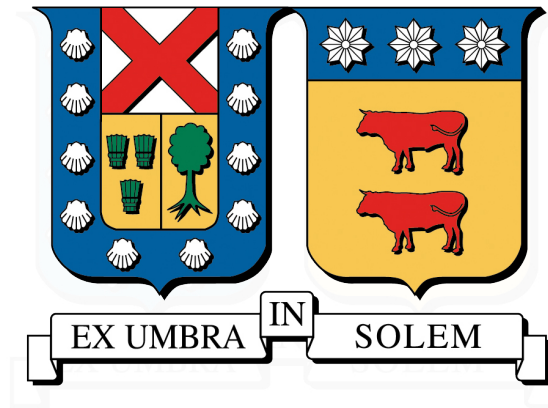


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS  
SANTIAGO - CHILE



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC  
AL PROCESO DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES.  
CASO APLICADO EMPRESA GOODYEAR CHILE**

**IVÁN CAMILO ROA ARAVENA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA : SRA. MÓNICA LÓPEZ.  
PROFESOR CORREFERENTE : SR. JOSÉ MIGUEL GONZÁLEZ.

SEPTIEMBRE 2016

## **Agradecimientos**

Primero que todo quiero agradecer a Dios por haberme dado a mis maravillosos padres, quienes desde siempre me educaron, me enseñaron, me retaron y castigaron cuando debían, también me dieron infinito cariño y amor, pero por sobre todo me hicieron creer que podía lograr cualquier cosa que me propusiese en la vida.

A mi polola, la mujer más maravillosa que pude haber encontrado, quien nunca dudó de mí ni siquiera cuando yo mismo lo hice. Agradezco su infinita paciencia y comprensión cada vez que me perdí de algo importante por estar estudiando. Como también su inmenso amor, sus consejos y su sentido del humor que era capaz de sacarme una sonrisa cuando más lo necesitaba.

Junto a ellos quiero agradecer a mis familiares quienes siempre confiaron en mí, mi Mami quien orgullosa trataba de memorizar el nombre de la carrera para poder contarle a las vecinas, mi abuelita Olga quien siempre tuvo una taza de té servida y no podía irme sin tomármela. De igual forma a mis tíos, mis primos, mis padrinos y todos quienes de una u otra forma me motivaron a seguir esforzándome para lograr mis objetivos.

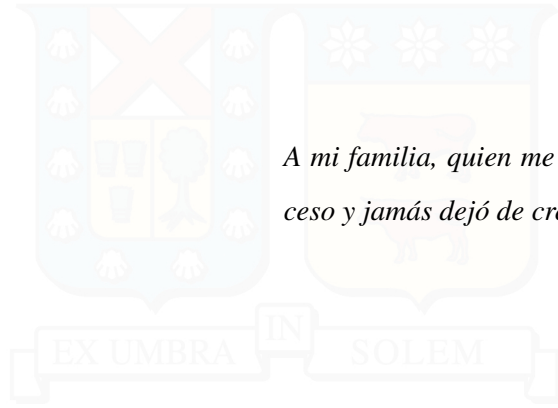
Quiero agradecer a mis compañeros y amigos de universidad, a Carlos, Nico, Iván y Maxi, quienes lograron que este período fuese más ameno, entretenido y lleno de risa. También por siempre tener las disposición de ayudar cuando se podía.

Agradezco el haber podido realizar mi práctica profesional en LATAM Airlines, donde conocí un grupo de gigantes: Carlos Pinela, Fabrizio Bartholin y Andrés Cathalifaud, quienes aparte de hacerme parte de un equipo de trabajo me enseñaron e inspiraron a buscar la excelencia en lo que sea que hagas, como profesional, como persona, como amigo. A ellos infinitas gracias!

Le doy gracias a Francisco Barrera, amigo de toda la vida, por hacer de la enseñanza media un buen recuerdo, por tener la paciencia de enseñarme inglés para las pruebas de la Jeanette, por explicarme las guías de biología para la PSU y por infinitas cosas más.

A todos quienes se me quedan en el tintero, quienes de una u otra forma me hayan inspirado en esforzarme cada día para lograr mis metas.

Por último agradezco los momentos difíciles de la vida, ya que de ellos se sacan las fuerzas, las lecciones y los aprendizajes importantes.



*A mi familia, quien me apoyó en este largo proceso y jamás dejó de creer en mí.*

---

## Resumen Ejecutivo

La presente memoria tiene por objetivo disminuir las pérdidas producidas por concepto de desperdicio de material en una fábrica de neumáticos empleando para ello la metodología DMAIC.

Se comienza con el desarrollo del marco teórico como fundamento de la metodología. Posterior a ello se describe el proceso productivo en la fabricación de neumáticos. A continuación se desarrollan las etapas de definir, medir, analizar, mejorar y controlar del proceso en estudio.

En la etapa definir se identifica el problema en el proceso de requerimiento de materiales, el cual recae en que se produce más material del requerido realmente y debido al vencimiento de los materiales, estos deben ser eliminados. Junto con ello se identificaron los factores críticos de este problema con el propósito de enfocar los recursos de manera más eficiente.

En la etapa medir se describe el método empleado en la toma de datos, se selecciona el tipo de análisis a realizar y se utilizan gráficas de control para interpretar los datos obtenidos. También se construyen gráficas de Pareto con el fin de identificar posibles causas que expliquen el origen del problema.

Continuando con la etapa analizar, se trabaja en conjunto con todos los integrantes que conforman este proyecto más múltiples colaboradores de planta que pueden aportar con una visión interna y experimentada. Se construye un diagrama de Ishikawa que permite identificar diversos factores que contribuyen a la problemática en cuestión.

En la etapa mejorar se realizan varias propuestas de mejora para cada una de las problemáticas detectadas en la fase anterior. Junto con ello se jerarquizan de manera de optimizar los recursos, dándole prioridad a las mejoras que tengan un mayor impacto utilizando un menor esfuerzo. También se designó para cada mejora un responsable y plazos específicos para implementar las iniciativas.

En la etapa controlar se propone el uso de gráficas de control y la utilización de una planilla de seguimiento, la que permite detectar y mantener información actualizada de operadores que produzcan exceso de material.

Finalmente se realiza una evaluación de impacto económico y operacional sobre las propuestas realizadas, las cuales se proyectan para el año 2017 en tres escenarios posibles: optimista, neutro y pesimista, obteniendo como resultado la viabilidad del proyecto en todos los casos, sin embargo se pretenden alcanzar los resultados obtenidos en un escenario mixto entre optimista y neutro.

---

## Abstract

The objective of this statement is to try demonstrate how is possible to reduce loss of material in a tire factory. For this project, it was used DMAIC methodology.

First, the theoretical framework is implemented as a foundation of methodology. After this, the production process described in the manufacture of tires. Then, the stage are carry out: define, measure,analyze,improve and control.

In step define, the problem is identified in the process material requirements, which is request more material than is really needed. For that reason, the materials are due and must be eliminated. Along with this the critical factors of this problem in order to focus resources more efficiently identified.

In step measuring method used is described in data collection , the type of analysis to be performed is selected and control charts are used to interpret the data. They are also built with Pareto charts to identify possible causes to explain the origin of the problem.

Continuing the analysis stage , working together with all members that make this project more multiple partners plant that can provide an internal vision and experienced. Ishikawa diagram that identifies various factors that contribute to the problem in question is constructed.

In step improve various improvement proposals are made for each of the problems detected in the previous phase. Along with this are prioritized in order to optimize resources , giving priority to the improvements that have greater impact using less effort. He also appointed for each improvement responsible and specific deadlines to implement the initiatives .

In step control the use of control charts and the use of a tracking form is proposed , which can detect and update of information operators that produce excess material.

Finally an assessment of economic and operational impact on the proposals , which are projected for 2017 in three scenarios is performed: optimistic , neutral and pessimistic , resulting in the project's viability in all cases , however are intended achieve the results in a mixed scenario between optimistic and neutral.

# Índice de Contenidos

<b>1. PROBLEMÁTICA</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivo general . . . . .	3
2.2. Objetivos específicos . . . . .	3
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
3.1. Planeación de Requerimiento de Materiales . . . . .	4
3.1.1. Programa Maestro de Producción (MPS) . . . . .	4
3.1.2. Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) . . . . .	5
3.2. Optimización del Sistema de Producción . . . . .	5
3.2.1. Just in Time (JIT) . . . . .	5
3.2.2. Sistema Kanban . . . . .	7
3.3. Inventarios . . . . .	8
3.3.1. Definición de Inventario . . . . .	8
3.3.2. Necesidad de los Inventarios . . . . .	9
3.3.3. Tipos de Inventario . . . . .	9
3.3.4. Tamaño de Lote . . . . .	10
3.3.5. Modelos de Tamaño de Lote . . . . .	12
3.4. Metodología Seis Sigma . . . . .	16
3.4.1. La Dimensión Táctica de Seis Sigma: DMAIC . . . . .	17
3.5. Herramientas Estadísticas y de Calidad . . . . .	21
3.5.1. Diagrama SIPOC . . . . .	21
3.5.2. Análisis de Pareto . . . . .	23
3.5.3. Diagrama de Flujo . . . . .	23
3.5.4. Diagrama de Causa-Efecto . . . . .	24
3.5.5. Cartas de Control . . . . .	25
<b>4. DESARROLLO</b>	<b>27</b>
4.1. Proceso Productivo Goodyear Chile . . . . .	27
4.1.1. Recepción y Almacenaje de Materias Primas . . . . .	27
4.1.2. Elaboración de Compuestos de Caucho . . . . .	28
4.1.3. Extrusión de Compuestos de Caucho . . . . .	28
4.1.4. Calandrado de Telas . . . . .	28
4.1.5. Construcción de Pestañas y Apexer . . . . .	29
4.1.6. Conformadora de Breaker . . . . .	29
4.1.7. Construcción de Neumático en Verde . . . . .	30

4.1.8. Vulcanización de Neumático en Verde . . . . .	31
4.1.9. Zona de Terminaciones e Inspección Final . . . . .	31
4.1.10. Flujo Resumen del Proceso . . . . .	31
4.2. Situación Actual de la Empresa . . . . .	32
4.3. Aplicación de la Metodología DMAIC . . . . .	33
4.3.1. Definir . . . . .	35
4.3.2. Medir . . . . .	42
4.3.3. Analizar . . . . .	48
4.3.4. Mejorar . . . . .	54
4.3.5. Controlar . . . . .	65
4.4. Evaluación e Impacto Económico y Operacional . . . . .	65
4.4.1. Ingresos/Ahorros . . . . .	65
4.4.2. Gastos . . . . .	68
4.4.3. Flujo de Caja . . . . .	68
4.4.4. Indicadores Rentabilidad de Propuesta . . . . .	70
4.4.5. Indicadores Operacionales . . . . .	71
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>74</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>77</b>
<b>A. Anexos</b>	<b>79</b>
A.1. Anexo 1 . . . . .	79
A.2. Anexo 2 . . . . .	84
A.3. Anexo 3 . . . . .	96
A.4. Anexo 4 . . . . .	97
A.5. Anexo 5 . . . . .	98
A.6. Anexo 6 . . . . .	99
A.7. Anexo 7 . . . . .	100

# Índice de Figuras

3.1. Comportamiento teórico de inventario según modelo EOQ. . . . .	13
3.2. Comportamiento teórico de inventario según modelo EPQ. . . . .	15
3.3. Esquema resumen metodología DMAIC. . . . .	21
3.4. Ejemplo de Diagrama de SIPOC. . . . .	22
3.5. Diagrama de Pareto. . . . .	23
3.6. Diagrama de flujo. . . . .	24
3.7. Diagrama de Causa-Efecto. . . . .	25
3.8. Carta de control. . . . .	26
4.1. Proceso de calandrado de telas. . . . .	29
4.2. Proceso de conformado de breaker. . . . .	30
4.3. Máquinas constructoras HF. . . . .	30
4.4. Prensas hidráulicas para vulcanización. . . . .	31
4.5. Flujo del proceso de elaboración de neumáticos. . . . .	32
4.6. Cassettes de material en zonas no permitidas. . . . .	33
4.7. Diagrama de Ishikawa de problema de Cambios de Moldes. . . . .	34
4.8. Pérdida de material por división año 2015. . . . .	36
4.9. Pérdida de material por tipo de falla año 2015. . . . .	36
4.10. Pérdidas por tipo de material año 2015. . . . .	38
4.11. Diagrama de SIPOC del proceso. . . . .	39
4.12. Componentes de un neumático. . . . .	41
4.13. Diagrama de flujo del proceso de aceptación de un término de cuota. . . . .	43
4.14. Pérdidas semanales de tela registradas durante 12 semana en área de preparatoria. . . . .	46
4.15. Pérdidas semanales de acero registradas durante 12 semana en área de preparatoria. . . . .	46
4.16. Pareto de causas probables en remanente de materiales. . . . .	47
4.17. Diagrama de Ishikawa de problema de Sobrante de Material. . . . .	49
4.18. Matriz de priorización de mejoras para la disminución en la pérdida de materiales. . . . .	56
4.19. Comparativa de situación correcta/incorrecta en almacenamiento de cassettes. . . . .	58
4.20. Sistema inhibidor propuesto para evitar pérdidas de material, caso Tela. . . . .	59
4.21. Sistema inhibidor propuesto para evitar pérdidas de material, caso Breaker. . . . .	59
4.22. Disposición emitida por el departamento de Desarrollo. . . . .	60
4.23. Programación de capacitación de operadores. . . . .	61
4.24. Nueva metodología de “Rellenado de Pocos”. . . . .	62
4.25. Pérdidas semanales de tela registradas durante 12 semanas posterior a la implementación de mejoras. . . . .	64
4.26. Pérdidas semanales de acero registradas durante 12 semanas posterior a la implementación de mejoras. . . . .	64

A.1. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 1. . . . . 84

A.2. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 2. . . . . 85

A.3. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 3. . . . . 86

A.4. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 4. . . . . 87

A.5. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 5. . . . . 88

A.6. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 6. . . . . 89

A.7. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 7. . . . . 90

A.8. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 8. . . . . 91

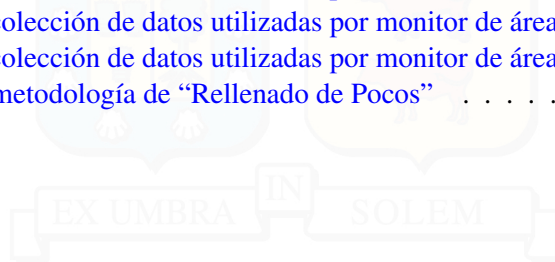
A.9. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 9. . . . . 92

A.10. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 10. . . . . 93

A.11. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 11. . . . . 94

A.12. Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 12. . . . . 95

A.13. Instructivo de metodología de “Rellenado de Pocos” . . . . . 98



# Índice de Tablas

4.1. Project Charter pérdida de materiales en área de Preparatoria. . . . .	42
4.2. Ficha utilizada por monitor para la toma de datos. . . . .	45
4.3. Puntuación asignada para la matriz de priorización de mejoras. . . . .	54
4.4. Puntajes obtenidos para priorización de mejoras en sobrante de materiales. . . . .	55
4.5. Planilla Excel con KPI's para monitoreo de operadores. . . . .	57
4.6. Índice de producción de productos de caucho. . . . .	66
4.7. Costos de producción y pérdidas por materiales proyectadas a 2017. . . . .	66
4.8. Ahorro esperado con la implementación de las mejoras propuestas. . . . .	67
4.9. Flujo de caja con implementación de propuesta, escenario optimista. . . . .	69
4.10. Flujo de caja con implementación de propuesta, escenario neutro. . . . .	69
4.11. Flujo de caja con implementación de propuesta, escenario pesimista. . . . .	70
4.12. Comparativa PPM proyectado a 2017 sin propuesta y con propuesta, escenario optimista. . . . .	71
4.13. Comparativa PPM proyectado a 2017 sin propuesta y con propuesta, escenario neutro. . . . .	72
4.14. Comparativa PPM proyectado a 2017 sin propuesta y con propuesta, escenario pesimista. . . . .	72
A.1. Matriz de priorización de mejoras. . . . .	96
A.2. Tabla de responsables para cada mejora. . . . .	97
A.3. Resultados de medición posterior a implementación de mejoras. . . . .	99
A.4. Índice histórico de ventas y producción para la industria del caucho. . . . .	100

# 1 | PROBLEMÁTICA

En la industria manufacturera es habitual encontrar metas de producción, tanto en el producto final como también en los distintos productos intermedios. Este enfoque puede acarrear consigo diversas pérdidas, las cuales no siempre serán visibles a primera vista. Goodyear Chile, empresa dedicada a la fabricación de neumáticos, no está exenta de esta problemática. Si bien la empresa ha logrado mejoras en pérdidas por desconformidades, uno de los problemas que persiste son las pérdidas ocasionadas por la inequidad de materiales necesarios para la construcción del neumático.

El proceso de fabricación de un neumático consta de tres partes fundamentales; la transformación de materias primas (llamado compuesto) en las distintas partes que componen un neumático (materiales), la construcción del neumático “en verde”, es decir, la unión de los materiales obtenidos anteriormente para formar un neumático, y finalmente la vulcanización del neumático en verde para convertirse en un neumático terminado listo para ser vendido al mercado. Es en la primera parte del proceso donde hoy en día se centra la problemática de la planta, el exceso o la falta de un cierto material provoca un desajuste total en el proceso, lo que impide que se pueda seguir normalmente con la etapa de construcción del neumático. Los materiales que quedan sin utilizar no siempre pueden ser vueltos a ocupar en otro proceso, puesto que cada uno tiene una vigencia límite o fecha de vencimiento.

Este fenómeno trae asociado grandes pérdidas para la compañía, ya que solo durante el año 2015 el desperdicio del acero y tela por mala coordinación entre todos los materiales ha sido de 123.500 [Kg] (Goodyear, 2015a), lo que equivale a pérdidas por US\$290.000 (Goodyear, 2015b). Esto solo por nombrar uno de los materiales más costosos en la construcción de un neumático, sin embargo como se explica anteriormente este fenómeno se replica para todos los materiales involucrados en el proceso.

El enfoque de esta investigación se centra en un fenómeno particular, el cual es la pérdida de material al momento de un cambio de código de neumático (o término de cuota). Se explica

este fenómeno con un ejemplo. Cuando la planta produce un tipo de neumático y este termina su producción en un mes más, no existe un gran control sobre la producción de los materiales, debido a que estos se ocupan a medida que se vayan produciendo. Sin embargo, cuando un tipo de neumático termina su producción en una fecha cercana, por ejemplo en tres días más, es cuando la producción de cada material debe estar extremadamente coordinada para que no existan desajustes en ninguno de ellos.

Es aquí donde se aplicará una de las herramientas de calidad que ha tenido gran impacto en la empresa a medida que se han ido presentando este tipo de problemáticas, la metodología Seis Sigma (DMAIC), con el fin de encontrar los defectos que están provocando la pérdida de material y una vez definidos, eliminarlos de raíz o en su defecto, reducirlos a su mínima expresión.

## 2 | OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Reducir las pérdidas de material por término de cuota, estimando el potencial ahorro debido a una disminución en los costos asociados, mediante la aplicación de la metodología Seis Sigma (DMAIC).

### 2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el proceso de requerimiento de materiales actual.
- Profundizar en la metodología DMAIC.
- Definir las herramientas de calidad que permitan realizar una mejora en los procesos productivos de la planta.
- Definir las causas del exceso de producción de material que no alcanza a ser utilizado, mediante la recopilación de datos.
- Plantear un plan de mejora al proceso.
- Estimar el impacto monetario de la propuesta, el potencial ahorro generado en base a la disminución de los costos.

## 3 | MARCO TEÓRICO

Antes de describir la herramienta principal que se ocupará en esta memoria para abordar la problemática en cuestión, es preciso definir algunos conceptos claves sobre los cuales se basa toda la información recopilada. Es por ello que se da inicio al marco teórico con una breve descripción de elementos operacionales que estarán presente a lo largo de toda la recolección de datos y posteriormente en las soluciones propuestas.

Goodyear Chile es una planta productiva que planifica su producción netamente en base a las necesidades de Goodyear USA. Es por ello que como planta en Chile no necesita realizar una estimación de demanda de mercado para producir sus productos, ya que solo se remite a fabricar lo que la compañía a nivel internacional le solicita. Sin embargo, la planta tiene a su vez productos intermedios, los cuales deben responder a las necesidades de los clientes intermedios internos. Este es el caso del proceso de requerimiento de materiales, el cual debe ser planificado mediante la gestión operativa que se describe a continuación.

