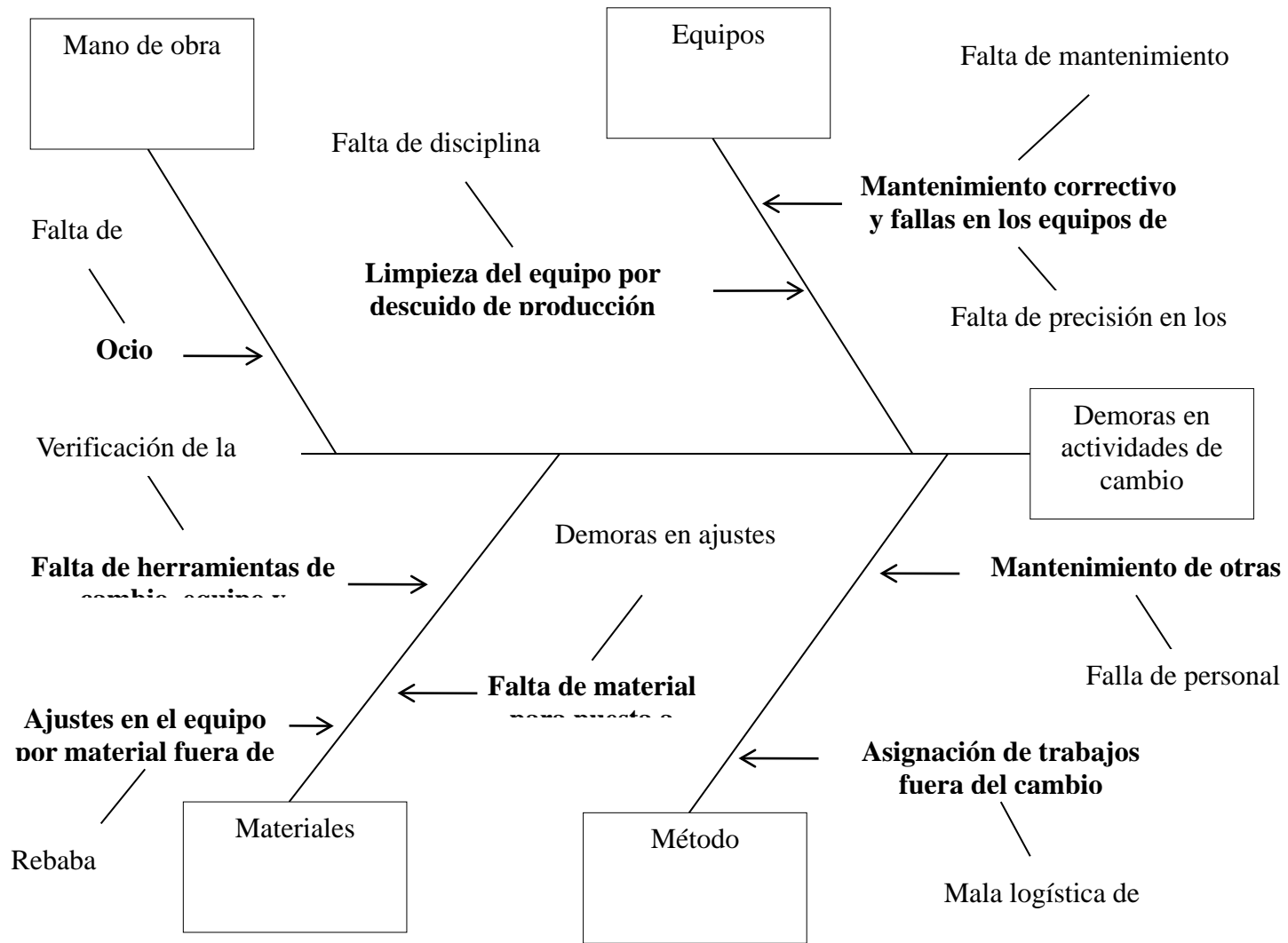
**Tabla 8.** Estructura del informe post cambio.

Informe de Cambio										
Área:Envases										
Línea:4										
Cambio de Formato de:Para:										
Fecha:Tipo:Cambio de:										
Orden:										
N° de Cambio:										
Semana:										
Maquina	Hora		Tiempo	Fecha	Tiempo Real	Total H/H	Responsable	Eventualidades	Total Horas	Unidad de Apoyo
	Inicio	Final	Teórico							
CIZALLA										
	Subtotal									
SOUDRONIC										
	Subtotal									
PESTAÑADORA										
	Subtotal									
TAPADORA										
	Subtotal									
PALETIZADORA										
	Subtotal									
TRANSPORTE										
	Subtotal									

<b>Total horas</b>				
<b>Tiempo total del cambio</b>				

- Se registra la fecha de ejecución de la actividad.
- Se registra el tiempo que dura dicha actividad, sí es parte del cambio, ya que si se presenta como una demora, este lapso de tiempo se marca en la columna tiempo total asignándole en la unidad de apoyo el departamento al cual es responsable por esta demora.
- Se coloca en el cuadro responsable a los mecánicos encargados del equipo correspondiente para poder establecer el total de horas hombre, multiplicando el tiempo real por el número de mecánicos implicados en este.
- En los cuadros subtotal, se define el total de horas marcadas por el equipo, en referencia a los tiempos reales, total de horas hombre y tiempo total.
- Al final de la estructura se consideran estos subtotales en el cuadro de total de horas para definir el margen de tiempo dominante en el cambio, es decir, el mayor tiempo que se pudo registrar en algunos de los equipos que participan en estas actividades, por ser el lapso bajo el cual marca la asignación del tiempo ejecutado en el cambio.
- En el cuadro del tiempo total del cambio, se registra el lapso de tiempo desde que se inicia el cambio hasta que es entregado a producción.

En torno a la información de los registros levantadas en Febrero y Marzo del año 2017, contemplada en la tabla 7, bajo la estructura anteriormente mencionada, se fundamenta la división de las categorías de las demoras a través de un diagrama causa efecto, para visualizar los posibles elementos implicados en este:



**Figura 4.** Diagrama Causa Efecto para las categorías de demora

Cada categoría se define en base a la información resaltante sobre las causas de estas demoras, las cuales se detallan y analizan de la siguiente manera:

1) Falta de material para puesta a punto

En el establecimiento de las demoras presentes en esta categoría, se hace constar las actividades referentes a la producción de material para poder finalizar la puesta a punto de los equipos y realizar los chequeos de medidas para dirigirlos al departamento de calidad, los cuales dan la autorización para empezar la producción de envases de la línea en el formato requerido. Actualmente, los cambios se ejecutan sin tener a la mano material alguno para realizar ajustes en cualquiera de los equipos, donde se puede ilustrar los arrastres de tiempo que conlleva la preparación de un equipo en principio de línea hasta el último equipo contemplado en final de línea, es decir, se refiere al cambio iniciado el día 5 de marzo del 2017, el equipo tapadora manifestó una espera de 6 horas el día lunes 8 de marzo, por cilindros pestañados para realizar los últimos ajustes, finalizando su puesta a punto a las 2:30 pm, por lo que el equipo paletizador inicia su trabajo partir de esa hora, por tanto se confirma el tiempo de tardanza agregado por la espera anterior, más el contemplado por este, mostrando un total de 13 horas significativas de tiempo parado por esta categoría. Entorno a esto, se menciona que al esperar que un equipo produzca material para poder dirigirlos a la siguiente máquina, manteniéndose esta cadena hasta la última unidad de la línea, se hace insistencia en los tiempos de demoras que se arrastra; es por esto que se destacan como percances en los procedimientos de cambio en la línea en estudio. Manteniendo estos detalles en función de los análisis de los cambios registrados, se levanta el resumen completo de la presencia de esta categoría, clasificándolo según su número de orden en la siguiente tabla por cada equipo:

**Tabla 9.** Tiempo agregado en horas de cada equipo por demoras debido a la categoría 1 clasificado por orden

EQUIPOS	NÚMERO DE ORDEN					
	6332	6338	6342	6506	6513	6553
CIZALLA	0	0	8,5	4,5	0	0
SOUDRONIC	0	0	0	2,5	0	0
SEPARADORA	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A
PESTAÑADORA	0	0	14	0	0	0
TAPADORA	0	6	10,5	0	6	2,5
PALETIZADORA	0	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>25,5</b>
TRANSPORTE	0	2,5	9	0	5	15

Nota. Los tiempos resaltados en negrita, conforman las horas más significativas por cada orden, ya que son los tiempos dominantes para describir cuanto fue la demora correspondiente a la categoría a evaluar. Si todos son cero, no se resalta; si hay repetidos, se selecciona al azar. N/A = no aplica. Detalla el equipo que no formó parte del cambio.

En el siguiente cuadro se detalla un resumen de las causas implicados en esta categoría:

**Tabla 10.** Cuadro de análisis de la variable 1

Variable	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Falta de material para puesta a punto	Porque los equipos de operaciones anteriores no mandan material	Porque no han realizado medidas ni puesta punto del equipo	Porque no han terminado de realizar los ajustes y cambios necesarios	Por estar trabajando en el mantenimiento de otras líneas	Porque se asignan a los mecánicos del cambio para solventar estas fallas	Por la mala logística de asignación y distribución de los mecánicos de cambio y mantenimiento
				Por no tener a disposición todos los equipos y herramientas necesarios	Por no tener un control de inventario de los equipos y herramientas necesarios para el cambio	Por falta de mecánicos

Cont. Tabla 10

					Por no realizar un chequeo sobre la disponibilidad y registro de todas los equipos y herramientas necesarias para el cambio	
				Por realizar actividades fuera del cambio	Por las malas asignaciones del departamento	Por falta de personal
				Por realizar mantenimiento debido a fallas en el equipo	Por desgaste o fractura de piezas	Por falta de mantenimiento de los equipos
					Por realizar ajustes incorrectos	Por falta de experiencia de los mecánicos
	Por no tener material guardado en almacén	Por no realizar una planificación de la cantidad de inventario de material en proceso necesario para estas tarea				Por descuido del mecánico

Fuente: Camargo

## 2) Mantenimiento de otras líneas

En control del funcionamiento de las líneas del área de ensamble, los mecánicos implicados en los cambios, desarrollan su trabajo en forma equivalente a las actividades de mantenimiento, donde se ha venido presentando problemas en los cuales en la ocurrencia de fallas de otras líneas durante el cambio, son éstos los

que dan apoyo a los designados al mantenimiento correctivo, por tanto, al asignar los mecánicos del cambio para solventar estos percances, se incurre en fallas de personal en estos procedimientos, por lo cual es importante detallar si se ha estado compitiendo con la necesidad de la existencia de la falta mecánicos tanto para mantenimiento como para cambio o la posibilidad de enfrentarse a la realidad de las asignaciones correctas de estas actividades en la manera de distribuir dos equipos en los cuales se presenta a un grupo de mecánicos para mantenimiento de las líneas y otro grupo de mecánicos para los procesos de cambio, con la insistencia de evitar estas demoras a causa de esta categoría. Manteniendo estos detalles en función de los análisis de los cambios registrados, se levanta el resumen completo de la presencia de esta categoría, clasificándolo según su número de orden en la siguiente tabla por cada equipo:

**Tabla 11.** Tiempo agregado en horas de cada equipo por demoras debido a la categoría 2 clasificado por orden

EQUIPOS	NÚMERO DE ORDEN					
	6332	6338	6342	6506	6513	6553
CIZALLA	0	0	<b>3</b>	0	0	0
SOUDRONIC	0	0	0	0	0	<b>8,5</b>
SEPARADORA	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A
PESTAÑADORA	0	0	0	6	0	0,5
TAPADORA	0	<b>1,5</b>	0	<b>6</b>	0	0
PALETIZADORA	0	0	0	0	0	0
TRANSPORTE	0	0	0	4	0	0

Nota. Los tiempos resaltados en negrita, conforman las horas más significativas por cada orden, ya que son los tiempos dominantes para describir cuanto fue la demora correspondiente a la categoría a evaluar. Si todos son cero, no se resalta; si hay repetidos, se selecciona al azar. N/A = no aplica. Detalla el equipo que no formó parte del cambio.