### 3.1. Planeación de Requerimiento de Materiales

#### 3.1.1. Programa Maestro de Producción (MPS)

Una vez que la empresa tiene la cantidad fijada de producto final a producir, es momento de definir el plan maestro de producción (MPS), este se genera a partir del plan agregado, desagregando las partes o piezas vitales. En general, el MPS se preocupa de generar el producto o la pieza final, por lo que se alimenta fuertemente de la planeación de requerimiento de materiales (MRP). Si el MRP falla, puede causar ensambles y componentes parciales (Chase et al., 2009). Con esto se establece el volumen y el momento indicado para producir cada componente; se deben responder las preguntas de qué, cuánto y cuándo producir.

Un buen diseño de MPS es aquel que contempla diversas dimensiones, cumplir con los compro-

misos hechos con los clientes, utilizar eficazmente la capacidad de la planta, seguir los lineamientos estratégicos de la empresa y también resolver la relación entre fabricación y marketing (Vollmann et al., 2005).

El horizonte de tiempo del MPS es variable, y depende en gran medida del tipo de producto, los volúmenes de producción de la empresa y el tiempo de entrega del producto (Marambio, 2012b).

### 3.1.2. Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP)

La planificación de requerimiento de materiales tiene gran beneficio en las industrias donde se producen grandes lotes de un producto con un mismo equipo de producción. La MRP se aprovecha en mayor medida en aquellas empresas que dedican un alto grado de recursos en ensamblar y menos en fabricar (Chase et al., 2009).

Un sistema MRP transforma el MPS en requerimientos individuales de materiales necesarios para llevar a cabo la fabricación del producto. Este proceso se conoce como “explosión de MRP”.

Según Krajewski et al. (2008), para un óptimo desempeño de la MRP se requiere de: una base de datos con la lista de materiales, programa maestro de producción (MPS), y una base de datos con el registro de inventarios.

## 3.2. Optimización del Sistema de Producción

Una vez definido el plan de producción, es necesario poseer una forma eficiente de llevarlo a cabo, es decir, es momento de saber cómo hacerlo. En este punto es importante definir la filosofía “Just in Time”, la cual en conjunto con la herramienta “Kanban”, ayudarán a comprender cómo Goodyear Chile planifica la producción de todos los materiales necesarios para crear el producto final.

### 3.2.1. Just in Time (JIT)

Just in time es un método de dirección industrial japonés, el cual fue desarrollado en 1970. Es adoptado primeramente por la compañía Toyota bajo la supervisión de Taiichi Ohno. Debido al éxito de su dirección, Taiichi Ohno es considerado el padre del JIT (Hernández, 1993).

El objetivo del JIT es eliminar las fuentes de pérdida industrial, consiguiendo la cantidad correcta de materiales y produciendo la cantidad correcta de productos en el lugar y momento indicado (Béranger, 1998).

Como se explica en [Domínguez et al. \(1995\)](#), el método JIT tiene 4 objetivos principales:

### **Poner en evidencia los problemas fundamentales del proceso**

Para describir este objetivo de la filosofía JIT, los japoneses utilizan la analogía del “río de las existencias”.

El nivel del río representa las existencias, mientras que las operaciones de la empresa se representan como un barco. Cuando la empresa intenta bajar el nivel del río, es decir reducir el nivel de las existencias, descubre rocas, o sea, problemas.

### **Eliminar despilfarros**

Implica eliminar todas las actividades que no añaden valor al producto, con lo que se reducen costos, se mejora la calidad y se reducen los plazos de fabricación.

En este caso, el enfoque JIT consiste en:

- Hacerlo bien a la primera.
- El operador asume la responsabilidad de controlar, es decir, trabaja en autocontrol.
- Garantizar el proceso mediante control estadístico.
- Analizar y prevenir los riesgos potenciales que hay en el proceso.
- Reducir stocks al máximo.

### **Buscar simplicidad**

La filosofía JIT pone mucho énfasis en la búsqueda de la simplicidad, se basa en el hecho de que es muy probable que los enfoques simples conlleven a una gestión más eficaz. Este enfoque implica la cobertura de dos zonas:

- Flujo de material: consiste en eliminar las rutas complejas y buscar líneas de flujo más directas, en lo posible unidireccionales.
- Control de las líneas de flujo: controlar las líneas directas de flujo con un sistema tipo Kanban, el cual se describirá posteriormente.

### Diseñar sistemas para identificar problemas

Con un sistema de arrastre tipo Kanban se visualizan de mejor forma los problemas, también es de utilidad el control estadístico, el cual ayuda a identificar la fuente del problemas.

En la filosofía JIT, cualquier sistema que saque a flote los problemas es beneficioso, mientras que cualquiera que los encubra es perjudicial.

De esta manera, es pertinente describir el sistema Kanban. Sistema que es utilizado en Good-year Chile y sobre el cual se trabajará más adelante en conjunto con herramientas de calidad para detectar posibles errores.

#### 3.2.2. Sistema Kanban

Un sistema Kanban es un sistema de producción altamente efectivo y eficiente. Es una herramienta que sirve para conseguir la producción JIT (Daimon et al., 2005).

El término Kanban nace en Japón y significa “tarjeta” o “registro visible”, se refiere a las tarjetas que se utilizan para llevar registro y controlar el flujo de la producción de la planta. En un sistema Kanban básico, se colocan tarjetas en cada contenedor de materiales producidos. Cuando el usuario vacía estos contenedores, se lleva el contenedor al área de almacenamiento, se retira la tarjeta del contenedor y se coloca en un depósito de recepción. Con la presencia de la tarjeta en el depósito se indica que es necesario producir más de este material, y una vez vuelto a llenar el contenedor, se vuelve a colocar la tarjeta en el mismo (Krajewski et al., 2008).

El propósito de un sistema Kanban es mantener un flujo de materiales ordenado y eficiente a través de todo el proceso de manufactura. Por otro lado, también busca hacer más flexible el proceso de producción de una empresa manufacturera, de manera de entregar los productos cuando son requeridos y con la cantidad requerida, para lograr así ventajas competitivas (Daimon et al., 2005).

En particular, las funciones de un sistemas Kanban según Daimon et al. (2005) son dos:

#### Control de la producción

El control de la producción es de utilidad para unir diferentes procesos desarrollar un sistema JIT, de forma tal que los materiales requeridos lleguen en el momentos justo y en la cantidad indicada s través de la fábrica.

### Mejora de procesos

La función de mejora de los procesos sirve para facilitar la mejora de todas las actividades de la planta, mediante el uso del sistema Kanban. Con un énfasis en la reducción de los niveles de inventario a través de la reducción del número de tarjetas Kanban, todas las actividades de mejora serán realizadas.

Las ventajas del uso de un sistema Kanban según [Daimon et al. \(2005\)](#) son múltiples. Se enumeran las más destacadas según :

1. Disminuye la sobreproducción.
2. Disminuye los materiales en proceso.
3. Disminuye toda clase de desperdicios.
4. Aumenta la flexibilidad de la producción.
5. Entrega de información precisa y rápida.

## 3.3. Inventarios

En la industria manufacturera, es esencial tener un sistema de inventarios bien definido. Este sistema permite dotar a la empresa de cierta flexibilidad a la hora de satisfacer la demanda de los consumidores. En esta sección se expondrá la teoría detrás de la definición de un sistema de inventarios.

### 3.3.1. Definición de Inventario

Según [Chase et al. \(2009\)](#), los inventarios son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización. Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles de inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en que es necesario reabastecer y qué tan grande deben ser el pedido.

El propósito básico del análisis del inventario en la manufactura es especificar:

- Cuándo es necesario pedir más piezas.
- Qué tan grandes deben ser los pedidos.

Uno de los objetivos para alcanzar el éxito empresarial es tener un buen control de los inventarios y de la cadena de abastecimiento, ya que mantener inventarios implica un alto costo y este representa una cantidad de dinero detenido, lo cual genera un costo de oportunidad y costos generados por el deterioro de los productos. Entre las metas que debe perfilarse una compañía se encuentra presentar un buen nivel de servicio contando con los inventarios estrictamente necesarios. Para ello debe recurrir a diversos grupos de herramientas avanzadas y metodologías que le permitan presentar un nivel adecuado de existencias en bodega supliendo la oferta y demanda fluctuante.

### 3.3.2. Necesidad de los Inventarios

Existen ciertas condiciones que impulsan a una empresa a mantener un determinado nivel de inventario. Lo elevado o lo bajo de este nivel dependerá de las condiciones en las que se desenvuelve la compañía. Algunas condiciones para mantener un gran nivel de inventario son [Krajewski et al. \(2008\)](#):

- Elevados costos en la realización de pedidos.
- Bajos costos de almacenamiento.
- Se espera un crecimiento en la demanda.
- Se esperan o pronostican subidas de precios.

Por otro lado, algunos incentivos para mantener un bajo nivel de inventario son:

- Elevados costos de almacenamiento.
- Demanda estable.
- Proveedores de confianza, con poca incertidumbre de entrega.
- Se espera o pronostica una disminución en los precios.

### 3.3.3. Tipos de Inventario

Existen cuatro tipos de inventarios para un distintos artículos: de ciclo, de seguridad, de previsión y en tránsito. Cada uno de estos tiene un propósito diferente. [Krajewski et al. \(2008\)](#).

- Inventario del ciclo: la porción del inventario total que varía en forma directamente proporcional al tamaño de lote se denomina inventario de ciclo. La frecuencia con que deben hacerse los pedidos y la cantidad de los mismos recibe el nombre de “tamaño de lote”.

- **Inventario de seguridad:** es una especie de protección contra fluctuaciones de la demanda, del tiempo de entrega y del suministro mismo. Este tipo de inventario es conveniente cuando el proveedor no entrega la cantidad deseada, en la fecha acordada o con mala calidad. También son deseables cuando se generan cantidades considerables de material de desperdicio.
- **Inventario de previsión:** se le llama de esta forma al inventario que utilizan las empresas o compañías para absorber las alteraciones que se presentan a menudo en la demanda del producto. Estas irregularidades provocan que el fabricante acumule mayor inventario en períodos de baja demanda con el fin de no tener necesidad de incrementar en exceso su producción en épocas de mayor demanda.
- **Inventario en tránsito:** es aquel que se mueve de un punto a otro, los materiales son transportados desde los proveedores hasta la planta, de un punto de operación al taller, de una planta a otra o de un proveedor a un centro de distribución.

#### 3.3.4. Tamaño de Lote

Como explica [Karimi et al. \(2003\)](#), la definición de lote de producción es uno de los más importantes y también uno de los problemas más complejos en lo que concierne a la planeación de la producción, la definición de tamaños de lote depende en gran parte de las características del mismo. Los siguientes atributos afectan la clasificación, el diseño y la complejidad de las decisiones en la definición del dimensionado del lote.

- **Horizonte de planificación:** es el intervalo de tiempo que el programa maestro de producción (MPS) se extiende a futuro, puede ser finito o infinito. Un horizonte de planificación finito es usualmente acompañado por una demanda dinámica, mientras que un horizonte de planificación infinito por una demanda estacionaria.
- **Número de niveles:** los sistemas de producción pueden ser de un solo nivel o multinivel. En los sistemas de un nivel por lo general el producto final es sencillo, los materiales o insumos se procesan en una sola operación tal como duplicar o repartir. Por otro lado, los sistemas multinivel existe una relación de precedencia de componente entre los artículos. Las materias primas después de procesarse en varias operaciones se convierten en el producto final. La salida de una operación (nivel) es la entrada de otra operación. Por lo tanto, la demanda en un nivel depende de la demanda para el nivel de su precedencia. Este tipo de demanda

se conoce como demanda dependiente. Los sistemas multinivel se distinguen por el tipo de la estructura del producto, la cual posee entregas, ensamble, desmontaje generalmente conocido como sistemas MRP, el cual fue definido con anterioridad.

- **Número de productos:** el número de artículos o productos finales en un sistema de fabricación es otra de las características importantes en la definición y complejidad de los problemas de planificación de producción. Existen dos tipos principales de sistemas de fabricación. En la planificación de la producción de un solo artículo hay un solo artículo final (producto final) para el cual tiene que organizarse la actividad de planificación, mientras en la planificación de un sistema multinivel, existen varios artículos finales.
- **Capacidad o restricciones de recursos:** los recursos o capacidad en un sistema de producción incluyen el recurso humano, equipos, presupuesto, entre otros. Cuando no existe restricción sobre los recursos el problema se expresa como inhabilitado, y cuando las restricciones de capacidad son dichas explícitamente se denomina habilitado. Las restricciones de capacidad son importantes, y directamente afectan la complejidad del problema. Será más difícil de solucionar el problema cuando existen restricciones de capacidad.
- **Deterioro de artículos:** en el caso en el que es posible el deterioro de los artículos, se encontrarán restricciones tiempo de ocupación de inventario. Esta es otra característica que puede afectar la complejidad del problema.
- **Demanda:** el tipo de demanda se considera como una entrada para el modelo del problema. La demanda estática significa que este valor no cambia con el tiempo, es estacionaria o constante. Si el valor de la demanda se conoce con anticipación (estática o dinámica), es designada demanda determinista, pero si esta no se conoce exactamente y los valores de demanda se basan en probabilidades, entonces se denomina demanda probabilística.
- **Escasez de inventarios:** la escasez de inventario es otra característica que afecta la modelación y complejidad de la solución de problemas. Si la insuficiencia se permite esto significa que es posible satisfacer la demanda en curso en periodos futuros (caso de ordenes retrasadas), o podría ocurrir que la demanda no se satisfaga por completo (caso de ventas perdidas). La combinación de ordenes retrasadas y ventas perdidas también es posible. Este usualmente introduce un costo de escasez en la función objetivo. Problemas con escasez son más complicados que sin esta.

### 3.3.5. Modelos de Tamaño de Lote

#### Cantidad Económica a Ordenar (EOQ)

La importancia de este modelo es que es uno de los modelos más usados en la industria y sirve como base para modelos más elaborados.

Se supone el siguiente ambiente para la toma de decisiones:

- Existe un solo artículo en el sistema de inventarios
- La demanda es uniforme y determinística y el monto es de  $D$  unidades por unidad de tiempo (se usará demanda anual)
- No se permiten faltantes
- No hay un tiempo de entrega
- Toda la cantidad ordenada llega al mismo tiempo.

Este modelo es adecuado para la compra de materia en producción o para el ambiente de ventas al menudeo. La variable de decisión para este modelo es  $Q$ , el número de unidades a ordenar. Los parámetros de costo se conocen con certidumbre y son:

$c$  = costo unitario (\$/u)

$i$  = costo total anual de mantener el inventario (% por año)

$h = ic$  = costo total anual de mantener el inventario (\$ por u por año)

$A$  = costo de ordenar (\$/orden)

Además se define:

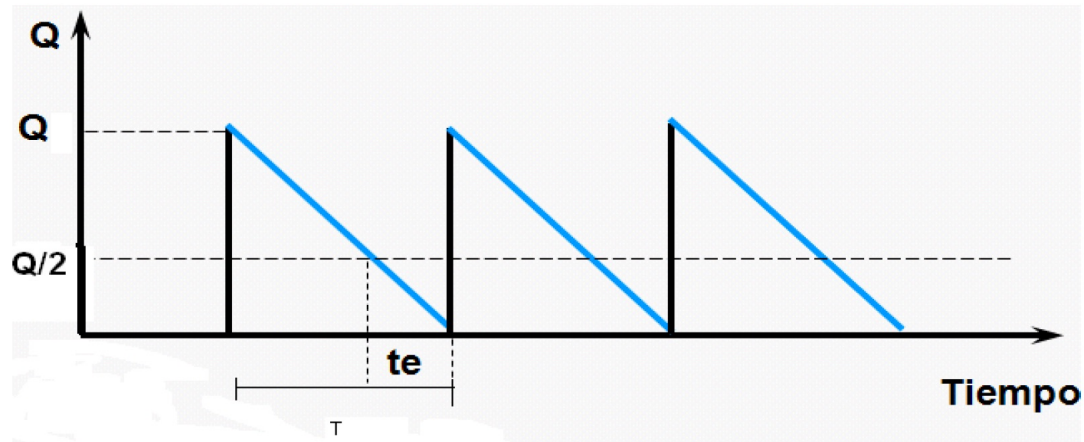
$D$  = demanda

$T$  = longitud del ciclo, tiempo entre colocación de órdenes

$K(Q)$  = costo total anual promedio

$I_t$  = inventario disponible en el tiempo  $t$

El concepto básico de este modelo es crear un balance entre dos costos opuestos, costo de ordenar y almacenaje. El costo de ordenar es fijo; si se ordena más, el costo por unidad será menor. El costo de almacenaje es variable que disminuye si el inventario disminuye. Este balance se logra minimizando  $K(Q)$ , el costo total anual. Una herramienta útil al análisis del sistema es la gráfica de  $I_t$  que se muestra a continuación.



**Figura 3.1:** Comportamiento teórico de inventario según modelo EOQ.

[Fuente: (Marambio, 2012a)]

El nivel de inventario es  $Q$  en el tiempo cero. Cuando pasa el tiempo, el inventario se agota en una tasa  $D$  unidades por año, cuando el nivel de inventario llega a cero se ordenan  $Q$  unidades. Como se supone que el tiempo de entrega es cero y la tasa de reabastecimiento es infinita, el nivel de inventario se eleva a  $Q$  de inmediato y el proceso se repetirá.

Este patrón se llama ciclo y puede haber varios ciclos en un año. Sea  $T$  la longitud del ciclo del inventario. De la geometría de inventarios se observa que

$$T = \frac{Q}{D}$$

Sea  $I$  el inventario promedio de la gráfica anterior se obtiene

$$I = \frac{\text{Área bajo la curva de inventario}}{T} = \frac{1}{T} * \frac{QT}{2} = \frac{Q}{2}$$

Este resultado se puede obtener de manera intuitiva, ya que el nivel de inventario fluctúa entre 0 y  $Q$ , por lo que el promedio es  $Q/2$ . El nivel máximo de inventario es

$$I_{max} = Q$$

Existen tres tipos de costos, costos de compra, costo de ordenar y costo de mantener inventario.

Para cada ciclo los costos son:

$cQ$  = costo de compra

$A$  = costo de ordenar

$$icT * \frac{Q}{2} = hT * \frac{Q}{2} = \text{costo promedio de mantener inventario}$$

Así, el costo promedio por ciclo es

$$cQ + A + hT * \frac{Q}{2}$$

En la ecuación,  $hT$  es el costo de mantener una unidad en inventario durante  $T$  unidades de tiempo.

Para obtener el costo promedio anual  $K(Q)$ , se multiplica el costo promedio por ciclo por el número de ciclos, que es  $1/T$ , se obtiene:

$$K(Q) = \frac{cQ}{T} + \frac{A}{T} + h\frac{Q}{2}$$

Como  $1/T=D/Q$ , el costo total anual promedio es:

$$K(Q) = cD + \frac{AD}{Q} + h\frac{Q}{2}$$

Se quiere encontrar el valor de la variable de decisión  $Q$  que minimiza  $K(Q)$ . Esto se logra resolviendo la ecuación:

$$K_1(Q) = \frac{dK(Q)}{dQ} = -\frac{AD}{Q^2} + \frac{h}{2} = 0$$

Al resolver la ecuación se obtiene:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}}$$

$Q^*$  se conoce como la cantidad económica a ordenar o lote económico o EOQ.

### Cantidad económica a producir (EPQ)

Esta extensión del modelo EOQ relaja la suposición de una tasa de reabastecimiento infinita. En su lugar se tiene una tasa finita, que es lo normal para artículos fabricados, en donde el lote se entrega a través del tiempo de acuerdo con la tasa de producción.

También se permite que ocurran faltantes y se cumplan las órdenes atrasadas, suponiendo que existe un nivel mínimo de atraso que la administración está dispuesta a tolerar. Los faltantes ocurren en los sistemas de producción debido a falta de material falta de capacidad o ambas. Un faltante tiene dos costos asociados,  $\pi$  y  $\hat{\pi}$ . Como  $\hat{\pi}$  es para el faltante lo que  $h$  es para el inventario, se evalúa de la misma manera, considerando el faltante promedio. Como  $\pi$  es el costo por faltante (sanción), se necesita conocer el faltante máximo para evaluarlo. Sea:

$\Psi$ = Tasa de producción, medida en las mismas unidades que la demanda

$Q$ = Tamaño del lote de producción

$A$ = Costo de preparación

$c$ = Costo unitario de producción

$B_1$ = Nivel de faltante (orden atrasada) en el tiempo  $t$

$B$  = Nivel promedio de faltantes

$b$ = Máx  $B_1$

Se supone que en el tiempo cero el nivel de inventario es  $-b$ . en este punto se emite una orden de producción por  $Q$  unidades y como el tiempo de entrega es cero, la producción comienza de inmediato. La tasa de producción es  $\psi$ , pero como a l mismo tiempo hay una demanda, la tasa de

reabastecimiento neta es  $\psi - D$  y la recta de reabastecimiento tiene una pendiente positiva. Una vez que se han fabricado  $Q$  unidades el inventario alcanza su valor máximo,  $I_{\max}$ , y la producción se detiene. El inventario se agota a la tasa de la demanda  $D$ . Cuando el nivel de inventario alcanza  $-b$ , la producción se reanuda y el ciclo se repite.

Siguiendo un procedimiento básico similar al del caso del lote económico:

$$T = \frac{Q}{D} \text{ tiempo de ciclo}$$

$$T_p = \frac{Q}{\psi} \text{ tiempo para producir } Q \text{ unidades}$$

$$T_D = \frac{I_{\max}}{D} \text{ tiempo para agotar el inventario máximo}$$

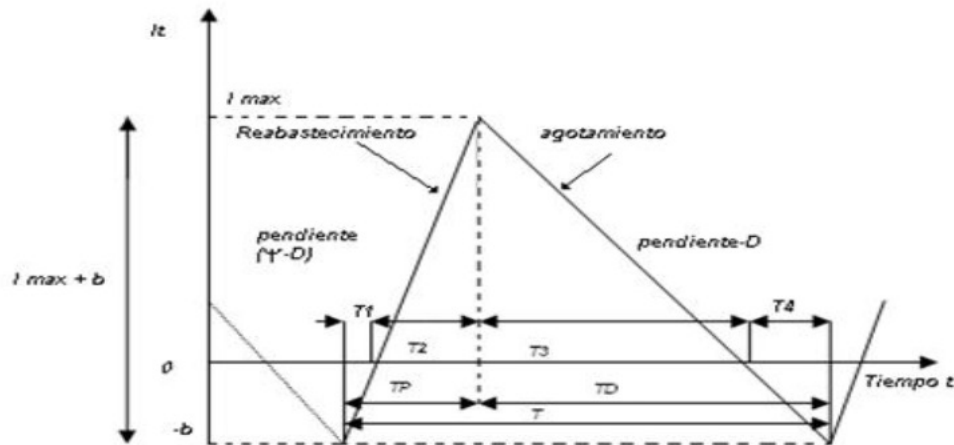


Figura 3.2: Comportamiento teórico de inventario según modelo EPQ.

[Fuente:(Marambio, 2012a)]

De la geometría del inventario:

$$I_{\max} + b = T_p(\psi - D) = \frac{Q}{\psi}(\psi - D) = Q\left(1 - \frac{D}{\psi}\right)$$

El inventario disponible es positivo durante  $T_2 + T_3$ , mientras que los faltantes se surten durante  $T_1$  y  $T_4$ . La producción se lleva a cabo durante  $T_p = T_1 + T_2$ , mientras que el agotamiento del inventario ocurre durante  $T_D = T_3 + T_4$ . De la geometría del inventario se obtiene:

$$T_1 = \frac{b}{\psi - D} \text{ tiempo para recuperarse del faltante}$$

$$T_2 = \frac{I_{\max}}{\psi - D} \text{ tiempo para generar } I_{\max}$$

$$T_3 = \frac{I_{\max}}{D} \text{ tiempo para agotar } I_{\max}$$

$$T_4 = \frac{b}{D} \text{ tiempo para generar el faltante de } b$$

Para obtener la ecuación para  $K(Q, b)$ , se necesitan  $\bar{I}$  y  $B$ . Ambos se obtienen de la geometría del inventario. De nuevo, estos son promedios por ciclo.

$$\bar{I} = \frac{1}{2T} I_{\max}(T_2 + T_3)$$

Que después de introducir los términos para  $I_{max}$ ,  $T_2$  y  $T_3$  lleva a:

$$\bar{I} = \frac{[Q(1-\frac{D}{\psi})-b]^2}{2Q(1-\frac{D}{\psi})}$$

Además,

$$B = \frac{1}{2\bar{T}}b(T_1 + T_4)$$

E introduciendo los términos  $T_1$  y  $T_4$  se obtiene

$$B = \frac{b^2}{2Q(1-\frac{D}{\psi})}$$

El costo promedio anual de mantener el inventario es

$$\frac{1}{T}(hT\bar{I}) = h\bar{I} = \frac{h[Q(1-\frac{D}{\psi})-b]^2}{2Q(1-\frac{D}{\psi})}$$

El costo total por faltantes por ciclo es:

$$\pi b + \pi\hat{\pi}TB$$

Y el costo promedio anual por faltante es

$$\frac{1}{T}[\pi b + \pi\hat{\pi}TB] = \frac{\pi b D}{Q} + \frac{\hat{\pi} b^2}{2Q[1-\frac{D}{\psi}]}$$

El costo total anual promedio es

$$K(Q, b) = cD + \frac{AD}{Q} + \frac{h[Q(1-\frac{D}{\psi})-b]^2}{2Q(1-\frac{D}{\psi})} + \frac{\pi b D}{Q} + \frac{\hat{\pi} b^2}{2Q[1-\frac{D}{\psi}]}$$

Para encontrar  $Q^*$  y  $b^*$  se resuelven las dos ecuaciones

$$\frac{\partial K}{\partial Q} = 0 \text{ y } \frac{\partial K}{\partial b} = 0$$

Con  $\pi \neq 0$ , la solución de estas dos ecuaciones lleva a

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h(1-\frac{D}{\psi})} - \frac{(\pi D)^2}{h(h+\hat{\pi})}} \sqrt{\frac{h+\hat{\pi}}{\hat{\pi}}}$$

y

$$b^* = \frac{(hQ^* - \pi D)[1-\frac{D}{\psi}]}{(h+\hat{\pi})}$$

Para obtener  $K(Q^*, b^*)$  se sustituyen  $Q^*$  y  $b^*$  en  $K(Q, b)$ .

Si  $\pi = 0$ ,  $Q^*$  y  $b^*$  tendrán valores positivos finitos. Si  $\hat{\pi} > 0$  y  $\pi$  es suficientemente grande, se puede obtener un valor negativo en el denominador del radical en  $Q^*$ . En este caso no deben permitirse faltantes, es decir,  $b^* = 0$ . Si  $\hat{\pi} = 0$  y  $\pi > 0$ , se puede demostrar que la política óptima es no permitir faltantes o no almacenar el artículo. En el último caso, toda la demanda se va a órdenes atrasadas antes de satisfacerla. En el ambiente de manufactura esto se llama producir por pedido.

### 3.4. Metodología Seis Sigma

Con los aspectos operacionales del negocio ya definidos, es momento de adentrarse en la base teórica que sustenta esta investigación. Es por ello que se definirá la metodología y herramienta de calidad que se utilizará para definir el proceso actual, encontrar las debilidades del flujo, y final-

mente se desprenderán las propuestas de mejora para el proceso de requerimiento y planificación de materiales.

La metodología Seis Sigma se inicia en la compañía Motorola en la década de 1980, cuando la empresa se planteó como objetivo disminuir los defectos en sus productos. Posteriormente adoptaron la metodología otras empresas como ABB, Kodak, IBM y Texas Instruments (Cavanagh et al., 2004).

Seis Sigma es un concepto estadístico que presenta la variación presente en los procesos en relación con las especificaciones teóricas. Cuando el proceso opera al nivel Seis Sigma significa que posee un 99,9997 % de eficiencia (Cavanagh et al., 2004).

### 3.4.1. La Dimensión Táctica de Seis Sigma: DMAIC

Como explica Gutiérrez y Salazar (2009), la dimensión táctica de la filosofía Seis Sigma es la metodología DMAIC. Su nombre viene del acrónimo de las palabras en inglés:

Define – Measure – Analyze – Improve – Control.

Al aplicar cada uno de estos pasos de manera correcta en la empresa, se pretende entender el problema de manera más acabada, encontrar las soluciones indicadas para eliminarlo o en su defecto minimizarlo lo más posible, y por último aplicar dichas soluciones.

Para ello es importante conocer en qué consiste cada fase de esta metodología, para luego ser utilizada de manera correcta en la planta. A continuación se detalla cada una de las etapas que componen la metodología DMAIC:

#### • **Definir:**

Esta etapa, como su nombre lo dice, exige la definición del proyecto que se desea realizar. Su principal objetivo es identificar procesos claves y enfocar la atención en dichos procesos. Para identificar los procesos importantes será necesaria la construcción de un mapa del proceso estudiado.

Es importante realizar también un cuadro del proyecto, el cual documenta la definición formal del proyecto. Indica los participantes y qué rol cumple cada uno de ellos. Este cuadro implica un contrato semiformal entre la gerencia y los actores del proyecto, la gerencia decide continuar con el proyecto y asume que el equipo de trabajo puede encontrarse con nuevas tareas que no estaban pronosticadas al inicio.

Otro punto importante en esta fase es la elaboración de las metas del proyecto, estas metas

generalmente son expresadas en términos que están ligados al área en la que se está ejecutando (Kg, m, L, etc.), además al menos una de estas variables debe tener relación con el aspecto monetario del proyecto.

Como explica Allen (2006), en esta fase se debe ser capaz de responder las siguientes preguntas:

• **¿Quién?:** Definir las personas que conforman el equipo.

• **¿Qué?:** Cuales son las variables en estudio y los resultados esperados.

• **¿Cuándo?:** Plazos y fechas del proyecto.

• **¿Cuánto?:** Rentabilidad esperada del proyecto.

#### • **Medir:**

La segunda etapa de la metodología DMAIC consiste en la recolección cuantitativa de datos del proceso afectado. Se debe recopilar información de su proceso actual midiendo las variables claves del proceso en cuestión, las características de calidad del producto, y las variables que regulan el funcionamiento y determinan su resultado.

Para esta fase se requiere llevar a cabo dos tareas de gran importancia:

*Plan de recolección de datos:* este plan de medición contempla qué se va medir, cuales serán los tipos de mediciones, los tipos de datos a medir, se identifican las fuentes de los datos y se prepara un plan de muestreo. La elaboración de este plan involucra el uso de diferentes herramientas estadísticas y de medición, las cuales se explicarán posteriormente.

*Implementación del plan de recolección de datos:* es momento de llevar a cabo el plan diseñado anteriormente. Con este se pretende obtener información de los niveles iniciales a los cuales está operando el proceso estudiado. También se obtienen los costos asociados a la mala calidad. Ya en esta fase es posible identificar oportunidades de mejora, malas prácticas, diferencias de datos teóricos v/s empíricos e identificar actividades que no están añadiendo valor al proceso (Allen, 2006).

#### • **Analizar:**

Una vez con los datos sobre la mesa, se debe identificar la causa raíz de los defectos, entender en qué condiciones se producen, dónde se producen y cuándo se producen. En esta etapa, el problema físico se analiza de manera estadística, se desarrollan y se comprueban hipótesis sobre

las posibles causas del defecto. Del mismo modo, se buscan relaciones causa-efecto que estén contribuyendo al desarrollo del problema.

La fase analizar sigue una secuencia ordenada (Ramírez, 2007), la cual ayuda y permite encontrar causas al problema que se está estudiando:

- *Exploración*: se investigan los datos y las causas para ver qué se puede descubrir de ellos.
- *Generación de hipótesis sobre las causas*: en base a lo obtenido en el punto anterior, se identifican las causas más probables del problema.
- *Verificación o eliminación de las causas*: utilizando los datos, y mediante un análisis más profundo, se comprueban las principales causas que originan el problema en estudio.

#### • Mejorar:

El objetivo de esta fase es proponer soluciones e implementarlas, para así eliminar o en su defecto minimizar la causa raíz de la problemática en estudio. Es recomendable generar varias alternativas de solución que atiendan diversas causas, estas alternativas surgen principalmente de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, poka-yoke, etc. La clave en esta fase es enfocarse en soluciones que ataquen a la causa del problema y no en el efecto de este.

Una vez que se generan distintas alternativas de solución, es importante evaluar cada una de ellas para finalmente elegir la que más se acomode a las necesidades del problema, sin pasar a llevar a ningún área involucrada, no exceder los permisos otorgados ni tampoco el presupuesto estimado.

Finalmente se debe comenzar a implementar las soluciones con planes piloto, los que permitirán tener una idea de cómo se comportan dichas soluciones en la práctica, aprender del proceso de cambio y determinar si efectivamente la mejora implementada debe ser masificada a una mayor escala.

Una vez superadas estas etapas es momento de implementar el plan de acción en su totalidad (Gutiérrez y Salazar, 2009).

#### • Controlar:

Una vez ha sido alcanzado el éxito con las mejoras implementadas, es necesario mantener los niveles alcanzados mediante un sistema que controle los estándares de calidad.

Se realiza el cierre del proyecto. Esto puede llegar a ser la fase más difícil, ya que se trata de que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen. Esto implica la participación de toda las personas involucradas en el proceso, por lo que es común encontrarse con resistencias al cambio. Al fin y al cabo, se trata de que las mejoras soporten la prueba del tiempo, para ellos se necesitan un sistema de control que:

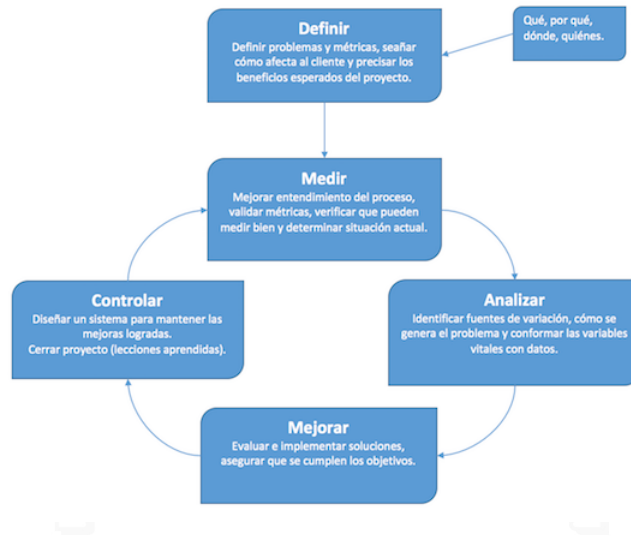
- Prevenga que los problemas originales que tenía el proceso no vuelvan a aparecer.
- Impedir que las mejoras y el conocimiento obtenido se olviden.
- Mantener el proceso con el desempeño logrado.
- Incentivar la mejora continua.

Para lograr estos objetivos, se deben acordar acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo (Gutiérrez y Salazar, 2009). Estas se explican a continuación:

1. Estandarizar el proceso: se deciden acciones que aseguren la permanencia de las mejoras a través de cambios en los sistemas y estructuras involucradas en el proceso. Con el fin de no depender de controles manuales ni vigilancia sobre los desempeños. Se deben buscar cambios permanentes en los procesos y en sus métodos de operación. Un buen ejemplo en esta fase es buscar dispositivos tipo poka-yoke que resultan de utilidad para prevenir retroceso en las mejoras.
2. Documentar el plan de control: se desarrollan nuevos documentos que facilitan la familiarización con los nuevos procedimientos adoptados. La estandarización vía documentación contempla procedimientos bien escritos, videos, hojas, imágenes ilustrativas, etc. También se puede optar por la capacitación, tanto para empleados nuevos como para los actuales.
3. Monitorear el proceso: busca mantener evidencia de que el proceso mejorado se siga manteniendo al nivel mejorado de calidad.
4. Cerrar y difundir el proyecto: el objetivo de esta fase es asegurarse de que el proyecto Seis Sigma sea una evidencia de aprendizaje y que sirva como herramienta para futuros proyectos. Esta evidencia sirve para fortalecer el nivel de compromiso y la mejora continua presente en la organización.

*Esquema resumen:*

El siguiente esquema resume la metodología DMAIC presentada anteriormente:



**Figura 3.3:** Esquema resumen metodología DMAIC.  
[Fuente: elaboración propia en base a (Gutiérrez y Salazar, 2009)]

## 3.5. Herramientas Estadísticas y de Calidad

Como se mencionó anteriormente, la metodología DMAIC hace uso de múltiples herramientas de calidad y estadísticas. Estas herramientas resultan útiles tanto para la detección de problemas en el flujo productivo, como para las futuras propuestas de mejora para el proceso en estudio. A continuación se definen las herramientas que se utilizarán durante la ejecución del proyecto.

### 3.5.1. Diagrama SIPOC

Según Pande (2002), el diagrama SIPOC es un mapa de proceso que se usa en la fase de Definir de la metodología DMAIC. En este mapa se representan los procesos principales del negocio y se identifican las posibles medidas.

En el diagrama SIPOC se deben realizar una serie de preguntas que serán reflejadas en el cuadro SIPOC. Estas preguntas están relacionadas a conocer más sobre el proceso y a encontrar la parte del negocio que debe ser mejorada con el proyecto Pyzdek (2003).

A continuación se muestran las preguntas que el autor propone:

- ¿Para qué parte interesada del negocio existe este proceso primario?
- ¿Qué valor agrega el proceso? ¿Cuál es la salida del proceso?

- ¿Quién es el dueño del proceso?
- ¿Quién suministra los insumos en el proceso?
- ¿Cuáles son las entradas del proceso?
- ¿Qué recursos usa este proceso?
- ¿Qué pasos crean valor en el proceso?
- ¿Existen subprocesos?

Al responder estas preguntas y plasmarlas en un formato estándar se crea la matriz SIPOC. Para empezar a crear el mapa SIPOC el autor propone los siguientes pasos:

- Crear un mapa general del proceso.
- Identificar las salidas del proceso.
- Identificar el cliente que recibirá las salidas.
- Identificar los insumos requeridos para que el proceso pueda generar las salidas.
- Identificar los proveedores de los insumos.
- Limpiar la lista mediante el análisis, refraseo, combinación de ideas, etc.
- Crear el diagrama SIPOC.

Finalmente todo se refleja en un diagrama que ayuda a enfocarse en las variables X que conducen a los resultados Y.

A continuación se muestra un ejemplo de diagrama SIPOC:

Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
Proveedor de Materiales	Acero	Tender Acero	Acero Liso	Área de Costura
Proveedor de Máquinas	Cortadora	Cortar Acero	Hilos de acero	

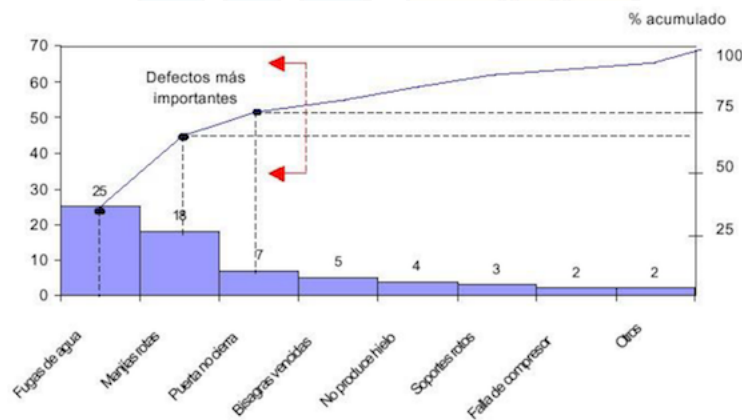
**Figura 3.4:** Ejemplo de Diagrama de SIPOC.  
[Fuente: elaboración propia]

### 3.5.2. Análisis de Pareto

Es un tipo de gráfico de distribución de frecuencias, que permite detectar los problemas más relevantes. Esto mediante la aplicación del principio de Pareto, el cual dice que la mayoría de las pérdidas se deberán a unos pocos tipos de defectos, y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas (Kume, 2002).

Su función principal es categorizar los fallos que se muestran en las barras de frecuencia relativa y compararlos con los puntos que muestra la línea de frecuencia acumulada.