En el siguiente cuadro se detalla un resumen de las causas implicados en esta categoría, los cuales fueron señalados anteriormente:

**Tabla 12.** Cuadro de análisis de la variable 2

Variable	¿Por qué?	¿Por qué?
----------	-----------	-----------

Demora por mantenimiento de otras líneas	Por mala distribución y asignación de actividades de mantenimiento del departamento durante el cambio	Por falta de mecánicos de mantenimiento
--	---	---

### 3) Ocio

En el enfoque protagonizado por esta categoría, se viene haciendo referencia a las actividades que están fuera de los trabajos asignados a los mecánicos en función de sus responsabilidades con el departamento, ya que se puede considerar como todas aquellas actividades que no estén en norma y los tiempos en los cuales no se esté laborando, administrando su referencia en los informes post cambio como que no se trabajo en este. En efecto de esta situación, el registro de la orden 6506, marca la presencia en la cual el mecánico no figuró algún desempeño laboral en la línea o no se incide en alguna otra categoría señalada en el estudio, reflejando una demora de 9 horas, por lo cual se registra en la tabla 13, influyendo en la importancia de este para establecer las consecuencias de las causas implicadas. Manteniendo estos detalles en función de los análisis de los cambios registrados, se levanta el resumen completo de la presencia de esta categoría, clasificándolo según su número de orden en la siguiente tabla por cada equipo:

**Tabla 13.** Tiempo agregado en horas de cada equipo por demoras debido a la categoría 3 clasificado por orden

EQUIPOS	NÚMERO DE ORDEN					
	6332	6338	6342	6506	6513	6553
CIZALLA	0	0	0	0	0	0
SOUDRONIC	0	0	0	0	0	0
SEPARADORA	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A
PESTAÑADORA	0	0	0	0	0	0
TAPADORA	0	0	0	0	0	0
PALETIZADORA	0	0	0	0	0	0
TRANSPORTE	0	0	0	<b>9</b>	0	0

Nota. Los tiempos resaltados en negrita, conforman las horas más significativas por cada orden, ya que son los tiempos dominantes para describir cuanto fue la demora correspondiente a la categoría a evaluar. Si todos son cero, no se resalta; si hay repetidos, se selecciona al azar. N/A = no aplica. Detalla el equipo que no formó parte del cambio.

En el siguiente cuadro se detalla un resumen de las causas implicados en esta categoría, los cuales fueron señalados anteriormente:

**Tabla 14.** Cuadro de análisis de la variable 3

Variable	¿Por qué?	¿Por qué?
Ocio	Por falta de material para puesta a punto	Porque los equipos de operaciones anteriores no mandan material
		Por no tener material guardado en almacén
	Por falta de equipos o herramientas de cambio y trabajo	Por no tener un control de inventario de los equipos y herramientas necesarios para el cambio
		Por no realizar un chequeo sobre la disponibilidad y registro de todas los equipos y herramientas necesarias para el cambio
Por fallas de asignación de actividades del departamento		

Fuente: Camargo

#### 4) Ajustes en el equipo por material fuera de norma

Los ajustes realizados por la rebaba que existe en el material, hace referencia a la categoría descrita, por lo cual se relaciona únicamente al equipo de cizalla, ya que existe la posibilidad de que las láminas provengan con dimensiones fuera de norma, por tanto los mecánicos se ven en la necesidad de realizar ajustes extras en el equipo porque no realizan la operación en los cortes con las dimensiones requeridos, influyendo en unidades fuera de especificación, los cuales presentan las consecuencias de realizar ajustes en los otros equipos de la línea en función de este material y desarrollar un percance mucho mayor de lo que podría ser para el cambio solicitado. Manteniendo estos detalles en función de los análisis de los cambios registrados, se levanta el resumen completo de la presencia de esta categoría, clasificándolo según su número de orden en la siguiente tabla por cada equipo:

**Tabla 15.** Tiempo agregado en horas de cada equipo por demoras debido a la categoría 4 clasificado por orden

EQUIPOS	NÚMERO DE ORDEN					
	6332	6338	6342	6506	6513	6553
CIZALLA	0	0	0	0	<b>3</b>	0
SOUDRONIC	0	0	0	0	0	0
SEPARADORA	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A
PESTAÑADORA	0	0	0	0	0	0
TAPADORA	0	0	0	0	0	0
PALETIZADORA	0	0	0	0	0	0
TRANSPORTE	0	0	0	0	0	0

Nota. Los tiempos resaltados en negrita, conforman las horas más significativas por cada orden, ya que son los tiempos dominantes para describir cuanto fue la demora correspondiente a la categoría a evaluar. Si todos son cero, no se resalta; si hay repetidos, se selecciona al azar. N/A = no aplica. Detalla el equipo que no formó parte del cambio.

En el siguiente cuadro se detalla un resumen de las causas implicados en esta categoría, los cuales fueron señalados anteriormente:

**Tabla 16.** Cuadro de análisis de la variable 4

Variable	¿Por qué?	¿Por qué?
Demora por ajustes en el equipo por material fuera de norma	Por realizar ajustes extras en el equipo	Porque el material presenta una rebaba o dimensiones fuera de norma
		Por no tener material guardado en almacén

#### 5) Mantenimiento correctivo y ajustes por fallas en la línea

Para destacar los retardos de esta categoría, se detalla los problemas que conciernen los ajustes que realizan los mecánicos por la presencia de la falta continua del mantenimiento de la línea, ya que actualmente, el programa se lleva a cabo mediante una selección contemplada con los registros de fallas que han venido presentando cada línea, donde se formaliza la planificación de mantenimiento de las tres líneas que mayor número de fallas presentaron,

programando para el mes siguiente el mantenimiento de estas, y así se realiza una rotación de la planificación mensual. En algunos casos, se pospone el programa de algunas líneas debido a problemas en el cumplimiento con la producción, registrando una posible parada en las actividades de cambio por la presencia de mantenimiento correctivo. Además existe la posibilidad de fallas debido a malos ajustes por parte de los mecánicos, donde se muestra a partir de los órdenes de cambio registradas, que tan solo 3 de las 10 fallas que se presentaron en la línea, fueron por esta causa, es decir, considerando esta información, la posibilidad de ocurrencia de estos coincide en un 30%, suministrando problemas en las pruebas de las corridas de producción. Manteniendo estos detalles en función de los análisis de los cambios registrados en los anexos anteriormente mencionados, se levanta el resumen completo de la presencia de esta categoría, clasificándolo según su número de orden en la siguiente tabla por cada equipo:

**Tabla 17.** Tiempo agregado en horas de cada equipo por demoras debido a la categoría 5 clasificado por orden

EQUIPOS	NÚMERO DE ORDEN					
	6332	6338	6342	6506	6513	6553
CIZALLA	0	0	<b>13,5</b>	0	0	0
SOUDRONIC	1,33	6	0	0	<b>12</b>	<b>1,5</b>
SEPARADORA	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A
PESTAÑADORA	<b>3</b>	0	1	0	0	0
TAPADORA	1	<b>13,5</b>	0	0	0	0
PALETIZADORA	0	0	0	0	0	0
TRANSPORTE	0	0	0	0	0	0

Nota. Los tiempos resaltados en negrita, conforman las horas más significativas por cada orden, ya que son los tiempos dominantes para describir cuanto fue la demora correspondiente a la categoría a evaluar. Si todos son cero, no se resalta; si hay repetidos, se selecciona al azar. N/A = no aplica. Detalla el equipo que no formó parte del cambio.

En el siguiente cuadro se detalla un resumen de las causas implicados en esta categoría, los cuales fueron señalados anteriormente:

**Tabla 18.** Cuadro de análisis de la variable 5

Variable	¿Por qué?	¿Por qué?
Mantenimiento correctivo y ajustes por fallas en la línea	Por desgaste o fractura de piezas	Por falta de mantenimiento de los equipos
	Por realizar ajustes incorrectos	Por falta de experiencia de los

		mecánicos
		Por descuido del mecánico

6) Falta de herramientas de cambio, equipo y herramientas de trabajo

En función de las demoras por la falta de herramientas y equipos, se establece los problema entorno a la mala distribución de todas aquellos implementos y piezas de trabajo que al momento de ser requeridas, no se encuentran en un lugar exacto, además se entra con la posibilidad de no contar con la disponibilidad de ellos, ya que en algunos casos se presentan la utilización de herramientas en cambios de otras líneas, por lo cual no se puede contar con estas, al igual que la disposición de equipos que se necesiten para el momento del cambio, en todo caso se maneja la problemática en función de lo descrito con los efectos de las causas por falta de un almacén fijo para las piezas y equipos de mantenimiento y cambio, y la coordinación y registro de la utilización de ellos en las actividades concernientes a esto. Manteniendo estos detalles en función de los análisis de los cambios registrados, se levanta el resumen completo de la presencia de esta categoría, clasificándolo según su número de orden en la siguiente tabla por cada equipo:

**Tabla 19.** Tiempo agregado en horas de cada equipo por demoras debido a la categoría 6 clasificado por orden

EQUIPOS	NÚMERO DE ORDEN					
	6332	6338	6342	6506	6513	6553
<b>CIZALLA</b>	0	0	0	0	0	0
<b>SOUDRONIC</b>	0	0	0	0	0	<b>3,5</b>
<b>SEPARADORA</b>	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A
<b>PESTAÑADORA</b>	0	0	0	0	0	0
<b>TAPADORA</b>	0	0	0	0	0	0
<b>PALETIZADORA</b>	0	0	0	0	0	0
<b>TRANSPORTE</b>	0	0	0	0	0	0

Nota. Los tiempos resaltados en negrita, conforman las horas más significativas por cada orden, ya que son los tiempos dominantes para describir cuanto fue la demora correspondiente a la categoría a evaluar. Si todos son cero, no se resalta; si hay repetidos, se selecciona al azar. N/A = no aplica. Detalla el equipo que no formó parte del cambio.