El siguiente esquema permite visualizar de mejor manera el análisis de Pareto:

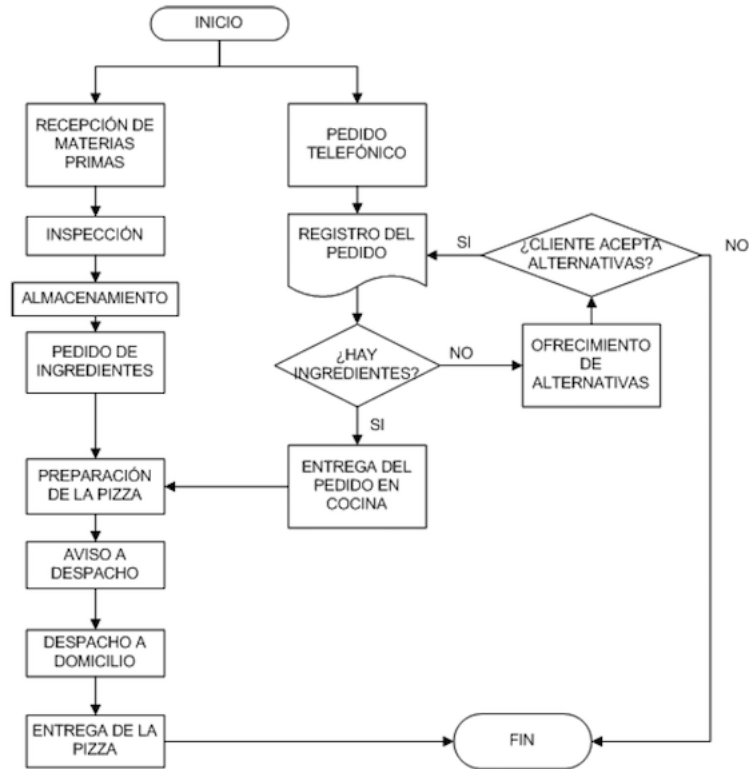


**Figura 3.5:** Diagrama de Pareto.  
[Fuente: (Carvalho, 2014)]

### 3.5.3. Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo o flujograma consiste en una representación gráfica de la secuencia de actividades con la que consta un proceso. Además muestra lo que se realiza en cada etapa, los materiales que entran y salen del proceso, las decisiones que se toman en cada etapa y también, las personas involucradas (Carvalho, 2014).

Los diagramas de flujo son extremadamente útiles para comprender el proceso en estudio y así poder determinar las actividades que realmente agregan valor.



**Figura 3.6:** Diagrama de flujo.

[Fuente: (Carvalho, 2014)]

#### 3.5.4. Diagrama de Causa-Efecto

El diagrama causa efecto, también conocido como diagrama Ishikawa, es un esquema que muestra las causas probables que están ocasionando un problema. De acuerdo con lo descrito por Ramírez (2007), el diagrama de Ishikawa se debe utilizar para:

- Identificar características y parámetros claves.
- Identificar las diferentes causas que afectan a un problema.
- Entendimiento de un problema por parte del grupo de trabajo.

Según Vásquez (2003), el diagrama causa efecto está ligado con uno o más factores (6 Ms) y que participan de todo proceso productivo.

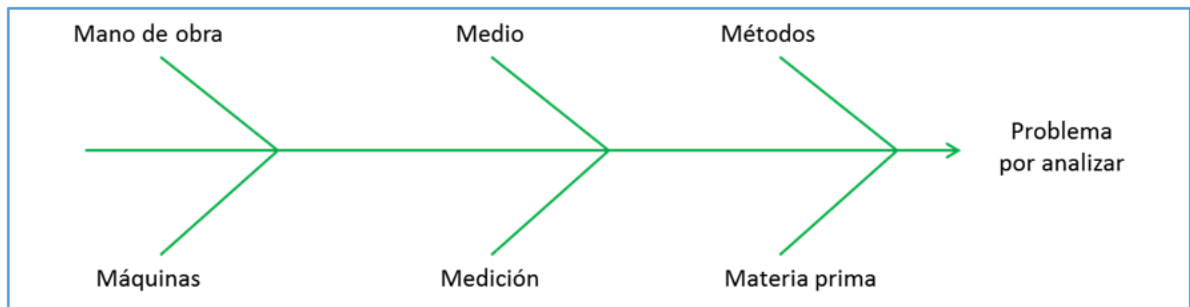
- Métodos: son los procedimientos que se llevan a cabo en el proceso productivo.
- Mano de obra: personal que realiza las actividades en la compañía.
- Materia prima: material necesario la fabricación del producto.

- Medición: herramientas para estimar el funcionamiento adecuado de los procesos.
- Medio: las condiciones en el centro de trabajo.
- Maquinaria y equipo: dispositivos que permiten la elaboración del producto.

Su elaboración se basa en el proceso de generación de ideas por medio de tormenta de ideas, que puede realizarse de la siguiente manera:

- Cada miembro que pertenece al equipo de trabajo debe generar una idea en cada oportunidad que le corresponda de una manera ordenada y ágil. Paralelamente un integrante del equipo de trabajo debe cumplir el papel de secretario, con el fin de que pueda anotar las ideas que se van obteniendo.
- Una vez que ha finalizado el proceso de tormenta de ideas se debe suprimir ideas repetitivas.
- Se debe analizar si las ideas conseguidas hasta el momento están vinculadas al problema analizado.
- Se ordenan las ideas en el diagrama Ishikawa.

A continuación se muestra el diagrama de Ishikawa:



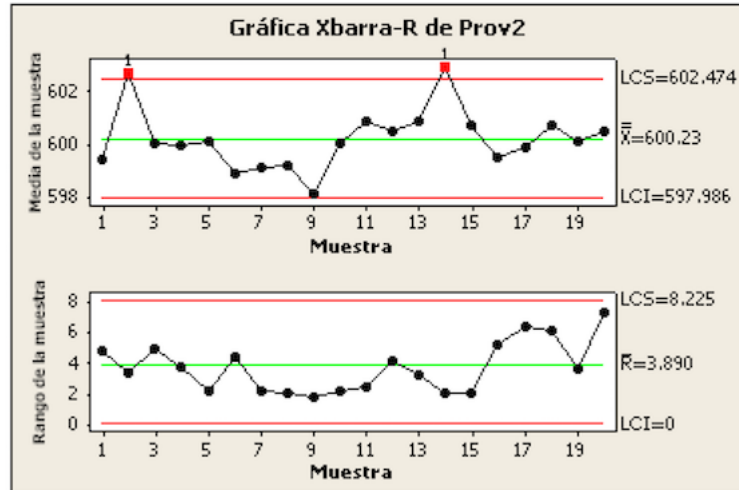
**Figura 3.7:** Diagrama de Causa-Efecto.  
[Fuente: Vásquez (2003)]

### 3.5.5. Cartas de Control

Como explica Kume (2002), las cartas de control son un herramienta estadística que permite identificar causas comunes y asignables, las que determinan las variabilidad del proceso e indican si éste se encuentra controlado o no.

Es un tipo de gráfico de comportamiento más específico, el cual posee una línea central que representa el valor medio del proceso o característica que se está estudiando, además posee otras

dos líneas por sobre y bajo la central, llamadas límites de control (LCL y UCL por sus siglas en inglés), las cuales se ubican de tal forma que si el proceso está controlado, la mayoría de los puntos muestrales se localizan entre ellas. Por otro lado, si existen puntos que se encuentren fuera de los límites de control, o se observa una tendencia especial en su comportamiento, se considera como evidencia de la existencia de causas asignables, las cuales requieren investigación y una pronta acción correctiva.



**Figura 3.8:** Carta de control.  
[Fuente: (Carvalho, 2014)]

## 4 | DESARROLLO

En este capítulo se presentará el desarrollo de la problemática en cuestión, también se mostrará la situación actual que presenta la empresa, las propuestas de mejora realizadas y por último una estimación de costos y de beneficios logrados en base a esta propuesta.

Antes de ello es necesario presentar el proceso productivo de la empresa, para con ello lograr una mejor comprensión a nivel macro del flujo de trabajo y luego centrarse en el subproceso específico en el que se concentra esta memoria.

### 4.1. Proceso Productivo Goodyear Chile

La planta productiva se divide en 3 grandes secciones:

- Preparación de los materiales
- Construcción de neumáticos en verde
- Vulcanización de neumáticos

Cada una de estas secciones a su vez involucra múltiples procesos que en su conjunto y de manera coordinada permiten el buen funcionamiento de la empresa. A continuación se presentan los más importantes.

#### 4.1.1. Recepción y Almacenaje de Materias Primas

La elaboración de neumáticos en Goodyear Chile, cuenta con muy pocas materias primas que deban provenir de algún proveedor externo. Prácticamente son solamente las siguientes: caucho natural, negro de humo, aceites del proceso, pigmentos, telas y acero. El resto del proceso es realizado netamente al interior de la planta, desde la producción de la goma bruta hasta terminar con un neumático conforme y listo para ser distribuido.

### **4.1.2. Elaboración de Compuestos de Caucho**

La elaboración de los compuestos en base a caucho se produce en mezcladores Banbury, los cuales trabajan con caucho, negro de humo, aceites aglutinantes y pigmentos.

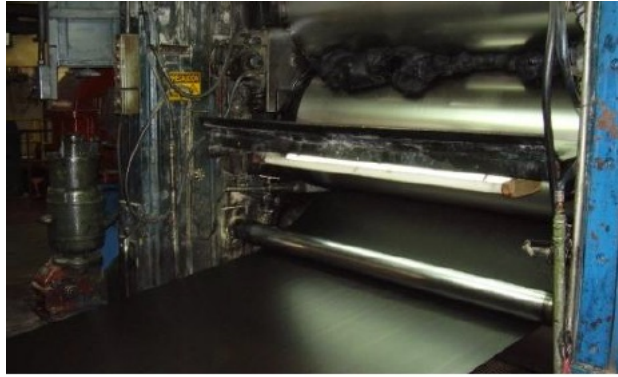
Los mezcladores de caucho son equipos provistos de rotores con paletas que en una cámara cerrada, por medio de presión y temperatura, producen el aglutinamiento de los componentes mencionados, los que a continuación son laminados en molinos, en donde los compuestos de caucho pasan entre dos rodillos de gran diámetro para obtener láminas de goma.

### **4.1.3. Extrusión de Compuestos de Caucho**

Este proceso se realiza con la finalidad de obtener bandas de rodamiento y diferentes componentes de goma. Este proceso se realiza en las tuberas, equipos que cuentan con un rotor en forma de gusano de paso variable contenido en un cuerpo de forma cilíndrica. Tienen un punto de alimentación que recibe láminas de goma que provienen de los molinos. El gusano de paso variable comienza a empujar la goma hacia el otro extremo de la tubera en donde la recibe una plantilla que le da la forma según el compuesto que se está produciendo. Dependiendo de la forma de la plantilla se obtienen diferentes componentes que serán utilizados posteriormente para la construcción de neumáticos en verde.

### **4.1.4. Calandrado de Telas**

El proceso de calandrado se aplica a las telas, este proceso recubre por ambas caras a la tela para crear un compuesto esencial en la conformación de un neumático en verde. El tren de calandrado se compone de varios rodillos por los cuales ingresa un rollo de tela y por otro lado la goma, finalmente se obtiene una lámina de goma con tela que de aquí en adelante solo se le denomina “tela” la cual será cortada de distintas maneras dependiendo del componente que se quiera hacer.



**Figura 4.1:** Proceso de calandrado de telas.  
[Fuente: Goodyear Chile]

#### 4.1.5. Construcción de Pestañas y Apexer

Este proceso el cual involucra la conformación de pestañas se realiza en máquinas que contienen múltiples abastecedores de alambre de acero, una tubera que aplica goma a este conjunto de alambres mediante una plantilla y una máquina conformadora que construye las pestañas circularmente, por último una máquina envolvedora aplica telas y algodón sobre las pestañas terminadas.

Por otro lado, las apexer son las máquinas encargadas de envolver las pestañas con compuesto previamente obtenido. Con esto las pestañas pueden ser llevadas a las maquinas constructoras para ser utilizadas.

#### 4.1.6. Conformadora de Breaker

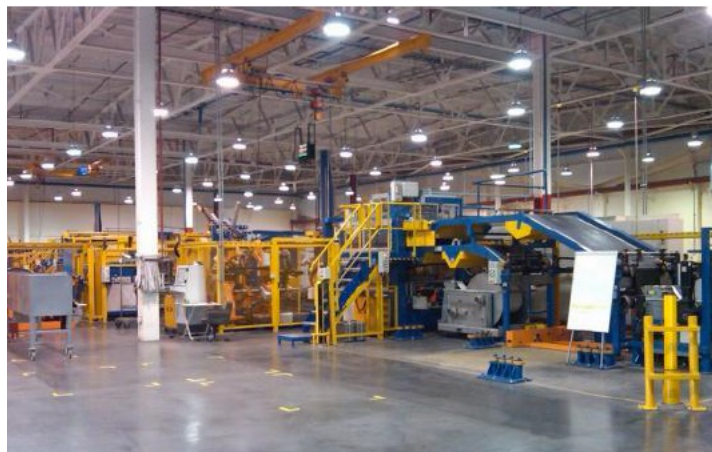
Para la fabricación de cinturones de acero llamados Breaker consta del abastecimiento de alambres de acero que provienen de un “cuarto seco”, el cual es llamado de esa forma por ser una sala con bajo porcentaje de humedad, para evitar el deterioro y oxidación del acero. Una tubera aplica goma a un conjunto de alambres para luego formar una cinta con los alambres de acero dispuestos en sentido cruzado y longitudinal.



**Figura 4.2:** Proceso de conformado de breaker.

#### 4.1.7. Construcción de Neumático en Verde

Antiguamente, en la planta se utilizaban maquinas constructoras operadas por personas las cuales eran los encargados de construir el neumático. Este proceso era sumamente manual y por ende existía una muy baja uniformidad entre un neumático y otro. A mediados del año 2013, la planta incorpora las máquinas constructoras automáticas HF, las cuales reciben los distintos componentes para ser unidos y confeccionar un neumático en verde mucho más uniforme y en un proceso notablemente más rápido.



**Figura 4.3:** Máquinas constructoras HF.  
[Fuente: Goodyear Chile]

#### 4.1.8. Vulcanización de Neumático en Verde

El proceso de vulcanización se realiza en prensas hidráulicas que trabajan con presión y calor. En este proceso, los neumáticos en verde son ingresados en un cabezal donde se encuentra un molde el cual contiene todo el diseño que se desea imprimir al neumático. El proceso consta de sucesivos flujos de vapor y nitrógeno lo que genera un calentamiento y enfriamiento sucesivo para que posteriormente se obtenga un neumático vulcanizado el cual será transportado mediante correas transportadoras a una zona de inspección.



**Figura 4.4:** Prensas hidráulicas para vulcanización.

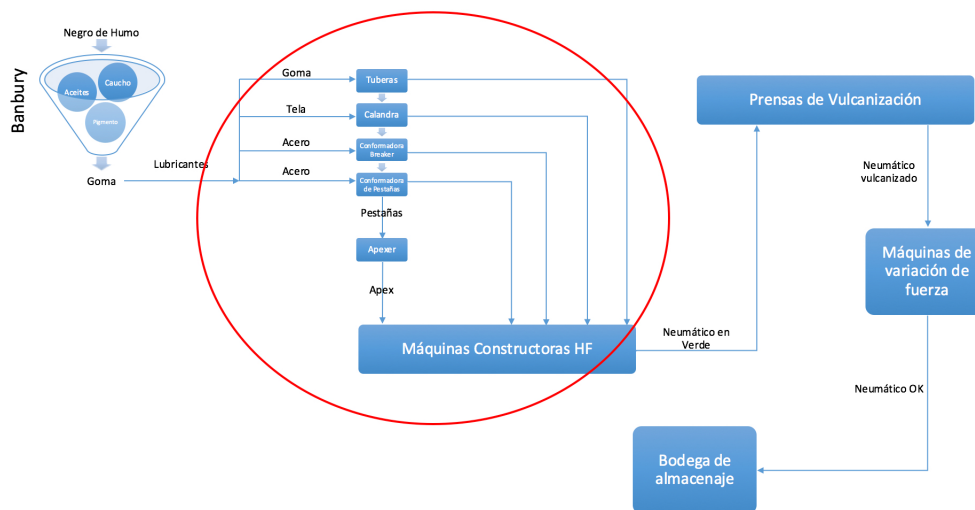
#### 4.1.9. Zona de Terminaciones e Inspección Final

En la zona de terminación e inspección final se eliminan rebabas y ventilaciones propias del proceso de vulcanización y luego los neumáticos se envían a máquinas balanceadoras y máquinas vareadoras de fuerza, en donde se prueban y asegura el balanceo y la uniformidad de los neumáticos. Finalmente, pasan por una máquina de rayos X para verificar que no contengan cuerpos extraños. Los neumáticos fuera de especificación y de los límites de calidad se destruyen y se eliminan como scrap.

Si los neumáticos no presentan problemas entonces son enviados mediante correas transportadoras a la bodega de neumáticos, en donde serán almacenados hasta que llegue el momento de ser enviados a su respectivos destinos.

#### 4.1.10. Flujo Resumen del Proceso

Por último se presenta un diagrama de flujo a modo de resumen que ilustra de mejor forma el proceso de fabricación de neumáticos, se delimita al interior del círculo el subproceso que se aborda en esta memoria y que será detallado más adelante.



**Figura 4.5:** Flujo del proceso de elaboración de neumáticos.  
[Fuente: Elaboración propia]

## 4.2. Situación Actual de la Empresa

Goodyear Chile se encuentra certificada en Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional por OHSAS 18001, en Gestión Ambiental por la ISO 14001 y en Gestión de la Calidad en ISO 9001 e ISO TS 16949 por la empresa certificadora NSF International Strategic Registrations, LTD, USA.

Es por ello que para mantener dichas certificaciones la empresa realiza diversas auditorías de manera frecuente para asegurarse de que los procedimientos se estén cumpliendo de manera precisa a lo que presenta el manual de calidad que posee la compañía.

Sin embargo, pese a los esfuerzos realizados para mantener los estándares de calidad y seguridad al máximo, se siguen observando condiciones poco seguras y que además afectan a los procesos involucrados en la fabricación de neumáticos. Esto ocurre con frecuencia con los cassettes de materiales que se encuentran en zonas que no se deben. Esto afecta a su vez en el registro de inventario y produce un problema a la hora de producir material. Este efecto negativo es solo un ejemplo de varios otros que serán analizados posteriormente en esta memoria.



**Figura 4.6:** Cassettes de material en zonas no permitidas.  
[Fuente: Goodyear Chile]

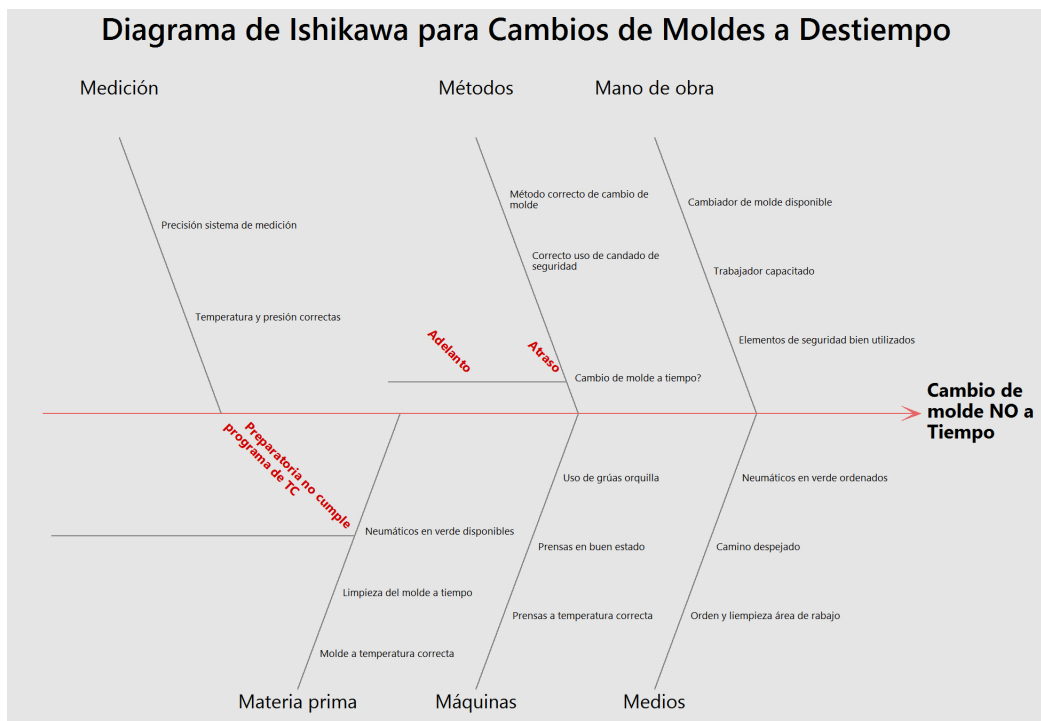
### 4.3. Aplicación de la Metodología DMAIC

Goodyear Chile se preocupa constantemente de mantener sus estándares de calidad lo más alto posible, de la misma manera la mejoras continuas a los procesos son fundamentales. Es por ello que a medida que se analiza un proceso paralelo al mencionado en esta memoria, se da cuenta de una oportunidad de mejora al proceso de requerimiento de materiales.