En el siguiente cuadro se detalla un resumen de las causas implicados en esta categoría, los cuales fueron señalados anteriormente:

**Tabla 20.** Cuadro de análisis de la variable 6

Variable	¿Por qué?
Falta de herramientas de cambio, equipo y herramientas de trabajo	Por no verificar la disposición de las herramientas y equipos necesarios
	Por no realizar requisiciones de las herramientas y equipos

## 7) Limpieza del equipo

Esta problemática se presenta por las condiciones bajo las cuales se entregan los equipos después de terminar la producción para realizar los cambios, mostrando los retrasos respectivos debido a la limpieza que se necesitan hacerle a estos, en todo caso se hace referencia a los descuido por parte de producción. Manteniendo estos detalles en función de los análisis de los cambios registrados, se levanta el resumen completo de la presencia de esta categoría, clasificándolo según su número de orden en la siguiente tabla por cada equipo:

**Tabla 21.** Tiempo agregado en horas de cada equipo por demoras debido a la categoría 7 clasificado por orden

EQUIPOS	NÚMERO DE ORDEN					
	6332	6338	6342	6506	6513	6553
<b>CIZALLA</b>	0	<b>2,5</b>	<b>2</b>	0	0	0
<b>SOUDRONIC</b>	0	0	0	0	0	0
<b>SEPARADORA</b>	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A
<b>PESTAÑADORA</b>	0	0	0	0	0	0
<b>TAPADORA</b>	0	0	0	0	0	0
<b>PALETIZADORA</b>	0	0	0	0	0	0
<b>TRANSPORTE</b>	0	0	0	0	0	0

Nota. Los tiempos resaltados en negrita, conforman las horas más significativas por cada orden, ya que son los tiempos dominantes para describir cuanto fue la demora correspondiente a la categoría a evaluar. Si todos son cero, no se resalta; si hay repetidos, se selecciona al azar. N/A = no aplica. Detalla el equipo que no formó parte del cambio.

En el siguiente cuadro se detalla un resumen de las causas implicados en esta categoría, los cuales fueron señalados anteriormente:

**Tabla 22.** Cuadro de análisis de la variable 7

Variable	¿Por qué?	¿Por qué?
Demora por limpieza del equipo	Porque los operarios no retiran del equipo los desperdicios	Por falta de disciplina y consideración del mismo

8) Asignación de trabajos fuera de cambio

Hace referencia a los trabajos que se asignan a los mecánicos fuera de las actividades del cambio, los cuales se consideran como retrasos por no estar trabajando en los equipos, sin importar la índole de emergencia de la actividad asignada, por lo cual se ajusta como trabajos que no influyen como parte del mantenimiento o cambio, ni como ocio. Manteniendo estos detalles en función de los análisis de los cambios registrados, se levanta el resumen completo de la presencia de esta categoría, clasificándolo según su número de orden en la siguiente tabla por cada equipo:

**Tabla 23.** Tiempo agregado en horas de cada equipo por demoras debido a la categoría 8 clasificado por orden

EQUIPOS	NÚMERO DE ORDEN					
	6332	6338	6342	6506	6513	6553
CIZALLA	0	0	0	0	0	0
SOUDRONIC	0	0	0	0	0	0
SEPARADORA	N/A	N/A	N/A	0	N/A	N/A
PESTAÑADORA	0	0	0	0	0	0
TAPADORA	0	0	0	0	0	0
PALETIZADORA	0	0	0	0	0	0
TRANSPORTE	0	0	0	0	0	<b>2,25</b>

Nota. Los tiempos resaltados en negrita, conforman las horas más significativas por cada orden, ya que son los tiempos dominantes para describir cuanto fue la demora correspondiente a la categoría a evaluar. Si todos son cero, no se resalta; si hay repetidos, se selecciona al azar. N/A = no aplica. Detalla el equipo que no formó parte del cambio.

En el siguiente cuadro se detalla un resumen de las causas implicados en esta categoría, los cuales fueron señalados anteriormente:

**Tabla 24.** Cuadro de análisis de la variable 8

Variable	¿Por qué?	¿Por qué?
Demora por asignación de trabajos fuera de cambio	Por la mala distribución de actividades del departamento	Por falta de personal

Conforme a la información suministrada por las tablas (9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 y 23) resumen de los tiempos de demoras, contemplados por cada equipo de la línea 4 y clasificados por las categorías mencionadas en función de las órdenes, se permite administrar todos los tiempos significativos en los que se incurre en la variable evaluada (ver tabla 25), es decir, si se toma como referencia la verificación de la presencia de la categoría 5 (mantenimiento correctivo y ajuste por fallas en la línea) en la orden 6332, tabla 17, se puede observar que el equipo que presenta el mayor tiempo de esta categoría, fundamenta el tiempo significativo (3 horas), el cual lo conforma el equipo pestañadora. Bajo este esquema se formaliza el registro de las demás categorías en la tabla, buscando representar la incidencia de horas que destella cada una, con el objetivo de observar el impacto que estas tienen en los cambios.

**Tabla 25.** Resumen de los tiempos presentes en cada informe post cambio por categoría

Nº	Categorías de las demoras	Orden	Total de horas por demora presentadas	Total de horas	Porcentaje del total de horas
1	Falta de material para puesta a punto	6332	0	79,5	48,8% %
		6338	13		
		6342	16		
		6506	16		
		6513	9		
		6553	25,5		

**Cont. Tabla 25**

2	Mantenimiento de otras líneas	6332	0	19	12%
		6338	1,5		
		6342	3		
		6506	6		
		6513	0		
		6553	8,5		
3	Ocio	6332	0	9	5%
		6338	0		
		6342	0		
		6506	9		
		6513	0		
		6553	0		
4	Ajustes en el equipo por material fuera de norma	6332	0	3	2%
		6338	0		
		6342	0		
		6506	0		
		6513	3		
		6553	0		
5	Mantenimiento correctivo y ajustes por fallas en la línea	6332	3	43,5	26%
		6338	13,5		
		6342	13,5		
		6506	0		
		6513	12		
		6553	1,5		
6	Falta de herramientas de cambio, equipos y herramientas de trabajo	6332	0	3,5	2 %
		6338	0		
		6342	0		
		6506	0		
		6513	0		
		6553	3,5		
7	Limpieza del equipo por descuido de producción	6332	0	4,5	3%
		6338	2,5		
		6342	2		
		6506	0		
		6513	0		
		6553	0		
8	Asignación de trabajos fuera del cambio	6332	0	2,25	1%
		6338	0		
		6342	0		
		6506	0		
		6513	0		
		6553	2,25		
<b>TOTAL</b>				<b>164,25</b>	<b>100%</b>

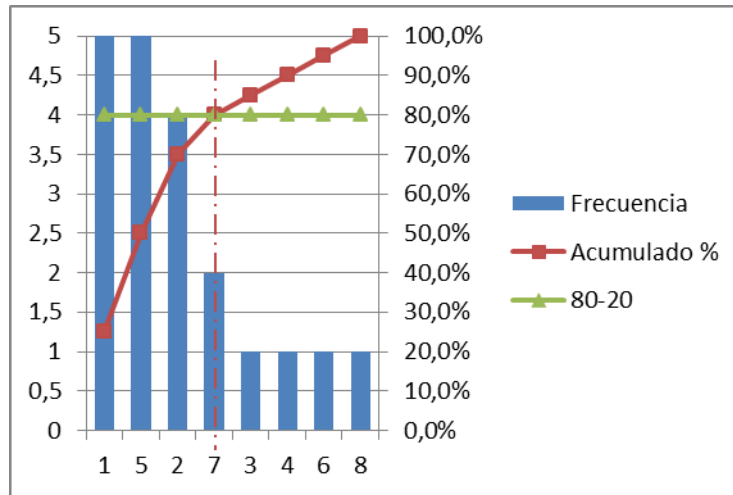
Fuente: Domínguez y CIA.

A partir de estos registros, se realiza un análisis del número de veces en que se presentaron estas demoras en cada informe según la categoría, es decir, si de la tabla 25, se analiza la categoría 1, se puede mostrar que la frecuencia viene determinada por la cantidad de veces en que aparecieron registros de tiempo con respecto a esta categoría (5 es el número de registros, por tanto se toma como su frecuencia), en torno a este análisis se realiza la tabla 26 para levantar el diagrama de Pareto, con el motivo de destacar los problemas que mayor percance otorgan a los cambios ejecutados:

**Tabla 26.** Datos de las frecuencias de demoras

Nº	Categorías de las demoras	Frecuencia	Acumulado %
1	Falta de material para puesta a punto	5	25,0%
5	Mantenimiento correctivo y ajustes por fallas en la línea	5	50,0%
2	Mantenimiento de otras líneas	4	70,0%
7	Limpieza del equipo por descuido de producción	2	80,0%
3	Ocio	1	85,0%
4	Ajustes en el equipo por material fuera de norma	1	90,0%
6	Falta de herramientas de cambio, equipos y herramientas de trabajo	1	95,0%
8	Asignación de trabajos fuera del cambio	1	100,0%
TOTAL		20	

Fuente: Domínguez y CIA.

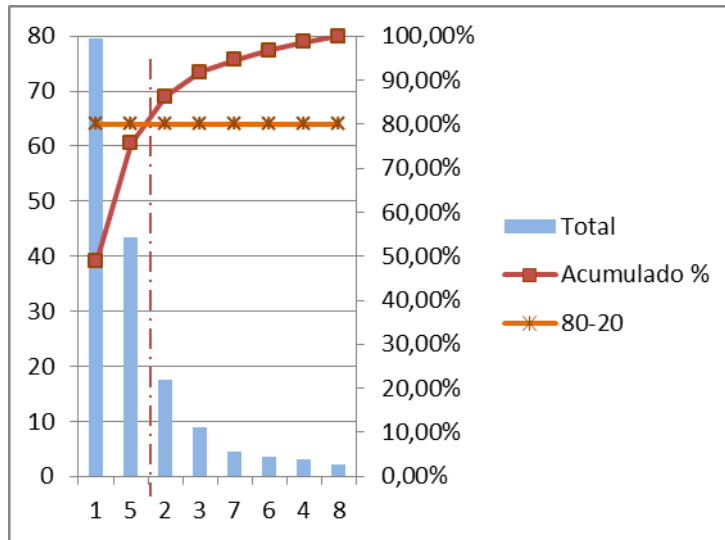


**Gráfico 1.** Diagrama de Pareto por frecuencia

Se hace constar que las demoras más influyentes para la problemática de la duración de los tiempos de cambio, hace referencia a las categorías 1 (falta de material para puesta a punto), 5 (mantenimiento correctivo y ajustes por fallas), 2 (mantenimiento de otras líneas) y 7 (ocio), por lo cual se considera en que son estas variables las que predominan en el caso estudiado, pero haciendo un análisis crítico más detallado en función de las horas de demoras que inciden en el cambio, se levanta la tabla 27 con el objetivo de graficar un diagrama de Pareto que determine en torno a estas causas las que mayor auge posean:

**Tabla 27.** Datos de las horas por categoría

Nº	Categorías de las demoras	Total	Acumulado %
1	Falta de material para puesta a punto	79,5	48,40%
5	Mantenimiento correctivo y ajustes por fallas en la línea	43,5	74,89%
2	Mantenimiento de otras líneas	19	86,45%
3	Limpieza del equipo por descuido de producción	9	91,93%
7	Ocio	4,5	94,67%
6	Ajustes en el equipo por material fuera de norma	3,5	96,80%
4	Falta de herramientas de cambio, equipos y herramientas de trabajo	3	98,63%
8	Asignación de trabajos fuera del cambio	2,25	100,00%
<b>TOTAL</b>		<b>162,75</b>	



**Gráfico 2.** Diagrama de Pareto por horas

Como se puede observar en el gráfico 2, la incidencia de las horas de demoras en el cambio de las categorías 1 (falta de material para puesta a punto), 5 (mantenimiento correctivo y ajustes por fallas), permiten visualizar el hecho de que estas son las causas más relevantes que obstaculizan el desarrollo del cambio en un tiempo aproximado a los teóricos, donde se puede complementar en función del cuadro de análisis de la variable 1 (tabla 10), la presentación de algunas de las categorías descritas, las cuales están ligadas de manera intrínseca al hecho de ocurrencia de esta en los cambios programados, por tanto se puede lograr identificar hacia donde se van a centralizar las propuestas que enfocan los beneficios influyentes a las variables evaluadas.

Considerando la categoría 2 (mantenimiento de otras líneas) como demora influyente por mostrar un crecimiento significativo, se puede contemplar un margen de intervención fuera del alcance del estudio, ya que según lo mostrado en la tabla 12, se comenta las causas de estas, donde se manifiestan los hechos implicados en la mala

distribución de mecánicos para las actividades de mantenimiento, en las cuales se hace insistencia en los efectos sugeridos por la falta de personal, afectando las actividades de cambio por asignar los mecánicos de éstas a trabajos referidos a los mantenimientos de otras líneas. Al igual que la categoría 3 (limpieza del equipo por descuido de producción), se muestra que el trayecto disciplinario del operario en sus horas de trabajo en el equipo asignado, no contempla un carácter beneficiario, ya que al no estar pendiente de todos aquellos desperdicios arrojados por el equipo, se puede inferir en el hecho de fallas o demoras en el cambio, por lo cual consiste la intervención de los supervisores por parte de producción en lograr disciplinar al operario para restringir la presencia de esta categoría tanto en mantenimiento como en fallas.

A partir de los análisis realizados, se logra enfocar en detalle todos aquellos puntos en los cuales se debe intervenir en efecto del estudio.

#### **4.3.FASE III: Diseñar la propuesta de mejoras en el proceso de producción de envases en la línea 4.**

Como establecimiento formal de las propuestas de mejoras, se fomenta la utilización de algunas de las herramientas de manufactura esbelta, a partir de las cuales se van integrando mediante un estudio crítico sobre el alcance que tienen estas en la solución de las problemáticas que generan las causas de demoras de las categorías seleccionadas, permitiendo contemplar la organización y planificación de los cambios que se desea lograr para no seguir incurriendo en estas demoras, por tanto, la forma en que se van a aplicar las herramientas de manufactura esbelta, se enfocan de la siguiente manera:

##### **1) Justo a Tiempo**

La aplicación definida por esta filosofía, considera el hecho de tener los materiales e inventarios requeridos bajo las especificaciones descritas en cada equipo

en el momento del cambio para poder realizar los últimos ajustes y medidas a estos, de tal manera de poder finalizar el ejercicio del cambio y poder entregar la línea a producción. Entorno a la integración de este criterio, se debe implementar primeramente una disciplina que desarrolle un procedimiento para poder llevar el control de inventario en proceso que se debe tener en almacén del taller de cambio en función de las necesidades de cada equipo y los distintos tipos de formato que se implementan en la línea, contemplando la cantidad requerida bajo el criterio de la siguiente tabla:

**Tabla 28.** Cantidad de inventario requerido por equipo para puesta a punto

<b>Formato</b>		<b>EQUIPOS</b>				
<b>Diámetro</b>	<b>Altura</b>	<b>CIZALLA</b>	<b>SOUDRONIC</b>	<b>SEPARADORA</b>	<b>PESTAÑADORA</b>	<b>TAPADORA</b>
202	112	10 tiras	190 tiras	N/A	50 cilindros	50 cilindros pestañados
211	113	10 tiras	190 tiras	25 cilindros	50 cilindros	50 cilindros pestañados
	201	10 tiras	190 tiras	25 cilindros	50 cilindros	50 cilindros pestañados
	300	10 tiras	190 tiras	N/A	50 cilindros	50 cilindros pestañados
	400	10 tiras	190 tiras	N/A	50 cilindros	50 cilindros pestañados
300	303,4	10 tiras	190 tiras	N/A	50 cilindros	50 cilindros pestañados
	409	10 tiras	190 tiras	N/A	50 cilindros	50 cilindros pestañados

Para la transportación, se precisa trabajar con el inventario utilizado por los demás equipos, ya que estos ajustes se pueden realizar con un número no mayor a 5 envases o cilindros con respecto al inventario de las demás máquinas; en cuanto al equipo paletizador, no se almacena inventario, ya que al empezar a trabajar la línea, la puesta a punto de este es sencillo y rápido, por lo que el problema consistía en los arrastres de tiempo por espera de envase de los demás equipos, más los agregados por este. Cada vez que se formaliza la utilización de inventario en proceso para la puesta a punto de los equipos, se debe contemplar la actividad del llenado del almacén de la cantidad de inventario con la que se trabajo, de manera de poder facilitar la disponibilidad de material para el próximo cambio.


Conforme a la verificación de la disponibilidad de los recursos necesarios para la preparación y realización de los cambio, se desarrolló una lista de chequeo por equipo, el cual se debe implementar en los días previos del cambio por el mecánico, de tal forma de lograr ubicar y formalizar la disponibilidad de todas las herramientas de cambio, equipos, herramientas de trabajo e inventario requeridos, para asegurar la efectividad de la ejecución de estas actividades sin la ausencias de los materiales que se necesitan para realizar los ajustes, el chequeo de medidas y la puesta a punto de los equipos, finalizando el trabajo de cambio. Bajo este esquema se presenta un ejemplo de las listas de chequeo de herramientas del cambio y de trabajo del equipo cizalla en las tablas 29 y 30.

En el caso de verificar de que no exista la disponibilidad de estas herramientas, equipos o inventario, se previene el hecho de iniciar un cambio en este modo, logrando corregir estas fallas en ayuda del coordinador del cambio y del mecánico, estableciendo la existencia de la necesidad de una reprogramación por causa de algún percance mayor por la ubicación de las piezas, o pudiendo implementar acciones correctivas para integrar las soluciones a estas fallas.

**Tabla 31.** Evaluación de soluciones. Justo a Tiempo.

<b>Descripción de la Solución</b>	
Utilización de un checklist, en el cual se establece la disponibilidad de las herramientas de trabajo, herramientas de cambio, equipos e inventario, para verificar la presencia de estas en el día programado para el cambio.	
<b>Ventajas</b>	<b>Desperdicios que eliminan/reducen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Conocimiento de la disponibilidad de los materiales necesarios para ajustes y chequeos de medidas en cada equipo.</li> <li>* Permite tomar acciones preventivas y correctivas antes de iniciar un cambio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Demoras por esperar material para realizar la puesta a punto de os equipos.</li> <li>* Demoras por falta de equipos y herramientas.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	Total de horas de retardo a eliminar, según la tabla 25: 83 horas
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se debe asegurar el conocimiento del cambio programado para poder realizar por lo menos 2 días, el chequeo por efecto del tiempo necesario para solución de contratiempos.</li> </ul>	

**Tabla 29.** Checklist de herramientas de cambio (equipo Cizalla)

								02-C	
FECHA DE CHEQUEO: FECHA DE CAMBIO: LINEA:				FORMATO DEL CAMBIO: TIPO DE TAPA: TIPO DE BARNIZADO:					
CIZALLA									
N°	PIEZA	NA	CÓDIGO	AJUSTES		CAMBIO		DISPONIBILIDAD	
				SI	NO	SI	NO	SI	NO
<b>1ra MESA (DESARROLLO)</b>									
1	TIEMPO DE CADENA								
2	GRADUACION DE UÑAS								
3	LEVAS								
4	GUIAS LATERALES								
5	CUCHILLAS								
6	GUIAS CENTRALES								
7	TOPE FIJO Y MOVIL								
<b>2da MESA (ALLTURA)</b>									
8	TIEMPO DE CADENA								
9	GRADUACION DE UÑAS								
10	LEVAS								
11	GUIAS LATERALES								
12	CUCHILLAS								
13	GUIAS CENTRALES								
14	TOPE FIJO Y MOVIL								
15	ACUMULADOR DE CUERPOS.								
16	CAMBIO DE EJE								
17	MATERIAL DISPONIBLE								
N°	OBSERVACION								
RESPONSABLE:									

**Tabla 30.** Checklist de herramientas de trabajo (equipo Cizalla)

 <p>FECHA:          FORMATO DEL CAMBIO:          LINEA:          MÁQUINA: CIZALLA</p>						
Nº	HERRAMIENTAS	SI	NO	OBSERVACIONES		
1	CALIBRADOR					
2	PAPEL ESPAÑA					
3	COMPARADOR					
4	GRUA (SEÑORITA)					
5	CORREAS PARA SUJETAR ELES (2)					
6	LLAVE ALLEN 5/16					
7	LLAVE ALLEN 3/16					
8	LLAVE ALLEN 7/32					
9	LLAVE ALLEN 9/16					
10	LLAVE ALLEN 1/8					
11	LLAVE ALLEN ½					
12	LLAVE ALLEN 3/8					
13	LLAVE DE BOCA 1 ¼					
14	LLAVE DE BOCA ¾					
15	LLAVE DE BOCA 11/16					
16	LLAVE DE BOCA 9/16					
17	BRONCE PARA GOLPEAR					
18	ALUMINIO PARA GOLPEAR					
19	ASI ENTO PARA HACER MEDIDAS					
20	GUANTES					
21	LÁMINAS					
RESPONSABLE:						