A medida que se estudian los resultados en la eficiencia en los cambios de moldes, llama la atención que uno de los factores que afecta este proceso es la falta de materiales cuando se produce un término de cuota.

Cabe destacar que en promedio por cada diez cambios de moldes programados en un turno, cuatro de ellos no se realizan según el programa planificado, debiendo ser reprogramados para otro horario dentro del mismo turno o incluso debiendo ser desplazados para el siguiente turno. Este es un problema al que la empresa pone mucho cuidado ya que dentro de todas las áreas presentes, el área de Vulcanización es la única que sus tiempos perdidos no pueden ser recuperados, debido a que si hay tiempo en que no se está vulcanizando, significa inmediatamente menos cantidad de neumáticos producidos en el turno, al día, semana, etc.

El siguiente diagrama de Ishikawa resume el análisis realizado debido al desajuste en los tiempos de cambios de moldes, del cual se deriva y se pone en conocimiento del problema que existe en Preparatoria para cumplir el programa de materiales cuando existe un Término de Cuota.



**Figura 4.7:** Diagrama de Ishikawa de problema de Cambios de Moldes.  
[Fuente: elaboración propia]

Se observa que mediante el análisis de los resultados del proceso de cambio de moldes, se derivan dos posibles resultados, el atraso, y el adelanto del cambio. El atraso en un cambio de molde puede estar relacionado a su vez en tres posibles fallas, que el tiempo de vulcanizado (Cure) se extienda más de lo programado, para ello ya se está trabajando en un proyecto aparte para aminorar esta falla. Otra posible causa es el tiempo en que las máquinas constructoras de neumáticos (TBM) liberen los neumáticos en verde, para ello se trabaja constantemente en mantener las máquinas en optimas condiciones. Por último puede existir la situación de que la preparación de los moldes tarde más de lo debido, por lo que el cambio debe realizarse más tarde de lo programado. El adelanto en cambio, está ligado en su totalidad al término de cuota de algún código de neumático, puede existir un error de inventario en el que en la realidad existen más neumáticos de los que arroja el sistema por lo que no se necesitan construir más. Otra causa probable es que las máquinas HF no cumplan con el programa por lo que no construyeron la cantidad necesaria para suplir la demanda. Por último la falla en la que se decide trabajar es la cual el área de preparatoria no cumple con el programa, es decir, no se tienen a disposición de las máquinas constructoras la suficiente cantidad de materiales para la construcción de neumáticos que exige el programa.

Lo que llama la atención de esta problemática es que solo se necesita que uno de los mate-

riales falte para no poder continuar con la construcción de la totalidad de los neumáticos. Pero aun, al tratarse de un termino de cuota (medida que no volverá a construirse en un plazo mayor) los materiales que quedaron sin utilizar tendrán que ser desechados debido a su fecha límite de caducidad.

Es por ello que se decide trabajar en este punto en cuestión, con la finalidad de mejorar el proceso de requerimiento de materiales, encontrar las posibles causas y por supuesto proponer mejoras a este problema.

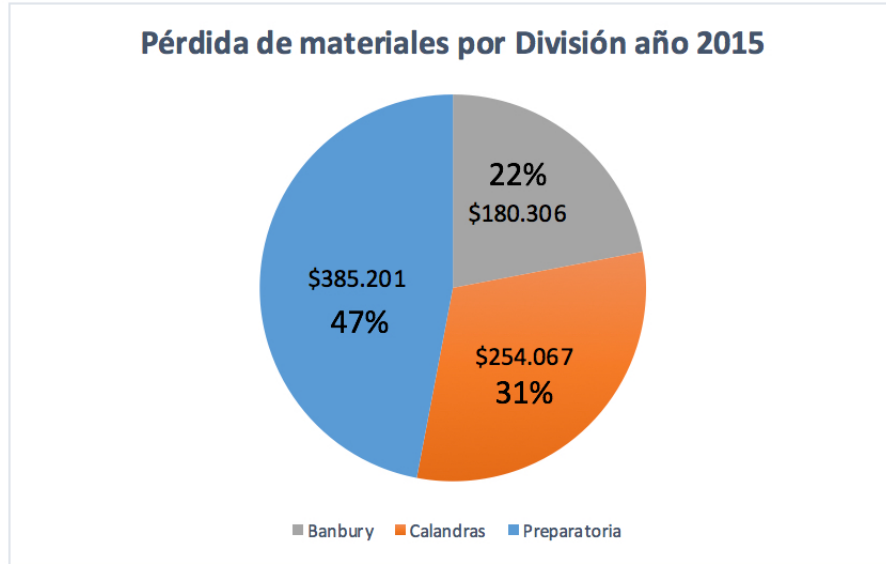
### **4.3.1. Definir**

#### **Planteamiento del problema**

Como se mencionó anteriormente, el problema al que está enfocado esta memoria radica en las pérdidas de material, específicamente de tela y de acero, que se generan por la producción en exceso de alguno de los componentes para la construcción del neumático en verde.

Antes de enfocarse de lleno al problema particular es necesario comenzar analizando la problemática de manera más general, de este modo resulta más evidente el enfoque y el camino que se debe seguir para los resultados esperados. Es por ello que se muestra a continuación el análisis realizado comenzando por la pérdidas que presenta la compañía de manera global hasta llegar a las perdidas particulares del acero y tela.

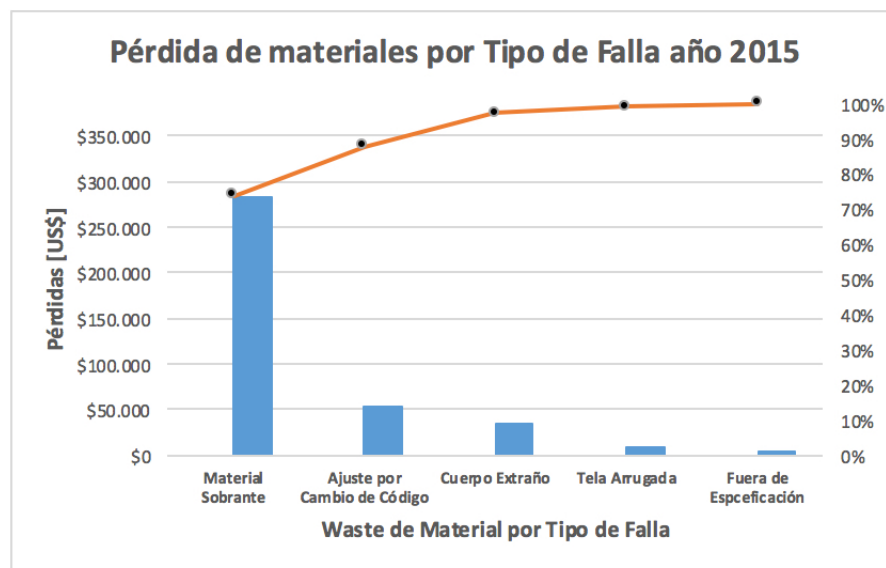
Durante el año 2015 Goodyear Chile presentó perdidas por concepto de desperdicio de materiales por un monto de US\$819.574, de los cuales US\$385.201 pertenecen al área de Preparatoria, US\$254.067 a la zona de Calandras y US\$180.306 al área de Banbury.



**Figura 4.8:** Pérdida de material por división año 2015.  
[Fuente: Elaboración propia en base a datos de Goodyear Chile]

Como se observa en el gráfico, un 47 % de las pérdidas de material se concentra en el área de preparatoria, que es hacia donde se dirigirá el enfoque de esta investigación.

Ahora bien, dentro del área de preparatoria se tienen a su vez diversas causales por las cuales un material es catalogado como “waste”, por ende se convierte en pérdida de material. Los principales ofensores que se encuentran presentes en esta área se muestran en el siguiente gráfico de Pareto.



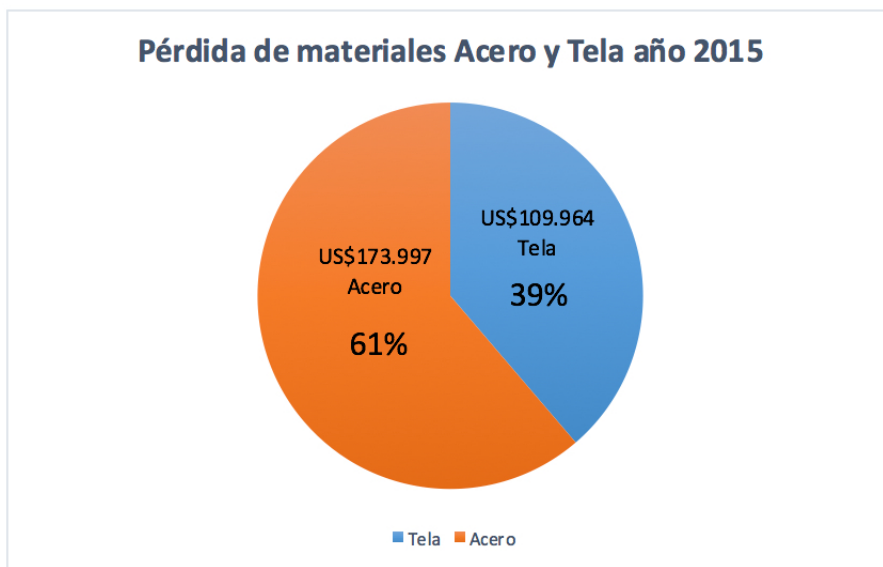
**Figura 4.9:** Pérdida de material por tipo de falla año 2015.  
[Fuente: Elaboración propia en base a datos de Goodyear Chile]

Se observa claramente que tan solo con dirigir la atención a los dos primeros ofensores de pérdidas ya se tiene un 88 % del total de las causas por las cuales un material se desperdicia. más aún, tan solo el primer ofensor el cual es material sobrante, es decir material que pudo ser utilizado para la construcción de neumáticos pero tuvo que ser eliminado por falta de algún otro componente, responde al 74 % del total de ofensores.

El segundo ofensor denominado “Ajuste por Cambio de Código” se refiere al proceso en el cual el operador de la maquina respectiva, ya sea Fischer o Steelastic, realiza los ajustes necesarios a la máquina para lograr las dimensiones (espesor, ancho y ángulo) correcto para la medida entrante. Este proceso debe hacerse con la máquina operando, ya que no existe un ajuste predeterminado para algún código específico. Es por ello que este ofensor es algo “asumido” por la empresa, y los operadores están conscientes de que deben realizar este procedimiento de la manera más eficiente posible para así llevar al mínimo las pérdidas por este concepto.

Por otro lado, el material sobrante que es el mayor ofensor, es un tema que preocupa de gran manera a la compañía, ya que como se mencionó anteriormente es material que pudo ser utilizado para construir neumáticos en verde pero al no ser utilizado, y como el material tiene un fecha de caducidad, tuvo que ser eliminado debido a que el material deja de estar en condiciones para su uso.

Al dirigir la atención a las pérdidas producidas por el concepto de “Material Sobrante”, se observa que de un total de US\$283.961, un 61 % corresponde a Acero, mientras que el 39 % restante pertenece a Tela.



**Figura 4.10:** Pérdidas por tipo de material año 2015.  
[Fuente: Elaboración propia en base a datos de Goodyear Chile]

### Flujo del proceso específico

Ahora que ya se tiene definido el área en particular en la cual se debe apuntar esta investigación, es necesario entonces conocer más a fondo el flujo del proceso en particular que se desarrolla en esta sección de la empresa, esto ayuda a entender a fondo el proceso que está presentando problemas, también resulta útil para conocer cuales son los puntos críticos que pueden originar conflictos para así poder dirigir las soluciones de manera más precisa a la hora de realizar el análisis. Para ello se muestra el siguiente diagrama de SIPOC, en el cual se observa el proceso mismo además de los proveedores de cada etapa, los inputs, los outputs y el cliente final que para este caso resulta ser las máquinas constructoras de neumáticos en verde HF.

Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
Proveedor de Acero Banbury	Acero Compuesto	Conformación de Pestañas	<b>Pestañas</b> Producto almacenado en Cassettes	<b>Constructoras HF de Neumáticos en Verde</b>
Cuarto seco (Acero) Banbury	Acero Compuesto	Proceso de Steelastic <b>FCR</b>	<b>Breaker</b> Producto almacenado en Cassettes <u>Pérdidas:</u> Ajuste de Código Material Sobrante por TC	
Banbury	Compuesto	Proceso de Extrusión	<b>Laterales y Bandas</b> Producto almacenado en Cassettes <u>Pérdidas tienden a cero:</u> Reproceso	
Banbury	Compuesto	Proceso de Calandrado (Gum Calander)	<b>Cojín</b> Producto almacenado en Cassettes <u>Pérdidas tienden a cero:</u> Reproceso	
Proveedor de Tela "bruta" Calandra Z	Tratamiento	Proceso de Fiescher <b>FCR</b>	<b>Tela</b> Producto almacenado en Cassettes <u>Pérdidas:</u> Ajuste de Código Material Sobrante por TC	

\*FCR: Factor Crítico

**Figura 4.11:** Diagrama de SIPOC del proceso.  
[Fuente: elaboración propia]

Es importante tener claro los nombres con que se denota cada material dependiendo del punto del proceso en que se encuentra. *Compuesto* es aquel producto que se obtiene de Banbury, es decir una vez procesado el caucho, con sus respectivos aceites y pigmentos. Por su parte, se denomina *Tratamiento* a la tela engomada, es decir una vez que ya pasó por el calandrado que envuelve la tela (nylon) con goma por ambas caras. Por su parte el nombre *Tela* se usa para referirse al material que entrega la máquina Fiescher y no a la tela “bruta” como se podría imaginar.

- Extrusoras: el proceso de extrusión se alimenta de compuesto, por la boquilla de alimentación entra el compuesto que se desea trabajar, la máquina empuja este compuesto mediante un tornillo gigante para finalmente llegar a la boquilla de salida que le dará las dimensiones correctas dependiendo del componente que se esté produciendo, ya sean Laterales o Bandas.
- Gum Calander: esta calandra tiene la particularidad de entregar un componente muy fino como lo es el Cojín, uno de los componentes más delgados que posee un neumático y que en la actualidad reemplaza a las antiguas “cámaras” que poseían los neumáticos.
- Steelastic: se alimenta de compuesto y también de acero, el cual proviene de un “cuarto seco”, que mantiene la humedad del ambiente al mínimo para evitar la oxidación del acero. La steelastic además de juntar ambos materiales para crear el Breaker, lo dimensiona y le da el ángulo de corte que debe tener dependiendo del tipo de neumático que se va a construir.

- Conformadora de Pestañas: esta máquina se alimenta de carretes de acero, los cuales son enrollados hasta obtener el grosor deseado y luego son cubiertos con compuesto para evitar la oxidación y la corrosión en el futuro neumático. Las pestañas otorgan la estabilidad en un neumático.
- Fiescher: esta máquina se alimenta de tratamiento, dimensiona y le da forma a la Tela, para posteriormente ser enrollada en cassettes y llevados al área de almacenaje.

Como se aprecia en la figura, existen dos factores críticos en este flujo que afectan directamente al problema que se está investigando, estos factores se tienen tanto en Steelastic como en Fiescher. Es aquí donde se producen las discordancias entre la cantidad exacta de material que se debe producir y lo que realmente se produce. Basta con que uno de ellos no cumpla con la cantidad precisa que se debe cortar de material para que esta diferencia produzca una desconfiguración del proceso. Como se mencionó anteriormente este problema afecta a la compañía en forma de pérdidas monetarias cuando se trata de un Término de Cuota, es decir, un código de neumático que no volverá a construirse en un tiempo prolongado.

Cabe resaltar en este punto que los factores críticos son precisamente los señalados debido a que el resto de materiales y componentes que están fabricados netamente en base a goma, tienen la posibilidad de volver a un centro de recuperación para ser llevados a Banbury y ser reprocesados, por lo que las pérdidas por concepto de otro material que no sea Tela o Breaker son prácticamente nulas.

Para facilitar al lector el entendimiento de cada una de las partes que se unen para conformar un neumático se ilustra la siguiente imagen de un neumático seccionado indicando cada uno de sus materiales.



**Figura 4.12:** Componentes de un neumático.  
[Fuente: Goodyear Chile]

### Directriz del proyecto

Una vez determinadas las oportunidades del proyecto, principalmente la reducción de pérdidas, y además el área de trabajo en la cual se desarrollará este, se realiza un project charter, en el cual se indica el nombre del proyecto, los alcances, metas estimadas a cumplir, nombres del equipo de trabajo, recursos disponibles y plazos de cada etapa. Esta herramienta es de suma importancia para mantener una referencia de lo que se desea lograr además de entregar información importante con respecto al proyecto.

**Tabla 4.1:** Project Charter pérdida de materiales en área de Preparatoria.

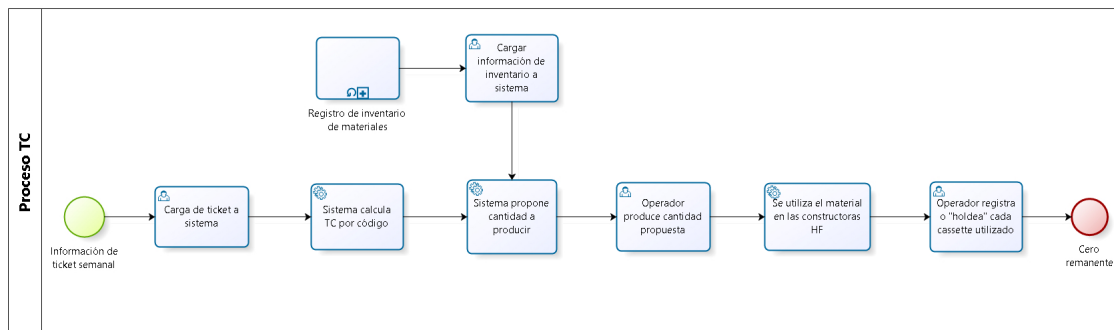
<b>Project Title:</b>		<b>Pérdida de Materiales en área de Preparatoria</b>		
<b>Loss Opportunity Statement:</b>		Durante el año 2015 en el área de preparatoria se registraron pérdidas de US\$254.067		
<b>Expected Savings:</b>		Reducir el nivel de pérdidas por lo menos en un 25% (Objetivo a largo plazo con tendencia a cero)		
<b>Team Role</b>	<b>Name</b>	<b>Responsibility On Team</b>	<b>Current Job Function</b>	<b>Shift</b>
<b>Team Leader:</b>	Cristian Díaz		Manufacturing Control Manager	
<b>Finacial Member:</b>	Alexander Noeckel		PPCI Analyst	
<b>Team Member:</b>	Álvaro Olguín		Production Control Specialist	
<b>Team Member:</b>	Iván Roa		Alumno Memorista	
<b>Sponsor:</b>	Rodolfo Villalobos		Uniformity Coordinator	
<b>FI Resource:</b>	Felipe Aravena		Industrial Engineer Senior	
<b>Meeting Days:</b>	Miércoles y Viernes	<b>Meeting Time:</b>	11:00 - 12:00 hrs	<b>Location:</b> Sala A3

[Fuente: Elaboración propia en base a datos de Goodyear Chile]

Ahora que ya se tienen claros los objetivos, hacia donde apuntan las mejoras y también la planificación para proceder, se tienen las condiciones para continuar con la etapa de medición, la cual es clave para una futura toma de decisiones con respecto a las mejoras que se deben implementar en el área.