2) Kanban

Existen variables que se relacionan con la categoría 1 (falta de material para puesta a punto), en la cual se destaca, los problemas de falta de herramientas y equipos de trabajo por no establecer su ubicación y coordinar su disponibilidad para el día en que se va utilizar, por lo cual se previene este percance con la integración de los checklist (ver tablas 29 y 30), donde se pone de manifiesto las herramientas de las cuales no se tiene alcance para su obtención en las fechas programadas del cambio. Existen casos de que por la presencia de la falta de estos, no se puede terminar de realizar ajustes o cambios, por tanto deben esperar hasta que se entregue la pieza o el equipo al mecánico para continuar con los trabajos de estos, en consecuencia, pueden afectar la producción de material para que el siguiente equipo tenga inventario para realizar ajustes y chequear medidas, por tanto se desarrolló el formato de requisiciones de cambio (ver tabla 33), el cual conserva la aplicación de registrar información de las piezas no disponibles, donde se muestra detalles sobre el equipo al que pertenece, el código y su descripción, la unidad responsable de la posesión de esta, la fecha en la que es solicitada para el cambio programado y el personal del recibimiento de la requisición realizada. Por tanto, su utilización plantea, verificar con los checklist, la disponibilidad y ubicación de estas, con el fin de levantar este informe de requisición para entregarlos a los departamentos responsables por las piezas concernientes al cambio, de manera de informar y mantener al tanto de la necesidad del mismo y su fecha a entregar, logrando justificar el desempeño del cambio sin la falta de alguna de estas herramientas o equipos gracias a los beneficios que otorga este formato.

**Tabla 32.** Evaluación de soluciones. Kanban.

<b>Descripción de la Solución</b>	
<p>Formato de requisición de las piezas que se necesitan para el cambio, contemplando la fecha de entrega al personal encargado y la unidad responsable de su posesión, con el objetivo de dar disponibilidad a estas.</p>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desperdicios que eliminan/reducen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se asegura obtener la disponibilidad de las piezas al momento del cambio.</li> <li>* Se verifica el estado de las mismas.</li> <li>* Se mantiene un registro controlado del movimiento las piezas de cambio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Demoras por búsqueda de herramientas y equipos.</li> <li>* Demoras por fallas en cuanto a disponibilidad de las herramientas y equipos.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se debe asegurar la entrega del reporte a las unidades responsables por las piezas para no pasar por alto, algunas de las requisiciones.</li> <li>* Se debe asegurar la información de la ubicación correcta de las piezas para dirigir las requisiciones a las unidades responsables implicadas en esto.</li> </ul>	<p>Total de horas de retardo a eliminar, según la tabla 25: 3,5 horas</p>



### 3) TPM (Mantenimiento productivo total)

En función del mantenimiento de los equipos de la línea 4 y su planificación en los programas mensuales, se manifiesta la importancia de la continuidad de los mantenimientos en estas, ya que enfatiza la reducción de demoras por fallas en herramientas o equipos dañados, por lo cual se plantea un formato (ver tabla 35) desarrollado en la empresa para llevar el control de las fallas que ocurrieron en el cambio, logrando justificar en detalle, las problemáticas que se presentan, a través de los códigos que posee el departamento, donde se encuentran todas las posibles fallas que se pueden manifestar en los equipos de la línea 4. Para tal fin, el registro de las fallas permite dar conocimiento a los percances que pueden ocurrir en un futuro en los cambios programados, por lo cual, la información que este otorga, ilustra la necesidad de agregar en las planificaciones de mantenimiento de la línea, todos aquellos percances ocurridos en el cambio, con el fin de realizar revisiones preventivas para que estas no vuelvan a ocurrir, logrando reducir o eliminar la corrección de estas fallas en estas actividades, evitando retrasos por la categoría 5 (mantenimiento correctivo y ajustes por fallas en la línea).

En el caso de la culminación de los cambios, se promueve la disciplina de realizar un chequeo a las piezas cambiadas con el fin de verificar la necesidad de un mantenimiento a estas, ya que en el caso de requerirlas, el coordinador levanta una orden de trabajo (ver figura 3), donde se detalla toda la información acerca del mantenimiento a realizar, permitiendo luego almacenar esta información en la base de datos del departamento de mantenimiento a través de SAP, por tanto se enfatiza un control preventivo para evitar la presencia de fallas en los cambios, generando conocimiento sobre esta actividades para asegurar el buen estado de las piezas. En los temas de un grado de daño mayor en las herramientas, se realiza una solicitud al almacén de repuesto para cambiarlas, controlando la ausencia de algún mantenimiento correctivo.

**Tabla 34.** Evaluación de soluciones. TPM.

<b>Descripción de la Solución</b>	
<p>Formato de registros para el control de fallas con el fin de contemplar su integración en los mantenimientos preventivos programados para corrección y revisión de estas. Mantenimiento de herramientas, piezas y equipos cambiados.</p>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desperdicios que eliminan/reducen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Prevención de posibles fallas que ocurren en los cambios.</li> <li>* Herramientas, piezas y equipos en condiciones óptimas para los cambios programados.</li> <li>* Seguimiento de las actividades por parte del personal eléctrico, para diseñar planes preventivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Demoras por fallas de herramientas, piezas y equipos dañados.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<p>Total de horas de retardo a eliminar, según la tabla 25: 43,5 horas</p>





#### 4) SMED (Cambio rápido de modelo)

En la aplicación del enfoque protagonizado por el SMED en cuanto a la división de las actividades externas e internas, se formaliza un proceso normalizado, bajo la estructura de un manual (ver paginas 100-205), donde su función y utilidad vendrá a formar parte de un diseño, en el cual se detalla todas aquellas actividades precisadas a los ajustes que se va a realizar a cada equipo, dependiendo del tipo de cambio que se programe. En la estructura interna del manual, se logra contemplar a las actividades de ajustes por equipo, según el tipo de cambio que se vaya a realizar, por lo cual hace una mejor referencia de la manera en que se debe proceder detallando puntos específicos de trabajo ilustrados en imágenes del equipo.

Estas actividades conforman un diseño organizado de la ejecución completa del cambio, en el cual se manifiesta la aplicación de las propuestas anteriormente detalladas, por tanto, incurre en la presentación de un trabajo estándar, con el fin de lograr adaptar todo el desarrollo de las actividades de cambio en los márgenes de tiempo establecido por el departamento de mantenimiento/cambio, en función del cumplimiento del cronograma semanal.

Complementando lo anterior, se puede justificar el alcance que tiene esta herramienta al aplicarlo en la categoría 5 (mantenimiento correctivo y ajustes por fallas en la línea), ya que muchas de las veces en que falla el equipo, es debido a un ajuste fuera de norma, ya sea por falta de experiencia o por descuido del mecánico, por tanto se establece un procedimiento en el cual fomenta la ayuda a estos en cuanto a los diversos ajustes a realizar, estableciéndose las tareas en un perfil que se integra a un trabajo esquematizado a su realización de acuerdo a los tiempos teóricos marcados por el departamento, logrando afianzar a las actividades del mecánico en un trayecto estandarizado.

En la primera sección del manual se detalla información referida al departamento y objetivos de este, en el cual se destaca las responsabilidades del personal en función del procedimiento de cambio, además se confina la descripción de términos y conceptos que maneja la empresa para el entendimiento de algunos aspectos referidos a esta información (ver paginas 87-94). De manera consecuente, se ilustra mediante un diagrama de flujo la representación normalizada del procedimiento a seguir en función del cumplimiento de las etapas que inciden en el cambio, con el objetivo de fundamentar una normativa para estructurar el procedimiento bajo un mismo diseño de ejecución, conociendo la manera de proceder y registrar las actividades necesarias para entablar el logro de estas en los márgenes de tiempo estipulado (ver paginas 95-98).

**Tabla 36.** Evaluación de soluciones. SMED.

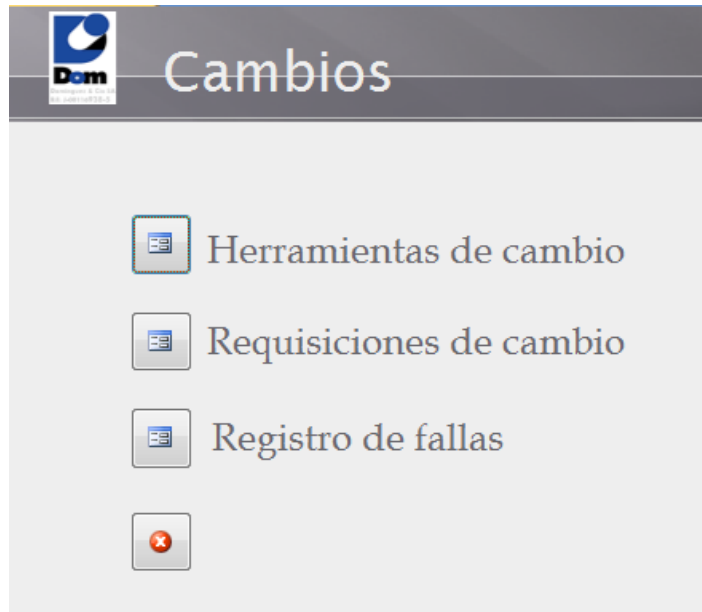
<b>Descripción de la Solución</b>	
División de actividades internas y externas, de forma normalizada para la realización de ajustes por equipo, dependiendo del tipo de cambio, con la configuración de la estructura de un manual de procedimiento mecánico.	
<b>Ventajas</b>	<b>Desperdicios que eliminan/reducen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Trabajo normalizado para ajustes de los equipos en tiempos estandarizados.</li> <li>* Tareas especificadas por ajuste correspondiente en cada equipo para el cumplimiento efectivo del cambio.</li> <li>* Aseguramiento de la realización de tareas de verificación y chequeo e herramientas, materiales y equipos para el cambio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Demoras por mantenimiento y ajustes del equipo fuera de norma, por falta de experiencia o descuido del mecánico.</li> <li>* Demoras por falta de herramientas, materiales o equipos.</li> <li>* Demoras por espera de material para realizar puesta a punto de equipos.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	Total de horas de retardo a eliminar, según la tabla 25: 126,5 horas
Falta de precisión en ajustes minuciosos que realizan los mecánicos, que no están en el manual por efecto de las costumbres de cada uno de estos.	

# **MANUAL DE CAMBIO**

Tras el desarrollo del estudio de las propuestas de mejoras, se consideraron bajo expectativas de registros de información, la idea de plantear el prototipo de un modelo de base de datos en Access 2007 como propuesta alternativa, con el fin de contemplar todos los movimientos que se ejecuten en función de los cambios realizados en el área de ensamble. Conforme a las propuestas establecidas y sus aplicaciones, se considera oportuno el planteamiento anterior, ya que se definió un posible diseño donde se complemente el desarrollo de éstas mediante una estructura referida a una base de datos, contemplando un modelo operativo que se aplicaría de la siguiente manera:

Para los casos en donde se utilicen las listas de chequeo y se verifique el hecho de que no exista la disponibilidad de alguna de estas herramientas o equipos, se integra una base de datos, donde se muestra a las piezas de cambio de cada equipo, en la cual se notifica la disponibilidad o no de ellas, facilitando información sobre la ubicación en caso de no tener al alcance alguna de estas; bajo este criterio se formaliza la verificación e ingresos de datos mediante la siguiente manera:

- Al abrir el archivo de cambio de Access, aparece en pantalla la página de inicio llamada “cambio”.



**Figura 6.** Modelo de ingreso a pantalla inicial para herramientas de cambio

- Se selecciona el módulo de herramientas de cambio.
- Al desplegarse en pantalla el formulario, se coloca el cursor sobre la barra de equipo para luego oprimir el botón buscar, mostrando una ventana donde se puede ingresar al equipo donde se encuentre la pieza requerida, con el fin de verificar su disponibilidad.

## Herramientas de cambio

The screenshot shows the 'Herramientas de cambio' form with the following fields:

- Piezas: Bajante de entrada a paletizador D202
- Equipo: Transporte
- Disponibilidad:
- Ubicación: N/A
- Comentarios: N/A

Below the form are navigation buttons: back, forward, search, refresh, and delete, with a 'Buscar registro' button below them.

Overlaid on the form is a table with columns: Equipo, Piezas, and Disponibilidad.

Equipo	Piezas	Disponibilidad
Transporte	Bajante de entrada a paletizador D	<input checked="" type="checkbox"/>
Transporte	Bajante de entrada a paletizador D	<input checked="" type="checkbox"/>
Transporte	Bajante de entrada a paletizador D	<input checked="" type="checkbox"/>
Transporte	Bajante de salida a pestañadora D2	<input checked="" type="checkbox"/>
Transporte	Bajante de salida a pestañadora D2	<input checked="" type="checkbox"/>
Transporte	Bajante de salida a pestañadora D3	<input checked="" type="checkbox"/>
Transporte	Bajante de salida a cordonadora	<input checked="" type="checkbox"/>
Transporte	Twister de salida de separadora	<input checked="" type="checkbox"/>

A 'Buscar y reemplazar' dialog box is open, showing search criteria:

- Buscar: Transporte
- Buscar en: Herramientas de cambio
- Conocer: Hacer coincidir todo el campo
- Buscar: Todos
- Conocer mayúsculas y minúsculas
- Buscar los campos con formato

Figura 7. Formulario de registro de equipos

- En el caso de que no haya problema con alguna pieza, la casilla de disponibilidad estará tildada. En el caso de que no lo esté, se procede a buscar el registro de ésta, colocando el curso sobre la barra de piezas y se oprime el botón buscar, confirmando su ubicación, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

## Herramientas de cambio

The screenshot shows the 'Herramientas de cambio' form with the following fields:

- Piezas: Ventosa
- Equipo: SOUDRONIC
- Disponibilidad:
- Ubicación: Almacén de repuestos
- Comentarios: Esperando por despachar al taller de cambio

Below the form are navigation buttons: back, forward, search, refresh, and delete, with a 'Buscar registro' button below them.

Overlaid on the form is a table with columns: Equipo, Piezas, and Disponibilidad.

Equipo	Piezas	Disponibilidad
SOUDRONIC	Dedos de Introducción	<input checked="" type="checkbox"/>
SOUDRONIC	Ventosa	<input type="checkbox"/>
SOUDRONIC	Cassette de Precorte	<input checked="" type="checkbox"/>
SOUDRONIC	Bandeja Guía 202-211	<input checked="" type="checkbox"/>
SOUDRONIC	Bandeja Guía 300	<input checked="" type="checkbox"/>
SOUDRONIC	Corona de Calibrado D55	<input type="checkbox"/>
SOUDRONIC	Corona de Calibrado D53	<input checked="" type="checkbox"/>
SOUDRONIC	Corona de Calibrado D65	<input checked="" type="checkbox"/>

A 'Buscar y reemplazar' dialog box is open, showing search criteria:

- Buscar: ventosa
- Buscar en: Herramientas de cambio
- Conocer: Hacer coincidir todo el campo
- Buscar: Todos
- Conocer mayúsculas y minúsculas
- Buscar los campos con formato

Figura 8. Formulario de registro de piezas

De esta manera se define el hecho de poder confirmar el estado de disponibilidad y ubicación, de aquellas herramientas que se necesiten en el cambio, de tal forma de ir actualizando el registro cada vez que se realice un cambio o se necesite de alguna, con el fin de llevar un control sobre el movimiento de ellas, ya que si se utiliza alguna de las piezas, se debe contemplar en la base de datos mediante el ingreso de información en la pantalla del formulario “herramientas de cambio”, retirando de la casilla de disponibilidad la tilde para cerciorar el estado de ella. De esta manera se previene el hecho de iniciar un cambio en este modo, logrando corregir estas fallas en ayuda del coordinador del cambio y del mecánico, estableciendo la existencia de la necesidad de una reprogramación por causa de algún percance mayor por la ubicación de las piezas, o pudiendo implementar acciones correctivas para integrar las soluciones a estas fallas.

En torno al módulo de operación anterior, se levanta un reporte Kanban, en el cual se realiza las requisiciones de las piezas que se necesitan para el cambio, mostrando información de las unidades o departamentos que las poseen y las personas a quien deben ser entregadas. Esta información se levanta acorde a los registros que detallan la ubicación y disponibilidad de la base de datos de “herramientas de cambio”, por tanto, permite realizar el reporte de requisición de las piezas que se necesitan para el cambio programado. Bajo esta estructura, el procedimiento de trabajo en Access de este módulo, se define de la siguiente manera:

- Seleccionar el módulo de “requisiciones de cambio”, en la pantalla de inicio del archivo “cambio”.



**Figura 9.** Modelo de ingreso a pantalla inicial para requisiciones de cambio

- Realizar el llenado del registro, colocando en cada casilla la descripción solicitada, la cual es confirmada con el registro de la base de datos de “herramientas de cambio”. Ver ejemplo de la figura 10, pedido de ventosas al almacén de repuestos:

Departamento de Mantenimiento/Cambio

## REQUISICIONES DE CAMBIO

Equipo: SOUDRONIC

Código: Diámetro 55

Descripción: Ventosa

Unidad Responsable: Almacén de repuesto

Fecha Solicitada: 17/09/2010

Responsables: Edgar Sumoza

[Guardar registro]

**Figura 10.** Formulario de registro de las requisiciones de piezas de cambio

- Al guardar el registro se selecciona el botón de abrir reporte, y se filtra en cualquiera de los campos visibles, alguna información referente al pedido realizado. Ver ejemplo de la figura 11:

Requisiciones de Cambio

sábado, 25 de septiembre de 2010  
04:58:22 p.m.

Equipo	Código	Descripción	Unidad Responsable	Fecha Solicitada	Responsables
SOUDRONIC	Diámetro 55	Ventosa	Almacén de repuesto	17/09/2010	Edgar Sumoza

1

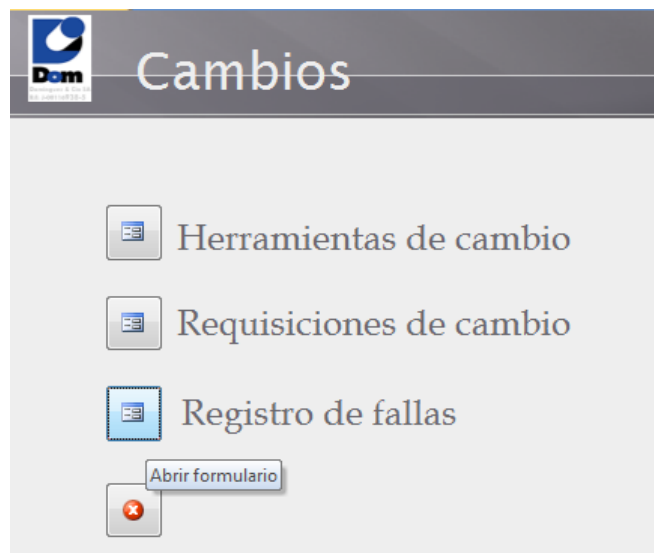
Página 1 de 1

**Figura 11.** Informe del registro levantado para requisición de piezas de cambio

- Conforme al registro ya señalado, se oprime el botón de imprimir informe en la pantalla del formulario, con el fin de ser entregado a la unidad responsable señalada, para dar conocimiento de la necesidad de la pieza para el cambio programado y la fecha para la cual es solicitada.

Dado el formato de control de fallas para el TPM, se contempla los registros de todas aquellas problemáticas que se presentan en el cambio, según los códigos de fallas del departamento, para agregarlas al programa de mantenimiento de la línea, por tanto justifica el hecho de lograr ir eliminando estos retrasos sin importar la índole del problema, por ser revisadas y corregidas al momento de realizar mantenimiento preventivo a la línea en su programación correspondiente. Bajo este diseño, se procede al registro de estas fallas en la base de datos de la siguiente manera:

- Seleccionar el módulo de registro de fallas, en la pantalla de inicio del formulario “cambio”.