### 4.3.2. Medir

Con el fin de comprender como la empresa enfrenta un término de cuota, y como la recolección de datos se relaciona directamente a las distintas etapas que la componen, es necesario representar y explicar el flujo de este proceso a nivel de sistemas y de operadores, los cuales se relacionan muy de cerca en este proceso. A continuación se muestra el flujo teórico de cómo se debiese enfrentar un eventual término de cuota para que el remanente de materiales sea nulo.



**Figura 4.13:** Diagrama de flujo del proceso de aceptación de un término de cuota.

[Fuente: elaboración propia]

El proceso inicia con la información del ticket semanal a producir, información enviada por Goodyear USA a las distintas plantas en todo el mundo, entre ellas Chile. Con esta información se realiza la entrega de los datos al sistema referente a la carga total de neumáticos a producir, proceso del cual está encargado el área de Control de Producción. Una vez ingresada esta información, el mismo sistema calcula cuáles son los código que comenzarán el proceso de término de cuota, luego ajusta la cantidad necesaria a producir de cada material. Esta información además es complementada con el registro de inventario, para con ello tener la información de los materiales ya disponibles que no deben ser fabricados. Esta información es llevada a los operadores de cada máquina mediante una pantalla que poseen en su lugar de trabajo ellos revisan cuanto material deben sacar, los códigos que terminan cuota son resaltados con un color distinto, de manera que el operador tenga la precaución de no fabricar material en exceso al que se solicita. Una vez el material es fabricado, este se monta en cassettes de distintos tamaños dependiendo del tipo de material y puede ser llevado directo al área de Construcción (máquinas HF) o en su defecto, puede ser llevado a almacenaje donde esperará ser utilizado cuando el área de construcción lo solicite. Cuando el operador de las máquinas HF utiliza un material, es su obligación registrar en el sistema que ha acabado el cassette, puesto que así el sistema descuenta esta cantidad y no se producen discordancias en los materiales. Si todo se hace de manera perfecta, no existen diferencias en los materiales, se construye la cantidad exacta de neumáticos y no hay remanente de material.

Nótese que este proceso es ideal, por lo que no existe material sobrante, claramente alguna de las tareas descritas está sufriendo fallas por lo que no se está cumpliendo con el objetivo de diseño.

### Plan de recolección de datos

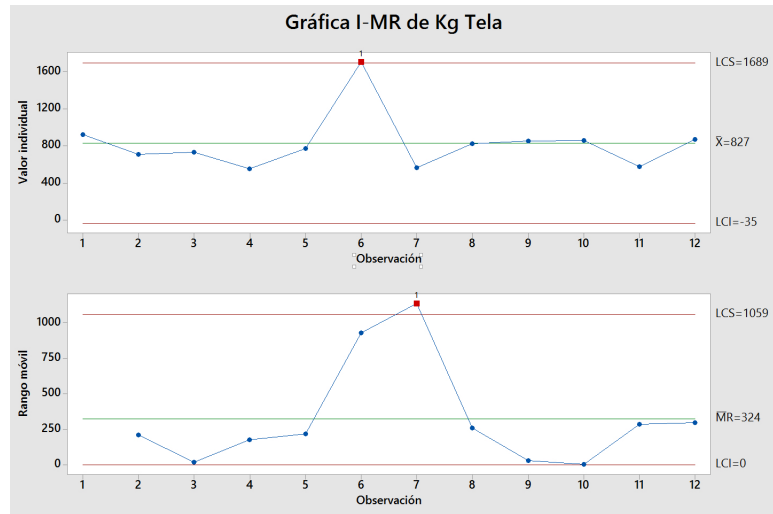
En esta etapa se decide medir de manera física las pérdidas producidas por concepto de desperdicio de material por términos de cuota. Como se desprende del planteamiento del problema realizado anteriormente, se decide medir los sobrantes de material producidas posterior al proceso de Fiescher y de Steelastic, es decir una vez que el operador termina de cortar material, lo almacena en un cassette y posteriormente es llevado a la zona de almacenaje para su posterior uso en una constructora HF.

Esta medición se realiza de manera semanal durante 12 semanas consecutivas, se consideran solamente aquellos sobrantes de material que correspondan a un código que terminó cuota, por ende no podrá ser utilizado antes de que el material cumpla su vida útil. Esta tarea es realizada por el monitor del área de preparatoria el cual debe procurar que se cumplan todas las condiciones descritas anteriormente.

Además de recolectar el valor del material sobrante, al monitor de preparatoria también se le encarga la misión de asignarle una “causa probable” al material que se está botando, es decir, ya se sabe que la causa raíz es el término de cuota de un código, pero más allá de esto es necesario saber por qué no se cortó la cantidad precisa de material que se debía. Sin embargo, se denomina a esta razón una “causa probable” ya que no necesariamente el motivo que el monitor decida o apunte en la ficha será la correcta, debido a que, como se describirá más adelante, el monitor de preparatoria tiene poder de decisión a la hora de comunicarle a un operador cuanto material debe sacar, por lo que la responsabilidad podría caer sobre él mismo. Es por ello que en la sección de análisis de los datos se tendrá en cuenta este factor y se afrontarán los datos desde distintas perspectivas para evitar lo más posible información sesgada.

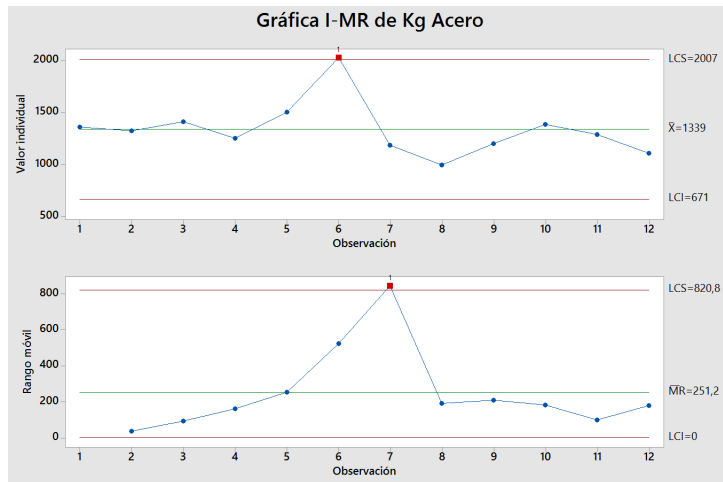
Para esta tarea se le entrega una tabla con los datos solicitados a llenar cada semana, y para su fácil uso se le asignan números a cada causa probable.





**Figura 4.14:** Pérdidas semanales de tela registradas durante 12 semana en área de preparatoria.  
[Fuente: elaboración propia en base a datos de Goodyear Chile]

Por otra parte los resultados del material sobrante de acero registrado es:



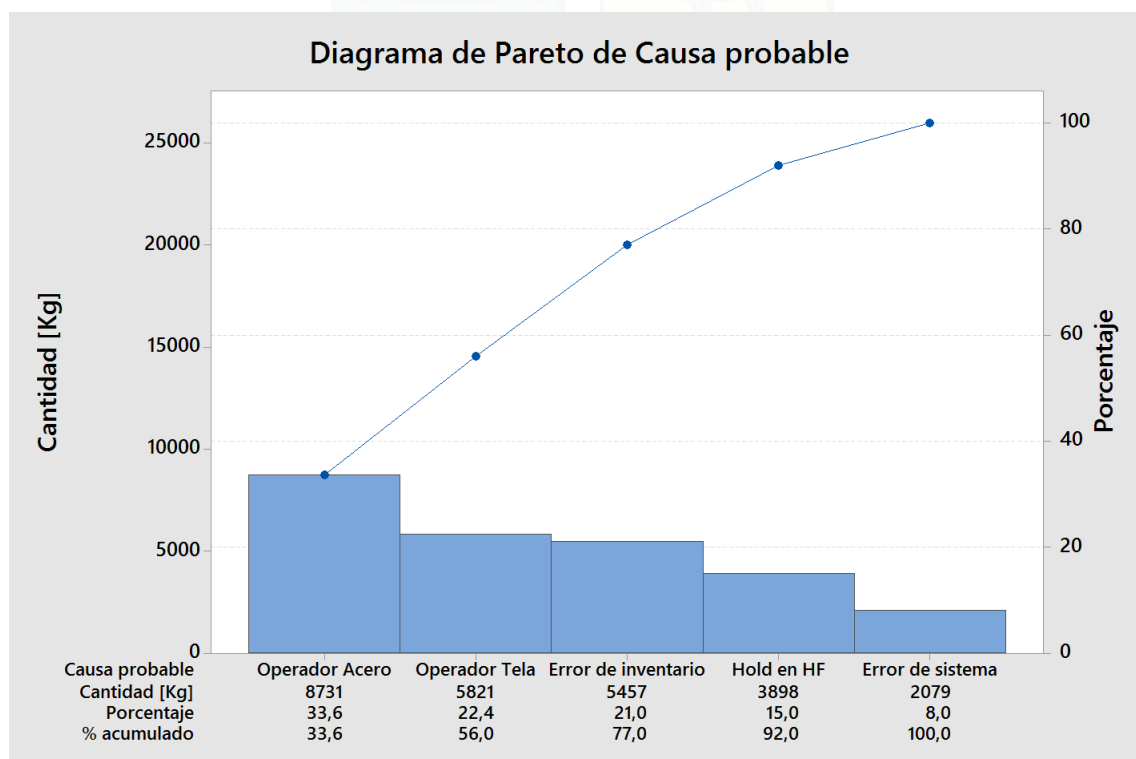
**Figura 4.15:** Pérdidas semanales de acero registradas durante 12 semana en área de preparatoria.  
[Fuente: elaboración propia en base a datos de Goodyear Chile]

Se muestra en la gráfica las pérdidas de materiales totales en el tiempo, el promedio para el caso de la tela fue de 827 [Kg] por semana, mientras que para el caso del acero el valor asciende a 1339 [Kg] por semana. Se aprecia para ambos casos un valor (semana 6) que supera el límite superior de tres desviaciones estándar, este valor coincide con eventos de calidad producidos en la empresa durante este período que tiene que ver con falta de pigmentos para producir bandas de rodamiento. Por lo que el material tuvo que ser desechado por falta de bandas. En base a esos eventos es necesario tomar acciones correctivas.

### Gráfica de Pareto de causas probables

Por otro lado, se recolecta la información registrada por el monitor de turno referente a la “causa probable” de la cantidad de material sobrante, con esta información se construye una gráfica de Pareto con el fin de conocer las posibles causas más frecuentes de la problemática, sin embargo como se mencionó anteriormente se debe tener sumo cuidado con esta información ya que podría estar incompleta y es necesario profundizar en ella con más detalle, proceso que se llevará a cabo en la sección de análisis de la información.

A continuación se muestra el Pareto construido con la información obtenida:



**Figura 4.16:** Pareto de causas probables en remanente de materiales.

[Fuente: elaboración propia]

En el diagrama anterior se observan cinco causas probables, las cuales debían ser utilizadas por el monitor del área para catalogar las pérdidas de material producidas. Estas cinco causas se definen de la siguiente manera:

- **Operador Acero:** se refiere a que no existe causa atribuible a inventario, al operador en HF o al sistema, por lo que se asume que el operador de Steelastic decidió no cortar la cantidad establecida por el sistema al momento de producir Breaker.

- **Operador Tela:** se refiere a que no existe causa atribuible a inventario, al operador en HF o al sistema, por lo que se asume que el operador de Fiescher decidió no cortar la cantidad establecida por el sistema al momento de producir Tela.
- **Error de inventario:** se refiere al caso de que pese a que el sistema mostraba la cantidad correcta a producir y que pese a que los operadores efectivamente cortaron la cantidad establecida, existía un error de inventario por lo que los datos mostrados en el sistema no eran confiables y de igual manera se produce un desequilibrio en los materiales.
- **Hold en HF:** este término hace referencia al área de construcción, y se refiere a que el operador de la constructora HF no registra en el sistema el ingreso o la salida de algún cassette de material, por lo que el sistema no lo detecta como utilizado y se produce un desajuste en el mismo.
- **Error de sistema:** es el caso menos probable, pero puede existir el caso que el sistema que le muestra al operador la cantidad de material a producir le muestre una cantidad errónea, por lo que el operador pese a sacar la cantidad de material “correcta” se produce un remanente de material

Se observa que la mayor cantidad de causas probables (56 % de ellas) hacen referencia a los operadores de Steelastic y Fiescher, un 21 % del material sobrante se debe a errores en la toma de inventario, un 15 % se atribuye a un proceso de Construcción en HF y tan solo un 8 % a errores en el sistema mismo.

Se vuelve a hacer hincapié en que estas causas son denominadas “causas probables” ya que no necesariamente son las únicas existentes y deben ser analizadas en mayor profundidad más adelante, lo cual será realizado en la sección de análisis de datos. Sin embargo, esta información es muy útil a la hora de dar una noción de los problemas que existen en el proceso analizado.

Con estos datos sobre la mesa, es posible iniciar la tarea de analizar los mismos, con el objetivo de encontrar causas que estén originando problemas, procedimientos que no se están ejecutando de manera correcta o quizás procesos que no están añadiendo valor al flujo.

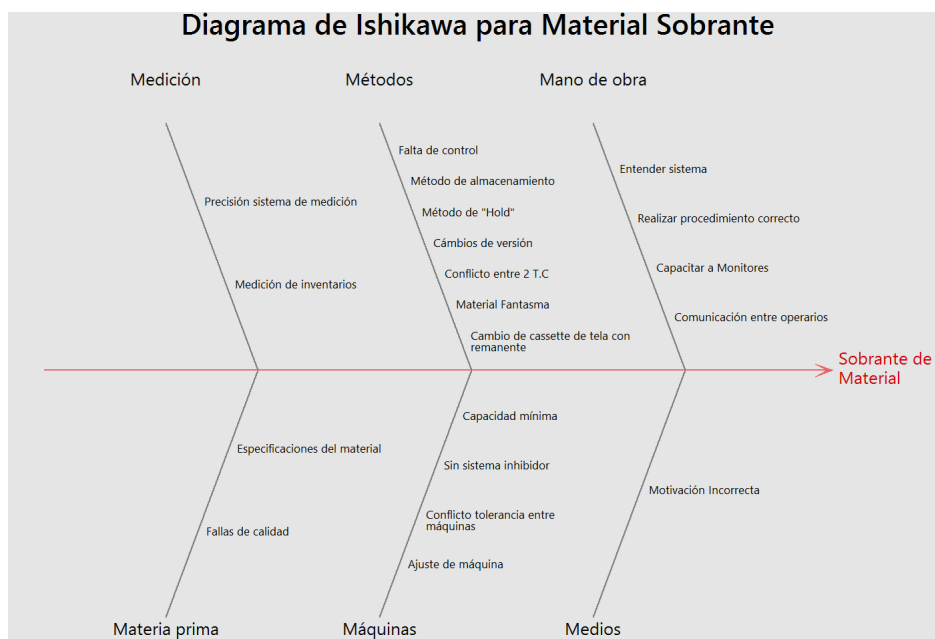
### 4.3.3. Analizar

Con la mediciones ya realizadas, se tiene suficiente información para comenzar un análisis de la problemática, para ello se trabaja constantemente y en conjunto con distintas áreas y personas

que puedan aportar información e ideas relevantes. En este punto es muy importante saber realizar un cruce entre la información entregada por el área de Control de Producción y la información en terreno que pueden aportar los operarios, los monitores y los coordinadores de piso. Es por ello que se realizan reuniones de manera semanal con distintos involucrados en el proceso, procurando un ambiente de confianza en la que no participe algún jefe directo o indirecto de la persona. Esto con el fin de poder obtener información lo más honesta y confiable posible.

### Identificación de causas potenciales

La información obtenida en cada reunión es registrada cuidadosamente, se trabaja con ella y es posible realizar un diagrama de causa efecto de las potenciales causas que están causando el desequilibrio en la producción de materiales. Más adelante se explicará en detalle en que consiste cada causa y como está afectando ella en la problemática analizada.



**Figura 4.17:** Diagrama de Ishikawa de problema de Sobrante de Material.

[Fuente: elaboración propia]

En el diagrama anterior se observan diferentes causas relacionadas a los factores: mano de obra, material, medición, máquinas métodos y medio. Este diagrama de Ishikawa es elaborado con la colaboración de personas expertas pertenecientes al área analizada, tanto profesionales de oficina como operarios de cada máquina que manejan el proceso a cabalidad. Las distintas causas que conducen al problema en cuestión se detallan a continuación.

**Medición:**

- Existen dos causas importantes detectados en esta sección, estas son la falta de precisión en el sistema de medición que utiliza el sistema que luego informará a los operarios cuánto material deben cortar de los materiales pedidos. Esto se debe a que el sistema considera que si un cassette es retirado de una máquina constructora con menos del 15 % de capacidad del mismo, entonces se considera vacío. No existe un consenso sobre quién estipuló este porcentaje, pero claramente en cassettes que contienen cientos de metros de tela o acero es una cantidad más que considerable como para omitirla.
- Otra causa relevante es la medición realizada de inventarios de material, ya que esta se realiza una vez por semana, es realizada por abastecedores entre las 7 am y las 8 am, y cualquier cassette que no sea registrado dentro de este horario, el sistema lo asume como vacío. Claramente aquí existe una causa relevante en el descuadre de materiales, ya que los abastecedores no están conscientes de la relevancia de registrar todos los materiales, por otro lado, el realizar en solo una hora esta actividad genera un fuerte riesgo de que queden fuera uno o varios cassettes sin registrar y como se mencionó anteriormente, el sistema no considerará este material.

**Métodos:**

- En esta sección se encontraron la mayor cantidad de causas que contribuyen al problema estudiado. Por un lado existe una falta de control evidente a la hora de general el material, el operador es guiado por el sistema que le indica cuánto de este material debe cortar pero no existe control alguno sobre si verdaderamente se cumple esta propuesta.
- Por otra parte, existe un déficit en el método de almacenamiento del material, como se mostró en la sección 4.3 a pesar de existir un lugar físico determinado para almacenar los materiales, se siguen encontrando situaciones como esta, en donde los materiales están distribuidos por cualquier lugar, por lo que más adelante a la hora que los abastecedores tengan que llevar el material a las máquinas constructoras difícilmente lo encontrarán y se producirá en descuadre en los materiales.
- Así mismo, vuelve a salir a flote la causa registrada por los monitores en la sección “Medir”, el cual se refiere a que al momento de utilizar el material en las máquinas constructoras, el

procedimiento correcto debiese ser “Holdear” o registrar que dicho material está ingresando, así el sistema asume que será utilizado y lo descuenta del registro de materiales para poder realizar el calculo correcto. Si este procedimiento no se realiza el material continúa existiendo de manera falsa, por lo que nuevamente se produce un desajuste en los materiales.

- Otro factor que no se había considerado y gracias a la participación del departamento de Desarrollo fue detectado, es el problema que ocurre cuando un material cambia de versión, es decir cuando un material se le cambia cierta característica que muchas veces es irrelevante para la construcción del neumático en verde, por lo que perfectamente se puede seguir utilizando el material “antiguo”, pero el sistema no asume esa equivalencia por lo que todo el material sin la nueva versión no es considerado como útil, por lo que quedará sin utilizar.
- Otra causa detectada en esta investigación ocurre cuando un mismo material termina cuota para dos neumático distintos al mismo tiempo, es decir, que si un neumático en verde A y un neumático en verde B utilizan la misma tela o acero y ambos terminan cuota en una misma fecha, entonces el sistema asume que se debe seguir produciendo dicho material ya que “el otro” código lo utiliza, y al mismo tiempo el sistema asume lo mismo para el otro código.
- El material fantasma es un término que se utiliza para aquel material que según el sistema existe, pero físicamente no se puede encontrar. Esto puede ocurrir por muchas razones, algunas de las cuales fueron explicadas anteriormente, como por ejemplo un registro de inventario insuficiente, operadores que no holdean el material, entre otros.
- Una de las causas importantes encontradas en esta investigación radica en la construcción de neumáticos en verde que utilizan dos tipos de cassette de tela (Tela 1° y Tela 2°), uando una máquina constructora HF vacía uno de estos dos cassettes (no se consumen de manera pareja) el operador de la máquina cambia ambos cassettes, para no tener que repetir el procedimiento una vez que se acabe el otro carrete. Esto genera una acumulación de cassettes con remanentes, que finalmente son eliminados por no uso.