**Figura 12.** Modelo de ingreso a pantalla inicial para registro de fallas

- Ingresar toda la información correspondiente a la falla que se presento en el cambio respectivo, donde se administra los datos mediante los campos de consulta equipo, código y descripción, en los cuales se contempla todas las fallas

posibles que se pueden producir en la línea. Ver ejemplos de las figuras 13, 14 y 15:

**Control de Fallas**

Orden: 6554  
 Línea: 7  
 Semana: 2  
 Cambio: 1  
 Fecha: 08/09/2010  
 Equipo: Paletizador

Código:	Paletizador	115	
	Paletizador	114	
Descripción:	Paletizador	113	Parado por hacer Ticks
	Paletizador	112	Fala en la lubricación
	Paletizador	111	Fala Sistema Neumático
	Paletizador	110	Fala Sistema Hidráulico
	Paletizador	109	Fala Eléctrica
	Paletizador	108	Elevador de Paletas
	Paletizador	107	Transportación de Paletas Llenas
	Paletizador	106	Transportación de Paletas Vacía
	Paletizador	105	Alimentador de Paletas vacías
	Paletizador	104	Pisa Cartón
	Paletizador	103	Pines Guías
	Paletizador	102	Barredores de Envases
	Paletizador	101	Malla de Acumulacion

Figura 13. Formulario de registro del campo equipo

**Control de Fallas**

Orden: 108  
 Línea: 107  
 Semana: 106  
 Cambio: 105  
 Fecha: 104  
 Equipo: Paletizador

Código:	113	Parado por hacer Ticks	Paletizador
	112	Fala en la lubricación	Paletizador
	111	Fala Sistema Neumático	Paletizador
	110	Fala Sistema Hidráulico	Paletizador
	109	Fala Eléctrica	Paletizador
	108	Elevador de Paletas	Paletizador
	107	Transportación de Paletas Llena	Paletizador
	106	Transportación de Paletas Vacía	Paletizador
	105	Alimentador de Paletas vacías	Paletizador
	104	Pisa Cartón	Paletizador
	103	Pines Guías	Paletizador
	102	Barredores de Envases	Paletizador
	101	Malla de Acumulacion	Paletizador
	100	Acarreadores	Paletizador

Código: 102  
 Descripción: Barredores de Envases

Figura 14. Formulario de registro del campo código

Orden:	Parado por hacer Tickers	115	Paletizador
Línea:	Falla en la lubricación	114	Paletizador
Semana:	Falla Sistema Neumático	113	Paletizador
Cambio:	Falla Sistema Hidráulico	112	Paletizador
Fecha:	Falla Eléctrica	111	Paletizador
Equipo:	Elevador de Paletas	110	Paletizador
Código:	Transportación de Paletas Llenas	109	Paletizador
Descripción:	Transportación de Paletas Vacías	108	Paletizador
	Alimentador de Paletas vacías	107	Paletizador
	Pisa Cartón	106	Paletizador
	Pines Guías	105	Paletizador
	Barredores de Envases	104	Paletizador
	Mala de Acumulacion	103	Paletizador
	Acarreadores	102	Paletizador
		101	Paletizador
		100	Paletizador

**Figura 15.** Formulario de registro del campo descripción

- Al seleccionar el botón de informe, se puede detallar todos los registros posibles que se hicieron en el mes, contemplando información sustancial para el control de las posibles fallas que se puedan presentar en el futuro. Ver ejemplo de la figura 14:

Departamento de Mantenimiento/Cambio

### Registro de Fallas

Orden	Línea	Semana	Cambio	Fecha	Equipo	Código	Descripción
6513	4	4	3	22/09/2010	Transportación	136	Control de Línea
6554	7	2	1	08/09/2010	Paletizador	102	Barredores de Envases
6503	2	1	1	08/09/2010	Soudronic	20	Cadenas y Trinquetes

**Figura 16.** Reporte del registro de fallas ingresadas

#### 4.4. FASE IV: Evaluación del impacto económico a través de la relación beneficio/costo.

Para efectos de la evaluación económica, se refleja en la tabla 37, la descripción puntualizada en cuanto al tipo de formato al cual estaban contemplados los cambios registrados en los meses de Febrero y Marzo del 2017, definiendo la diferencia de duración teórica menos la real, formalizando la influencia de las horas de demoras, con el fin de visualizar el porcentaje de tiempo que se va a eliminar a través de las propuestas planteadas en el capítulo IV y el impacto económico de estas.

**Tabla 37.** Diferencias de los tiempos de cambios.

<b>Formato</b>	<b>Orden</b>	<b>Horas teóricas del cambio</b>	<b>Horas de duración del cambio</b>	<b>Horas demoras</b>
211x300	6332	6	33,5	27,5
	6506	6	56	50
	6553	6	88	82
300x303,4	6338	6	43,5	37,5
	6513	6	36	30
300x409	6342	6	64,5	58,5
<b>TOTAL</b>				<b>285,5</b>

En torno al efecto de la implementación de las propuestas planteadas, se integra el análisis porcentual de las horas de demora eliminadas (126,5) según la tabla 36, ya que esta propuesta promueve la aplicación de todas las demás con la normalización y disciplina que otorga el cumplimiento a cabalidad de estas, por tanto se establece la relación con respecto al total de las horas que contemplaron las categorías evaluadas (164,5) en la tabla 25. Bajo este criterio se define un porcentaje de 76,9% de horas de demoras a eliminar, como dato exclusivo para el análisis económico.

Como información adicional, se integra en la tabla siguiente, los datos suministrados por el departamento de costos de la empresa:

**Tabla 38.** Datos de los costos del área de ensamble

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Costo de línea parada	Integra todos los costos referidos a servicios, depreciación de los equipos, suministros y mano de obra indirecta de la línea 4	1695 BsF/Hora
Costo de M.O.D.	Integra los costos referidos a la nómina del personal de ensamble	1667 BsF/Horas-Persona

Nota: La línea opera con una cantidad igual a tres trabajadores.

En función de la contemplación del criterio de mantener un inventario de cada formato con la que trabaja la línea 4 para la puesta a punto de los equipos, se levanta un registro de los costos implicados a mantener este inventario en el almacén del taller de cambio según las cantidades suministradas por la tabla 28, los cuales son reflejados en función de los costos en la siguiente tabla:

**Tabla 39.** Costos de la cantidad de inventario por formato necesario (BsF)

<b>FORMATO</b>		<b>CIZALLA</b>	<b>SOUDRONIC</b>	<b>SEPARADORA</b>	<b>PESTAÑADORA</b>	<b>TAPADORA</b>	<b>TOTAL</b>
202	112	0,6	11,4	0	3,35	4,355	119,705
211	113	0,75	14,25	2,025	4,05	5,265	126,34
	201	0,88	16,72	2,4	4,8	6,24	131,04
	300	1,56	29,64	0	8,3	10,79	150,29
	400	1,25	23,75	0	6,9	8,97	140,87
300	303,4	1,31	24,89	0	7,05	9,165	142,415
	409	2,3	43,7	0	12,2	15,86	174,06
<b>TOTAL</b>							<b>984,72</b>

Nota: los datos de los costos de cada material, se obtuvieron bajo las condiciones del departamento de costo por lo cual se manifiestan los totales referidos a estas cantidades.

Conforme a los costos establecidos anteriormente, se realizan las estimaciones implicadas por el total de demoras (285,5 horas) de la siguiente manera:

**COSTO TOTAL DE DEMORA = Total de horas de demora \* (Costo de línea parada + Costo de Mano de obra)**

***COSTO TOTAL DE DEMORA***

$$= 285,5 \text{ Horas} * \left( 1695 \frac{\text{BsF}}{\text{Hora}} + 1667 \frac{\text{BsF}}{\text{Hora} * \text{persona}} * 3 \text{ personas} \right)$$

COSTO TOTAL DE DEMORA = 1.911.708 BsF

Contemplando la diferencia otorgada con el porcentaje de eliminación de las horas de demoras, se obtiene lo siguiente:

COSTO TOTAL = Total de horas de demora \* Porcentaje de eliminación de demoras \* (Costo de línea parada + Costo de Mano de obra) + Costo por inventario de material para puesta a punto

$$\begin{aligned} \text{COSTO TOTAL} &= 285,5 \text{ horas} * (1 - 0,769) \\ &* \left( 1695 \frac{\text{BsF}}{\text{Hora}} + 1667 \frac{\text{BsF}}{\text{Hora} * \text{persona}} * 3 \text{ personas} \right) + 984,72 \text{ BsF} \end{aligned}$$

COSTO TOTAL = 442.585,92 BsF

En referencia a los cálculos realizados, se puede observar la diferencia relevante con respecto a las implicaciones que confina el hecho de eliminar las demoras 1 (falta de material para puesta a punto), 5 (mantenimiento correctivo y ajustes por fallas en la línea) y 3 (falta de herramientas de cambio, equipos y herramientas de trabajo), abasteciendo un resultado porcentual del 76,7% de ahorro, reflejado en la relación de los costos totales de demoras y la del costo total, con respecto al análisis de los cambios registrados. Por tanto se concibe la factibilidad económica de la implementación de las propuestas planteadas en el trabajo.

## CONCLUSIONES

- En las consideraciones de los registros históricos del departamento de mantenimiento y cambio, se conserva la presente observación en la consistencia de cambios en la línea 4, arrojando un porcentaje del 55,56% en la presencia de una gran influencia en los cambios tipo A (diámetro y altura), el cual presenta el mayor desafío por ser el más complicado en cuanto a las modificaciones en los parámetros de ajustes en los equipos en efecto de las nuevas especificaciones del envase, dando lugar al creciente interés de contemplar los estudios en esta línea.
- En los análisis realizados en los informes post cambios de la línea 4 en los meses de Febrero y Marzo del año 2017, se lograron detallar todas las actividades que confinan las demoras y las pertenecientes al cambio como tal, con el objetivo de diagnosticar los percances que se presentaron para fomentar el curso a seguir en torno a las soluciones que se requieran.
- En función de las actividades que conforman las demoras, se establecieron una serie de categorías contempladas en un diagrama causa efecto, mostrando percances por falta de material para puesta a punto, mantenimiento de otras líneas, ocio, ajustes en el equipo por material fuera de norma, mantenimiento correctivo y ajustes por fallas en el equipo, falta de herramientas de cambio, equipo y herramientas de trabajo, limpieza del equipo y asignación de trabajos fuera de cambio. Conforme a esto se desglosaron todas las implicaciones que manifestaban cada categoría con el fin de establecer las causas primordiales que repercute a la existencia de estos en los cambios.
- En referencia al análisis realizado de las categorías de las demoras que ocurren en los cambio, se integraron las horas que manifestaba cada una en la data registrada,

logrando contemplar el impacto que tiene cada categoría en estos, donde se formalizó un análisis de Pareto con la certificación de la frecuencia de veces en que aparecieron cada una de éstas en los cambios registrados, mostrando a las variables: 1 (falta de material para puesta a punto) con un 25%, 5 (mantenimiento correctivo y ajustes por fallas) con un 25%, 2 (mantenimiento de otras líneas) con un 20% y 7 (ocio) con un 10%, formalizando un total del 80% en relación de las más incidentes con respecto al estudio, aportando una idea de cuáles fueron las más significativas, en la ocurrencias de estos.