#### **Mano de obra:**

- Una de las principales causas que afectan en esta problemática, es el poco entendimiento que se tiene de las repercusiones generadas cuando no se realiza el proceso de manera correcta. Es por ello que sin un entendimiento del sistema que los operadores deben saber leer, en-

tender y seguir no es posible una coordinación entre los materiales, problema presente en la empresa actualmente.

- En la actualidad se ha observado que los procedimientos no se están realizando de manera correcta, operadores que no registran el material que ingresan a las constructoras, abastecedores que no realizan inventarios de manera óptima, monitores que no se preocupan de el buen funcionamiento del proceso, son solo algunas de las fallas que se han encontrado en esta investigación.
- La principal responsabilidad de las malas decisiones y falta de control de operadores recae sobre los monitores del área, quienes deben mantener en conocimiento a cada operador de la importancia del correcto flujo del proceso. Es por ello que si los monitores no están conscientes y capacitados sobre las repercusiones que esto trae se genera un desorden desde aquí hacia adelante.
- Anexo a lo anterior, se ha detectado que una de las causas precisamente ocurre por decisiones basadas en conversaciones entre operarios del área de preparatoria y construcción, es decir si un operador de construcción le indica al operador de preparatoria que debe sacar más cantidad de un material de lo que dice el sistema, este lo hace sin dudar de lo que el sistema está indicando.

#### **Materia prima:**

- En este ítem se encontraron pocas causas que afectan a la problemática en cuestión, sin embargo existen aunque sea en menor medida. Una de ellas es material fuera de especificación, esto conlleva a que el material no puede ser utilizado. Se requiere de un control de calidad más estricto para detectar este inconveniente antes de que llegue al área de construcción.
- Relacionado con lo anterior, también se ha detectado ocasiones en que el material pese a estar correcto en especificaciones, fue mal enrollado al momento de ser guardado en el cassette, lo que produce arrugas en la tela específicamente y posteriormente el material no puede ser utilizado en las constructoras HF.

#### **Máquinas:**

- Una causa recurrente cuando se refiere a las limitaciones de las máquinas es que el sistema no considera dicha capacidad mínima. Es decir, el sistema puede pedir una cantidad de metros

tan mínima al operador, que este simplemente no puede realizar, esto se debe a que las máquinas tienen un recorrido que generalmente es la mesa donde se transporta el material hasta llegar al cuchillo de corte, por lo que el operador no puede sacar una cantidad menor a esa distancia. Este es un problema del cual se está consciente pero hasta ahora no existe capacidad de solucionar.

- Otro factor muy relevante y que se relación directamente con la causa de la falta de holdeo de material, es la no existencia de un sistema inhibitor, esto quiere decir que no hay nada que impida al operador de alguna máquina HF a ingresar un material sin antes haberle indicado al sistema que lo está haciendo.
- Un punto importante detectado en este análisis junto al equipo de preparatoria y construcción recae sobre un conflicto entre especificaciones y tolerancias. Para ser más específico se trata de la tolerancia que presenta las máquinas Fiescher v/s la tolerancia de las constructoras HF. Por su parte la calandra permite una tolerancia de  $\pm 5$  [mm] mientras que las constructoras tienen una tolerancia de  $\pm 3$  [mm] por lo que se da la situación de que al momento de colocar el material en la constructora, este sale rechazado por esta fuera de especificación, pese que en el control de calidad de preparatoria el material cumplía con las especificaciones.
- El ajuste de máquinas esta directamente relacionado con las limitaciones de la misma, un operador no puede empezar a cortar un material de un momento a otro, se debe ajustar la maquina a las nuevas especificaciones y este proceso conlleva un pérdida de material, ya que esto no se puede hacer con la máquina detenida. Sin embargo, este factor está bastante asumido por la empresa y se tiene bastante control sobre el material que se pierde debido a ello.

#### **Medio:**

- En este punto junto a todo el equipo que trabaja en este proyecto, incluyendo operadores, monitores y jefes de área, se llega a la conclusión que existe un enfoque erróneo a la hora de generar el material. Tanto los operadores como los monitores del área tienen un enfoque de generar la mayor cantidad de material posible, ya que su evaluación de desempeño se basa en material cortado, y no se hace hincapié en si este material generado es 100 % útil o no.

Con las causas de la problemática ya detectadas y gracias al trabajo en conjunto de todo el equipo que integra este proyecto en la empresa, se tienen las condiciones necesarias para proponer mejoras.

También es importante realizar una priorización de dichas mejoras para así optimizar y enfocar los recursos y energías en mejoras sustanciales y que reflejen con números los esfuerzos invertidos.

#### 4.3.4. Mejorar

Para que el proceso de mejoras se realice de buena forma, se llega a la conclusión que primero que todo se debe realizar una priorización de estas. Para ello se utiliza una matriz de priorización, la cual es explicada a continuación.

##### Priorización de mejoras potenciales

Luego de identificar las causas potenciales del sobrante de material, se crea una matriz de priorización de mejoras a realizar y estas se clasifican según el impacto y esfuerzo estas tendrían al ser implementadas (Ver sección A.3). Para medir el impacto de las mejoras se asignan 3 criterios fundamentales para esta problemática, estos son: la reducción de pérdidas, mejora del proceso y si disminuye la probabilidad de errores. Para medir el nivel de esfuerzo para implementar las mejoras se asignó valor a la inversión involucrada necesaria, modificación de la metodología de trabajo por parte de los operadores y la detención de la producción por más de 1 día de trabajo.

La siguiente tabla resume el análisis realizado y cómo se trabaja con la puntuación de cada criterio:

**Tabla 4.3:** Puntuación asignada para la matriz de priorización de mejoras.

Impacto		Esfuerzo	
¿Reduce generación de pérdidas?		¿Involucra inversión?	
Baja: 1	Alta: 2	Baja: 1	Alta: 2
¿Mejora el proceso actual?		¿Modifica metodología de trabajo?	
No: 0	Si: 1	No: 0	Si: 1
¿Disminuye la probabilidad de errores?		¿Requiere destinar tiempo de trabajadores a otras labores?	
No: 0	Si: 1	No: 0	Si: 1

[Fuente: elaboración propia]

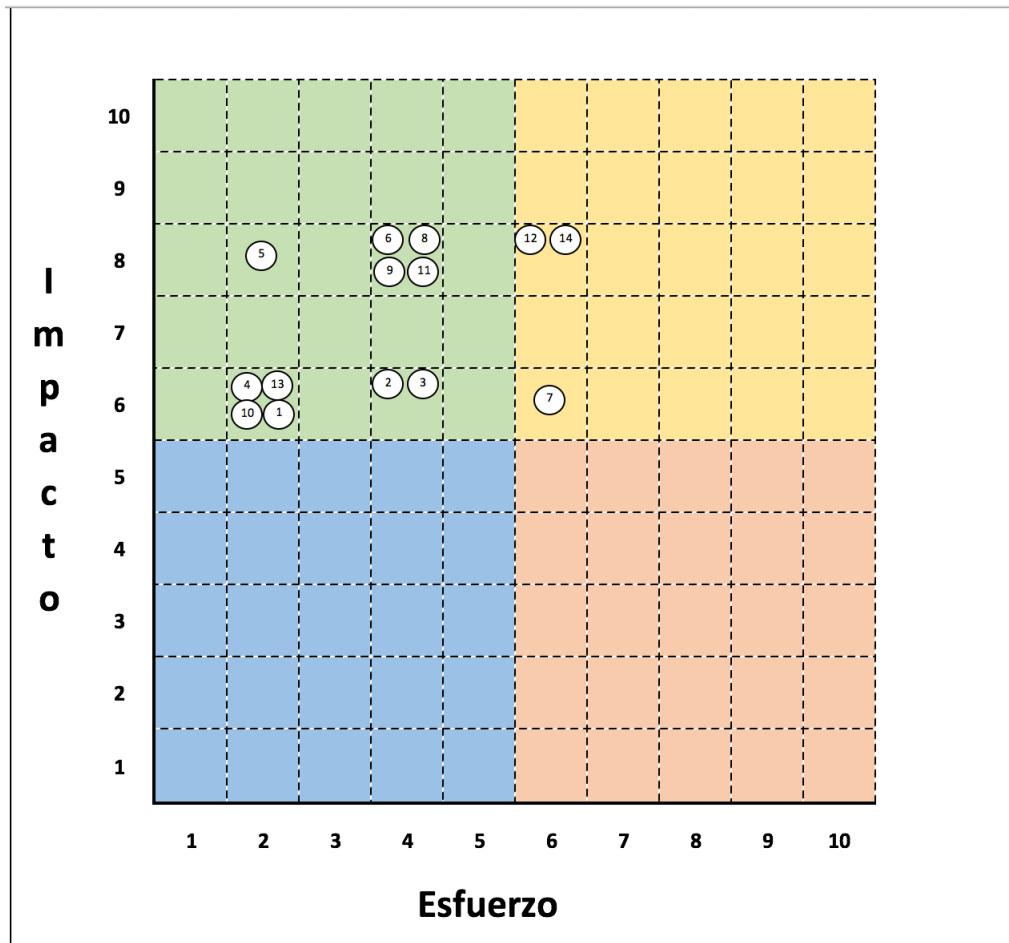
A continuación se presentan las mejoras propuestas frente a las diversas causas, la siguiente tabla enumera dichas propuestas y además muestra el puntaje obtenido a nivel de impacto y de esfuerzo.

**Tabla 4.4:** Puntajes obtenidos para priorización de mejoras en sobrante de materiales.

Acción		Nivel de Impacto	Nivel de Esfuerzo	Acción		Nivel de Impacto	Nivel de Esfuerzo
Nº	Descripción			Nº	Descripción		
1	Disminuir a un 5% la cantidad con que un cassette expulsado se considera vaciado.	6	2	8	Capacitar a todos los operadores de Steelastic y Fiescher sobre el funcionamiento del sistema, el impacto que tiene en la empresa y el correcto funcionamiento del proceso.	8	4
2	Aumentar a 3 horas el plazo para que abastecedores realicen inventario de materiales.	6	4	9	Utilizar los cassettes con remanentes en área de preparatoria, empalmado el extremo del material sobrante con el nuevo material hasta volver a llenar el cassette.	8	4
3	Realizar control de manera semanal de la cantidad de material cortado en exceso por operadores.	6	4	10	Reforzar a monitores sobre el continuo control que deben tener hacia los operadores.	6	2
4	Reforzar a abastecedores el único lugar físico en el que se pueden disponer materiales.	6	2	11	Nueva metodología para operadores: si el sistema pide una cantidad tan pequeña que no se puede cortar, entonces corte la mínima cantidad que la máquina permite.	8	4
5	Reforzar a operadores de constructoras HF la obligación de holdear un cassette una vez este ha sido expulsado de la máquina.	8	2	12	Instalar sistema inhibidor en máquinas constructoras HF que no permitan el ingreso de un nuevo material sin antes haber holdeado el cassette retirado antes.	8	6
6	Agregar información visible para operadores de equivalencias en materiales cuando se produce un cambio de versión.	8	4	13	Emparejar las tolerancias entre máquina Fiescher y Constructora HF a $\pm 3$ .	6	2
7	Realizar una revisión a principio de semana de todos los códigos que terminen cuota, si se da el caso de que dos códigos que usan un mismo material realizan TC, entonces solo se considera uno con la suma de los dos materiales.	6	6	14	Nuevo enfoque de trabajo para operadores y monitores. Lo más importante no debe ser cuánto material cortaron en cada turno, sino que cuánto de ese material es 100% útil para construir neumáticos.	8	6

[Fuente: elaboración propia]

Con esta información se procede a confeccionar un gráfico que facilita la lectura de la priorización de las mejoras propuestas. La siguiente figura muestra una matriz de prioridad para la implementación de las mejoras. En la zona de Alto impacto/Bajo esfuerzo recaen las mejoras 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 y 13, sobre estas mejoras se decide trabajar principalmente. En la zona de Alto impacto/Alto esfuerzo aparecen las mejoras 7, 12 y 14, estas mejoras se debiesen simplificar o dividir en etapas. Estas mejoras se deben implementar en el mediano plazo, ya que requieren una inversión de tiempo y económica mayor. En la zona Bajo impacto/Bajo esfuerzo se encuentra la mejora 1, se deben realizar si no existen otras prioridades en el área. Por último en la zona Bajo impacto/Alto esfuerzo no se registraron mejoras, esto se debe principalmente a que en cada reunión se tiene la precaución de proponer ideas de mejora que sean factible en el mediano y corto plazo.



**Figura 4.18:** Matriz de priorización de mejoras para la disminución en la pérdida de materiales.  
[Fuente: elaboración propia]

Una vez priorizadas las mejoras a implementar, se creó un plan de trabajo con las acciones a realizar, tiempos de implementación y los respectivos responsables (Ver sección A.4).

### Implementación de mejoras potenciales

En base a decisiones tomadas por el equipo que constituye este proyecto, se propone comenzar con la implementación de mejoras del tipo Alto impacto/Bajo esfuerzo.

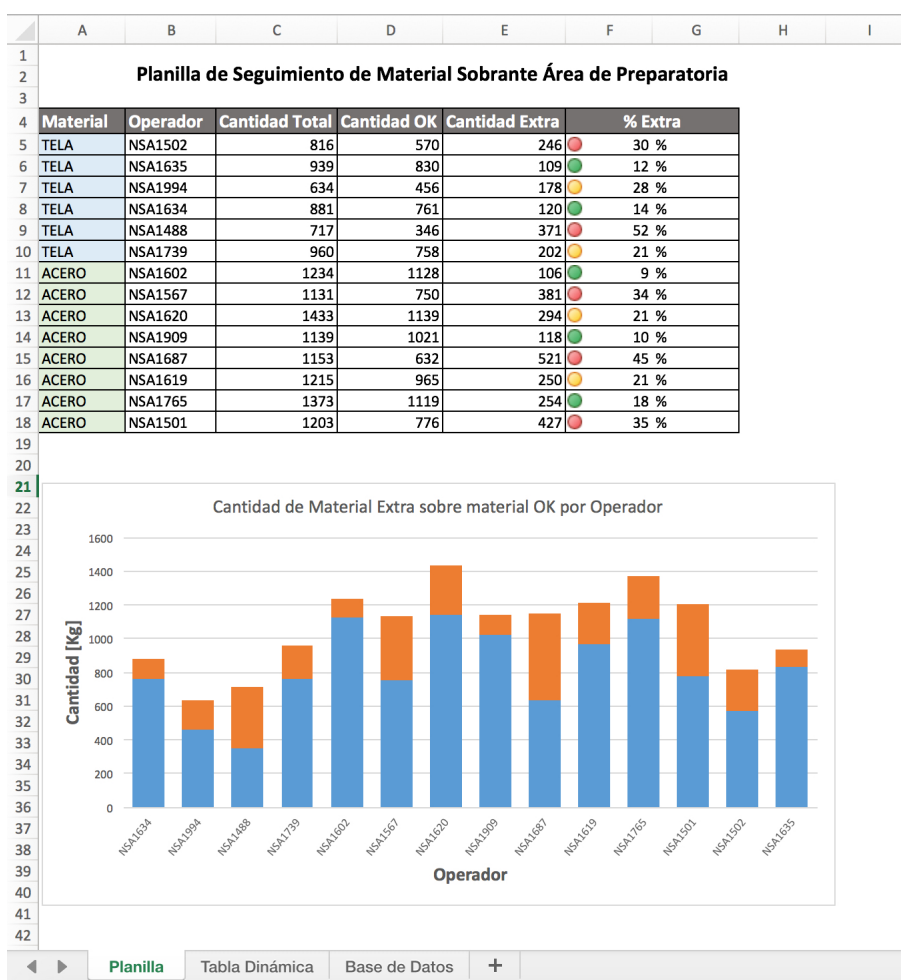
De acuerdo a lo anterior se determina implementar las siguientes medidas:

- Se decide disminuir de un 15 % a un 5 % la cantidad con que un cassette expulsado de una constructora HF se considera vacío. Esto debido a que un 15 % de un cassette de tela y breaker corresponden a 41 y 42 metros respectivamente, lo que es una cantidad considerable en caso de que el cassette sea expulsado con esa cantidad. La idea es considerar esos cas-

settes de ahora en adelante como parciales y poder recuperar el material para ser utilizado posteriormente.

- Para evitar pérdida en la toma de datos de registros de cassettes con material se decide aumentar el plazo que destinan los abastecedores al registro de estos datos. Se propone un nuevo plazo de 3 horas, entre las 7 am y las 10 am para realizar esta labor.
- Se pone a disposición de coordinadores del área una planilla Excel con indicadores de KPI por operador, la cual se alimenta del sistema que indica a los operadores cuanto material deben producir. Con esto se pretende mantener un control enfocado en la cantidad producida que sea estrictamente necesaria y no en producir gran cantidad pero que muchas veces resulta en desperdicio de material.

**Tabla 4.5:** Planilla Excel con KPI's para monitoreo de operadores.



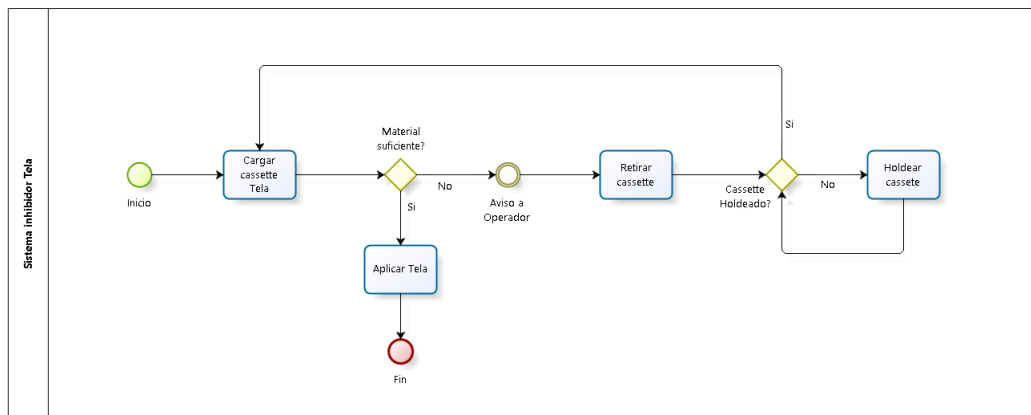
[Fuente: Goodyear Chile]

- Es esencial mantener un control a la hora de almacenar los cassettes con y sin material, es por ello que se debe reforzar a los abastecedores de cassettes los lugares autorizados. Esto a pesar de parecer bastante lógico es algo que con el tiempo se ha ido perdiendo y hoy en día podemos observar cómo es posible encontrar cassettes con material en lugares no estipulados para ello, con lo que a futuro los mismos abastecedores no encontraran el cassette que en sistema aparece con material.



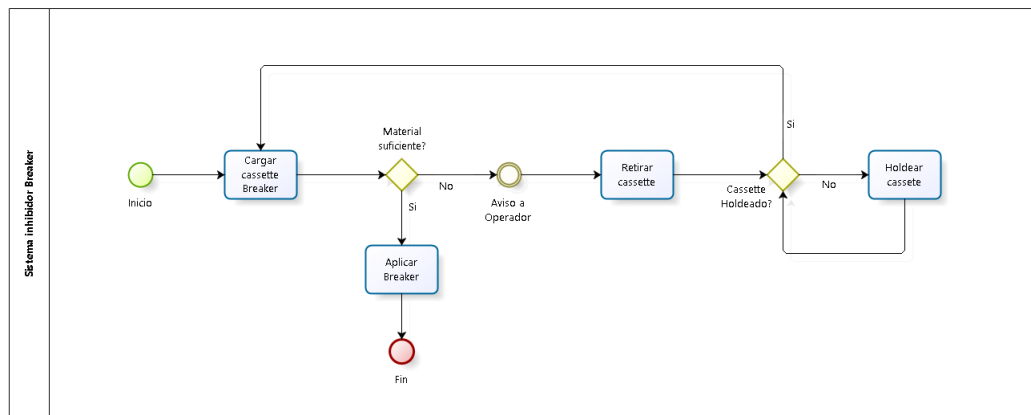
**Figura 4.19:** Comparativa de situación correcta/incorrecta en almacenamiento de cassettes.  
[Fuente: Goodyear Chile]

- Un aspecto fundamental, como se mencionó en la sección anterior, es el trabajo del operador de las máquinas constructoras HF, en particular el hecho de “avisarle” al sistema que un cassette ha sido utilizado y por ende debe descontar ese material del inventario disponible. Para ello se tiene planificado un nuevo sistema de inhibición para las HF el cual obligará a los operadores a hacer esta labor para seguir con su trabajo. Mientras esto se implementa, ya que no es algo rápido de realizar, se debe reforzar con los operadores de las constructoras esta operación, recalcando las repercusiones de no hacerlo y que a fin de cuentas el problema afectará a ellos mismos debido a una posible falta de material.