- Al mismo tiempo se detalló de forma más crítica en función de las horas que marcaban cada una de las categorías, los rendimientos que éstas tenían en el segundo gráfico de Pareto, con el fin de comparar la prioridad de incidencia de estas en los cambios, mostrando un comportamiento más significativo para los resultados requeridos en el análisis de las variables: 1 (falta de material para puesta a punto) con un 48,4% y 5 (mantenimiento correctivo y ajustes por fallas) con un 26,5%, totalizando casi en un 80%, permitiendo presentar el curso al que se dirigieron las propuestas en función de estas, sin dejar exentas de un análisis a aquellas que marcaron un margen importante en el gráfico, identificando el alcance de las propuestas con respecto al estudio.
- En torno a las categorías enfocadas a la realización de propuestas, se definieron las aplicaciones bajo las cuales se contiene la utilización de herramientas de manufactura esbelta (justo a tiempo, kanban, TPM y SMED), integrando una organización en efecto de la ejecución de los cambios, con el fin de obtener todo lo necesario al momento de efectuar estas actividades, realizando los chequeos de disponibilidad de piezas, las requisiciones de herramientas necesarias y los mantenimientos de las piezas y equipos, buscando mantener una disciplina basada en la estructura que confiere la aplicación de estas.

- Continuamente, se estableció la normalización de estas actividades de cambio en función de un manual de procedimiento mecánico, donde se establecen cada uno de los ajustes que realizan por equipo, definiendo las divisiones de estas entorno a la aplicación de SMED, con el fin de integrar la mayor organización posible en la ejecución de los cambios por parte del mecánico, evitando incurrir en fallas y demoras por ajustes de estas. También concentra la utilización de los elementos basados en las herramientas seleccionadas como parte de la realización de estas, monitoreando su implementación en la ejecución de los cambios.
- En torno a las propuestas planteadas, se hizo mención de un prototipo referido a una base de datos en Access, ilustrando detalles bajo el cual se puede basar el desarrollo de las propuestas anteriores, con el fin de hacer mención a un posible manejo de información de mejor accesibilidad en una sola estructura, además se presenta la idea de un mejoramiento con respecto a este planteamiento en algún futuro.
- En la realización de la evaluación del impacto económico, se figuró el hecho de la factibilidad del proyecto debido a que se están reduciendo en un 76,7% los costos por las demoras que se pretenden eliminar con la implementación de las propuesta planteadas, y a pesar de agregar costos de inventario de material en proceso, contribuye a un beneficio importante para el logro del porcentaje anterior.

## **RECOMENDACIONES**

- Integrar todo un sistema de información en SAP, basado en las listas de chequeo de piezas para el cambio, con el fin de mantener un control del movimiento de estas, verificando la disponibilidad que tienen al momento de un cambio.
- Diseñar un almacén exclusivo para las herramientas de cambio, donde se realice una distribución completa de cada una de estas mediante una codificación, según el lugar donde estén situadas, con el fin de poder ubicarlas al momento de ser solicitadas. En torno a esto, desarrollar un sistema de información en SAP, de la distribución de las herramientas codificadas, logrando dar conocimiento de sus salidas y entradas al almacén, influyendo en la necesidad de realizar nuevas solicitudes al almacén de repuestos de la empresa en el caso de piezas dañadas o por no presentar reemplazos para los equipos de las otras líneas. Debe existir una persona encargada exclusivamente al mantenimiento y funcionamiento del almacén para integrar un control completo de este.
- Disciplinar a los mecánicos para lograr normalizar toda la organización completa de las etapas pre cambio, cambio y post cambio, en función de la utilización del manual, con el fin de justificar una ejecución completa y registrada en los márgenes de tiempo aceptable para los cambios.
- Mantener una consistencia de las evaluaciones de los cambios, en utilización de los informes para seguir diagnosticando las eventualidades presentes en la ejecución de estos, con el fin de lograr detallar problemas que se presenten y

buscar soluciones para verificar la eficiencia en función del cumplimiento de las horas establecidas para realizarlos.

- Desarrollar una disciplina sobre el control de inventario para los procesos de puesta a punto, contemplando en los accesos del almacén, una sección referida a todo este material, bajo una descripción que defina las especificaciones de utilidad de estos. Además, se debe llevar un registro de salida y entrada del inventario para poder abastecer un control, asegurando siempre su disponibilidad.
- Desarrollar un sistema de información centrada en el control de las fallas que se presentan en las líneas, con el fin de integrar en las planificaciones de mantenimiento de estas, todos aquellos problemas que se registraron, evitando el surgimiento de estas. Además se debe diseñar una planificación continua de los mantenimientos de las líneas para ser consistentes en la prevención de fallas con la finalidad de que no ocurran en el cambio o inclusive en las horas de producción.
- Contemplar un control completo de inventario de productos en proceso en cada etapa de la línea para cada formato, con el fin de lograr realizar la puesta a punto de los equipos sin esperar que finalice el ajuste de cada uno para empezar a producir envases, retrasando los cambios.
- Desarrollar un estudio, basado en los registros de los tiempos efectivos en los informes post cambio, construyendo mediante un análisis estadístico de las horas teóricas, para justificar si estos tiempos otorgan un nivel de confianza aceptable para el desarrollo completo de las actividades de un cambio de un equipo.

- Establecer un reglamento normalizado de seguridad para la realización de los cambios en los equipos de la línea 4, por parte de los departamentos de mantenimiento/cambio y ensamble, con el fin de anexarlos al manual, avalándolas por el personal de seguridad de la empresa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guerrero A., Xionymar B. (2017). **Mejoras en el proceso de preparación de la línea de producción del área de envasado de una planta de aceite.** Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo. Bárbula.
- Goldsby, Thomas y Martichenko, Robert. (2005). **Lean six sigma logistics.**J. Ross publishing. Florida – USA.
- León, Daniela y Saporiti, Gabriella. (2007). **Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing a una estación de trabajo de una planta de pinturas. Caso: DuPont Performance Coatings de Venezuela.** Trabajo de grado no publicado. Universidad de Carabobo. Bárbula.
- Rother Mike y Shook, Jones. (1999). **Learning to see. Value Stream Mapping to create value and eliminate MUDA.** USA.
- Tapping, D., Luyster, T., & Shuker, T. (2002). **Value stream management: Eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements.** New York, NY: Productivity Press.

### Electrónicas

- Abdullah, Fawaz (2016). **Lean Manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel.** Trabajo de grado no publicado. Universidad de Pittsburg, USA. Consultado el 5 de julio de 2010 en:  
<http://etd.library.pitt.edu/ETD/available/etd-05282003-114851/unrestricted/Abdullah.pdf>
- Aguirre C., Arturo Guillermo. (2004). **Aplicación y uso del sistema Kanban para lograr la eficiencia operativa de una empresa.** Universidad Estatal de Guayaquil. Ecuador. Consultado el 20 de agosto de 2010 en:  
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/kanbanuch.htm>
- Cuatrecasas, Luis. (2005). **Gestión integral de la calidad: implantación, control y certificación.** España. Consultado el 8 de agosto de 2010 en:  
[http://books.google.co.ve/books?id=lesMDfTMTvkC&pg=PA322&dq=poka+yoke&hl=es&ei=kNufTOLuGcT38AbQ7PA4&sa=X&oi=book\\_result&ct=bo](http://books.google.co.ve/books?id=lesMDfTMTvkC&pg=PA322&dq=poka+yoke&hl=es&ei=kNufTOLuGcT38AbQ7PA4&sa=X&oi=book_result&ct=bo)

Espinoza, José. Implementando la manufactura esbelta. Data-Driven. **Mejoras en calidad y manufactura. Consultoría y Capacitación.** México. Consultado el 10 de mayo de 2010 en:

<http://www.data-driven.com.mx/documentos/EL%20PROCESO%20DE%20IMPLEMENTAR%20MANUFACTURA%20ESBELTA.pdf>

Just in time production. (2007). Lecture Notes. Consultado el 5 de julio de 2010 en:

<http://personal.ashland.edu/~rjacobs/m503jit.html>

León L., Mauricio. (2016). **Mantenimiento Productivo Total. Un paso más hacia la excelencia empresarial.** Consultado el 25 de septiembre de 2010 en:

[http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/tpmmantenimientoproductivototal/default.asp](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/tpmmantenimientoproductivototal/default.asp)

Maldonado C., Dulce M. y Maldonado C., Jorge. (2017). **Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en la empresa de textiles.** Trabajo de grado no publicado. Universidad de las América Puebla, México. Consultado el 11 de mayo de 2010 en:

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lii/maldonado\\_c\\_dm/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/maldonado_c_dm/)

Ortega, Fabián. (2007). **Lean Manufacturing y Mayor Productividad en la Industria.** Consultado el 10 de mayo de 2010 en:

[http://www.revista-mm.com/rev61/adminis\\_manufactura.pdf](http://www.revista-mm.com/rev61/adminis_manufactura.pdf)

Pineda, Guadalupe. (2008). **Manufactura Esbelta.** Consultado el 10 de agosto de 2010 en:

<http://www.slideshare.net/jcfdezmx2/manufactura-esbelta-presentation>

Padilla, Lillian. (2010). **Manufactura Esbelta.** Revista electrónica Ingeniería Primero. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Consultado el 5 de julio de 2010 en:

[http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_15\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_15_MEC01.pdf)

Prabowo, Noeradji. **5S: Workplace organization and standardization. PQM** Consultants. E-mail: [np@pqm-iris.co.id](mailto:np@pqm-iris.co.id). Consultado el 5 de julio de 2010 en:

<http://www.plant-maintenance.com/articles/5S.pdf>

- Tinoco, Juan. (2004). **Implementation of Lean Manufacturing**. Universidad de Wisconsin-Stout. USA. Consultado el 4 de julio de 2010 en:  
<http://www.uwstout.edu/static/lib/thesis/2004/2004tinocoj.pdf>
- Wilson, Lonnie. (2010). **How to implement Lean Manufacturing**. USA. Consultado el 4 de julio de 2010 en:  
[http://books.google.co.ve/books?id=gJFJ1A7aR-8C&printsec=frontcover&dq=lean+manufacturing&hl=es&ei=ATwyTOaPF4O88gaiqu3ICw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=5&ved=0CD8Q6AEwBDgK#v=onepage&q&f=false](http://books.google.co.ve/books?id=gJFJ1A7aR-8C&printsec=frontcover&dq=lean+manufacturing&hl=es&ei=ATwyTOaPF4O88gaiqu3ICw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=5&ved=0CD8Q6AEwBDgK#v=onepage&q&f=false)
- Zorrilla A., Santiago. (1993). **Introducción a la metodología de la investigación: casos aplicados a la administración**. México. Consultado el 20 de septiembre de 2010 en:  
<http://books.google.co.ve/books?id=yOHZcAAACAAJ&dq=Introducci%C3%B3n+a+la+metodolog%C3%ADa+de+la+investigaci%C3%B3n&cd=5>