**Figura 4.20:** Sistema inhibidor propuesto para evitar pérdidas de material, caso Tela.  
[Fuente: elaboración propia]

Para el caso del acero el sistema es el mismo:



**Figura 4.21:** Sistema inhibidor propuesto para evitar pérdidas de material, caso Breaker.  
[Fuente: elaboración propia]

- El problema producido por los cambios de versiones en los materiales es analizado en conjunto con el departamento de Desarrollo, al igual que el sistema inhibidor de constructoras el cambiar la programación de un sistema o de una máquina es algo que en Goodyear Chile no se realiza con la rapidez que se quisiera, ya que todo cambio en sistemas y en general deben pasar por requerimientos USA, lo cual no es un proceso rápido. Es por ello que se envía una propuesta para mejorar el sistema actual, eliminando el error actual, pero al mismo tiempo se implementa una solución temporal para esta situación. El departamento de Desarrollo se encargará de emitir un documento llamado “disposición” el cual será ubicado de manera visible en cada cassette correspondiente, informando de la equivalencia de ese código con otro. Con esta disposición se pretende informar a los abastecedores para que acaben el material

correspondiente y no queden cassettes sin ocupar.

Entidad/Depte.	Fecha de emisión	Título	Proced.	File #	Fecha de revisión
M.Tecnología / QTECH	15-03-2004	SOLICITUD DISPOSICION PRODUCTO NO CONFORME		5	30-08-2009
<b>SOLICITUD DE DISPOSICION PRODUCTO NO CONFORME</b>					
DISPOSICION SOLICITADA POR :		Daniela Contardo A.	CC. : DESARROLLO	X	BCM Div B
FECHA / TURNO DISPOSICION :		19-08-2016	CONTROL DE PROD.	X	TTL Div B
FIRMA:			BCM Div A		TTL Div C
			TTL Div A	X	BCM Div C
<b>PRODUCTO NO CONFORME</b>					
				FECHA:	19-08-2016
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	MOTIVO DISPOSICION	DISPOSICION DEL PRODUCTO NO CONFORME	
		PL69758	Cambio de Ensamble de Telas de RHJ32000ABE a RHJ32000ABF	USAR PL69758 EN REEMPLAZO DE PL70527	
AGOTAR MATERIALES					

*Felix Contardo*

Nota: No se deben dar disposiciones que no tengan completas: CAUSAS, ACCION, RESPONSABLE y FECHA.  
Nota 1: El original de la disposicion debe quedar archivado en el area que solicita la disposicion (reponsable TTL del area).

**Figura 4.22:** Disposición emitida por el departamento de Desarrollo.

[Fuente: Goodyear Chile]

- Para lograr un compromiso mayor de parte de los trabajadores del área y un entendimiento global de las repercusiones que tiene su trabajo en los procesos posteriores es que se realizará una capacitación a todos los involucrados en este proceso. Para ello se diseña una Carta Gantt de cómo se llevará a cabo esta capacitación y quienes serán los responsables de hacerlo. Es importante tener en cuenta que el área no se puede encontrar desatendida por esta medida, por lo que se busca la forma de no alterar el correcto funcionamiento del área. Por otro lado, esta programación se debe acomodar al sistema de turnos de 6x2 que existe en la empresa para el área productiva y debe acomodarse al sistema de 5x2 que tiene el área de oficinas quienes serán los encargados de llevar a cabo estas capacitaciones. Con estas condicionantes se obtiene un programa de capacitación que dura 33 días laborales, desde el 09/05/2016 hasta el 22/06/2016.

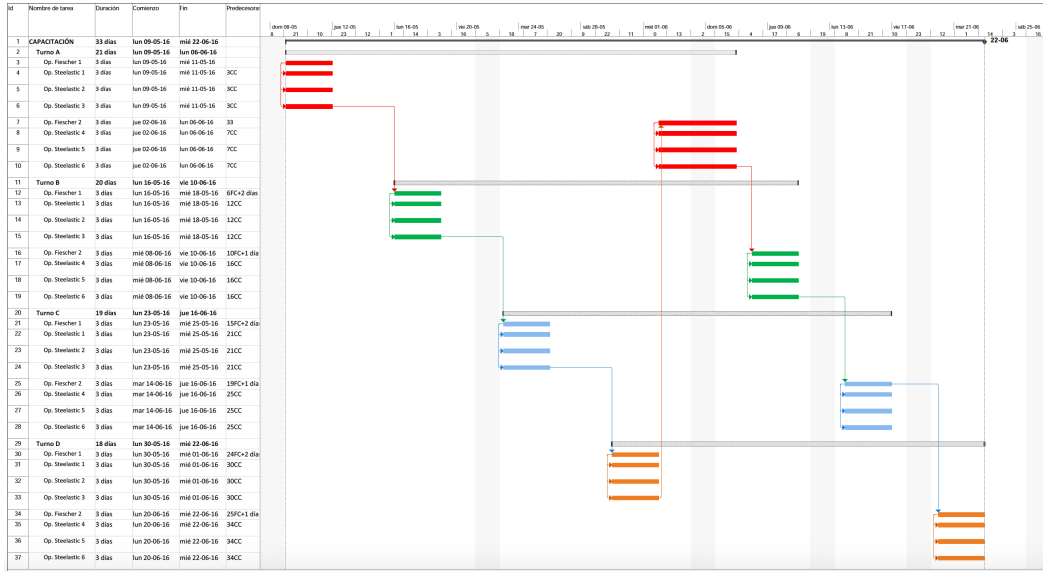


Figura 4.23: Programación de capacitación de operadores.

[Fuente: elaboración propia]

- Uno de los aspectos importantes detectados en el transcurso de este proyecto es la mala optimización de los materiales, es por ello que se decide tomar medidas frente a los remanentes de materiales que por lo general quedan sin utilizar debido a que los operadores no están dispuestos a ocupar un cassette con poco material ya que esto les genera trabajo adicional a la hora de utilizarlo en las máquinas constructoras. Frente a esta situación el equipo decidió implementar una metodología de “Rellenado de Pocos”, para ello se le asigna al monitor del área la tarea de detectar estos cassettes con remanentes y se le asigna la tarea de realizar los empalmes a un operador, quien rellenará un cassette con los remanentes existentes. Para un mayor entendimiento de este nuevo método se confecciona un documento ilustrativo y explicativo a repartir dentro del área de preparatoria. (Ver sección A.5)

## “Rellenado de Pocos”



**Figura 4.24:** Nueva metodología de “Rellenado de Pocos”.  
[Fuente: elaboración propia en base a Goodyear Chile]

- Con el trabajo constante de los monitores se espera que la situación del desperdicio de materiales se vea disminuida en gran medida, es por ello que se le entregarán herramientas que permitan un mejor desempeño en sus labores, como la planilla de monitoreo de KPI's Excel, y las capacitaciones que se realizarán. También es necesario que los operadores sientan la confianza y seguridad de preguntar a su monitor cuando la situación lo amerite, ya que uno de los errores comunes resulta ser que las dudas no son aclaradas de manera correcta, lo que conlleva a malas decisiones.
- Otro de los motivos frecuentes rescatados por la información brindada por los mismos operadores en las reuniones de equipo, es la imposibilidad de cortar ciertas cantidades que el sistema les solicita (cuando la cantidad es menor al largo que recorre el material hasta llegar al cuchillo de corte). Para este problema, se decide implementar una nueva metodología, la cual indica que si este hecho ocurre el operador deberá cortar la mínima cantidad que la máquina le permita. Esta medida se relaciona directamente con la nueva metodología de “Rellenado de Pocos”, ya que al existir cassettes con poco material en su interior, estos serán llevados al área de recuperación para ser empalmados en otro cassette.
- Se le informa al área de Calidad, para solucionar la diferencia de tolerancias entre áreas. Finalmente y con la asesoría del área de calidad se decide emparejar a  $\pm 3$  [mm], con esto

se elimina los problemas presentados al momento de intentar utilizar un material en las máquinas constructoras HF.

Es importante tener en cuenta que pese a que todas estas mejoras se implementan con el objetivo de lograr una reducción considerable en las pérdidas por materiales existe lo que se conoce como el “Valle de la desesperanza transitoria” o VDT que se traduce en una resistencia al cambio por parte de los operarios, muchos de ellos tendrán el concepto de que la mejor forma de hacer las cosas es del modo en que se ha hecho siempre, aquí se puede suponer un tercer costo que es difícil de traducir en dinero, pero que se debe considerar asociado a la desmotivación por parte de los operarios y que se traducirá en que no desempeñen al 100 %, es por esto que se debe generar un cambio radical en las mentes y ser perseverantes en el tiempo para que esta nueva filosofía de trabajo tenga éxito. Maquiavelo en el siglo XVI describió esta resistencia al cambio, de la siguiente manera: “No hay nada más difícil de planificar, ni más peligroso de gestionar, ni menos probable de tener éxito, que la creación de una nueva manera de hacer las cosas. Ya que el reformador tienen grandes enemigos en todos aquellos que se beneficiarían de lo antiguo y solamente un tibio apoyo de los que ganarán con lo nuevo” Por lo que se necesitará certeza y fortaleza por parte de los líderes de los distintos equipos, para no caer, ni dejar que caigan las personas de su equipo, en esta inercia y generar reales cambios en la empresa.

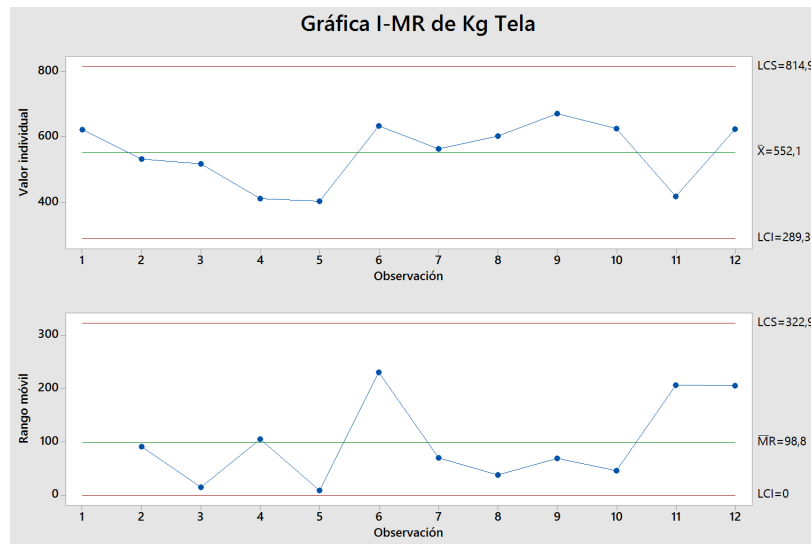
### **Impacto de mejoras potenciales**

Una vez propuestas, analizadas e implementadas las mejoras expuestas anteriormente, se repite el proceso realizado en la sección 4.3.2, se vuelve a medir durante 12 semanas los Kg de material sobrante que deberán ser eliminados. Con esta información se vuelven a construir las gráficas de control con el fin de comparar la situación encontrada anteriormente versus la situación una vez implementadas las mejoras y comprobar la efectividad de ellas. En la sección Anexos (Ver sección A.6) se detallan los resultados registrados por el monitor del área de preparatoria.

### **Gráfico de control final**

Con los datos obtenidos se realiza una gráfica de control con la finalidad de comparar los resultados obtenidos antes de las propuestas de mejoras y los actuales.

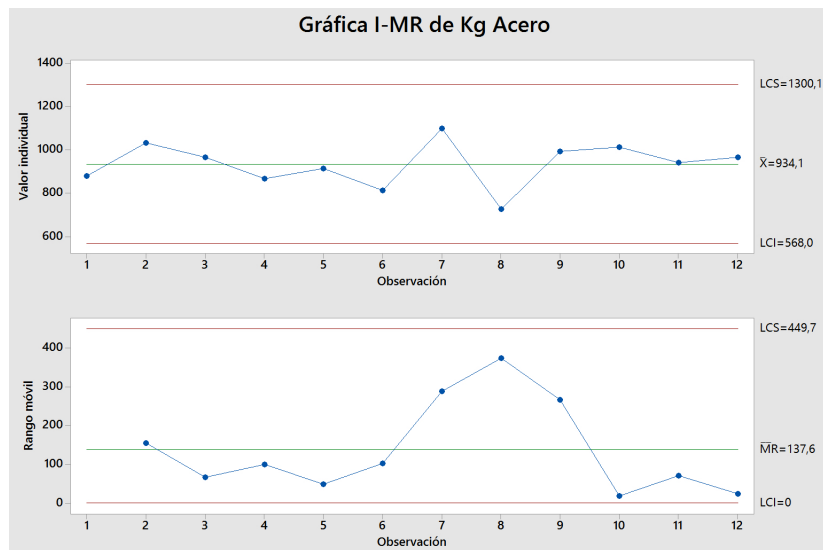
Los resultados para la cantidad en [Kg] de Tela son:



**Figura 4.25:** Pérdidas semanales de tela registradas durante 12 semanas posterior a la implementación de mejoras.

[Fuente: elaboración propia en base a Goodyear Chile]

Mientras que para el acero la gráfica correspondiente es:



**Figura 4.26:** Pérdidas semanales de acero registradas durante 12 semanas posterior a la implementación de mejoras.

[Fuente: elaboración propia en base a Goodyear Chile]

Se aprecia en la figura las pérdidas de materiales totales en el tiempo, el promedio para el caso de la tela luego de implementadas las mejoras es de 552 [Kg] por semana, mientras que para el caso del acero el nuevo valor es de 934 [Kg] por semana. En esta ocasión no se tienen observaciones inusuales, ya que no existió ningún tipo de evento o incidente de calidad que afectara los valores

de materiales a eliminar.

En relación al valor promedio por semana evaluado, se observa una disminución de 275 [Kg] para el caso de la Tela y de 405 [Kg] para el caso de Breaker.

#### **4.3.5. Controlar**

Una vez propuestas e implementadas las mejoras realizadas, es de suma importancia mantener un control eficaz y lo más constante posible sobre las variables críticas de remanentes de tela y breaker. El objetivo de los mecanismos de control es asegurar que las mejoras se mantengan en el tiempo y detectar cambios que afecten al proceso para poder realizar los ajustes necesarios para mantener los procesos bajo control.

#### **Monitoreo con planilla de verificación**

Esta herramienta diseñada y entregada a los monitores del área será utilizada para mantener un control sobre la cantidad de material extra que se está produciendo, con ello se pretende que los monitores tengan mejores maneras más fáciles de poder detectar a tiempo excesos injustificados de algún material en particular.

#### **Gráfico de control por material**

El análisis realizado en la etapa medir se incorporará como una medida de control trimestral, es decir cada tres meses se recolectarán los datos tomados por el monitor del área para construir las gráficas de control y verificar que las mejoras implementadas sigan siendo efectivas.

### **4.4. Evaluación e Impacto Económico y Operacional**

#### **4.4.1. Ingresos/Ahorros**

Según la SOFOFA, los índices de producción de la fabricación de productos de caucho han presentado un decrecimiento acumulado a Junio de 2016 de un 13,5 %. Las expectativas económicas para los siguientes periodos no son muy optimistas y esto se ve reflejado en los índices de producción.

**Tabla 4.6:** Índice de producción de productos de caucho.

Periodo	Índice	Acumulado r/año	Var Acum r/mes
2010	104,8	42,3	
2011	100,7	-3,9	
2012	94,8	-5,9	
2013	106,6	12,5	
2014	116,0	8,8	
2015	117,8	1,5	
2016	126,5	-7,4	
ene-16	106,4	-4,5	
feb-16	109,9	-0,7	3,8
mar-16	114,1	-3,3	-2,6
abr-16	112,1	-4,5	-1,2
may-16	103,5	-6,1	-1,7
jun-16	107,0	-7,4	-1,3
*jul-16		-9,1	-1,7
*ago-16		-10,8	-1,7
*sep-16		-12,5	-1,7
*oct-16		-14,2	-1,7
*nov-16		-15,9	-1,7
*dic-16		-17,6	-1,7

[Fuente: departamento de estudios de SOFOFA]

La información completa se encuentra en la sección Anexos (Ver sección A.7).

Al proyectar el cierre del año 2016 con estas expectativas de desaceleración se obtiene un decrecimiento para el sector de la producción de caucho con respecto al 2014 de un 16,1 % (2014-2015: 1,5 %, 2015-2016: -17,6 %). Si se considera que para el año 2017 el escenario continúa de la misma manera, la producción tendría un decrecimiento de 16,1 % durante los 12 meses a evaluar. Por otro lado si no se aplicara ninguna mejora en la planta, se puede asumir el mismo comportamiento de pérdidas por materiales que en 2015 y 2016 y otros componentes solo sufren modificación en sus precios por efecto de inflación el valor de las pérdidas por desperdicio de materiales asciende a US\$ 206.441. Donde FSV corresponde a costos asociados a la producción mensual y PPM corresponde a las pérdidas por material mencionadas anteriormente.

**Tabla 4.7:** Costos de producción y pérdidas por materiales proyectadas a 2017.

Valor en US\$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
FSV 2014	378340	445014	376014	415553	372913	417104	427183	431834	347328	417879	447340	395396
FSV 2017	317427	373367	315476	348649	312874	349950	358406	362309	291408	350601	375318	331737
PPM 2014	19108	22475	18991	20988	18834	21066	21575	21810	17542	21105	22593	19969
PPM 2017	16032	18857	15933	17609	15802	17674	18101	18298	14718	17707	18955	16754

[Fuente: elaboración propia en base a Goodyear Chile]

Los beneficios tanto operacionales como económicos para este proyecto son estimados según experiencias previas obtenidas con DMAICs y proyectos anteriores a este. La experiencia de los integrantes de este proyecto es fundamental a la hora de estimar los beneficios. Así entonces, se estiman los beneficios según los resultados obtenidos de las primeras mediciones realizadas posteriormente a las primeras mejoras implementadas. Sin embargo, al momento del desarrollo de esta memoria no se encuentran implementadas el 100 % de estas, por lo que a continuación se proyectarán los meses del año 2017 según cómo se estima la implementación de las mejoras.

- Primer trimestre: los ahorros se estiman de la misma magnitud a los resultados obtenidos en las primeras mediciones, es decir un promedio del 17 %.
- Segundo trimestre: ahorros aumentan a un 30 % debido al efecto de las mejoras 1, 2, 4, 5, 10 y 11.
- Tercer trimestre: los ahorros presentan un aumento a un 50 % producto de una mejor asimilación de las mejoras anteriores además de la introducción de las mejoras 3, 6 y 13.
- Cuarto trimestre: En este período se estima que se registren las mayores alzas en términos de ahorro, llegando a un 75 %. Esto se debe a la implementación de las mejoras 8 y 9, las cuales tienen un alto impacto en la problemática. Las capacitaciones de los operadores ya han concluido, existen nuevas metodologías que evitan desperdicios y además las mejoras anteriores ya se tienen asimiladas por parte de área de preparatoria.

Con lo anterior se obtienen los ahorros proyectados para el año 2017:

**Tabla 4.8:** Ahorro esperado con la implementación de las mejoras propuestas.

	Valor en US\$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sin Propuesta	PPM 2017	16032	18857	15933	17609	15802	17674	18101	18298	14718	17707	18955	16754
	Tela	6252	7354	6214	6867	6163	6893	7060	7136	5740	6906	7393	6534
	Breaker	9779	11503	9719	10741	9639	10781	11042	11162	8978	10801	11563	10220
% Ahorro	Tela	17%			30%			50%			75%		
	Breaker	17%			30%			50%			75%		
PPM 2017 + Propuesta	Tela	6304	5991	6343	4807	4314	4825	3530	3568	2870	1726	1848	1634
	Breaker	7831	7440	8184	7519	6747	7547	5521	5581	4489	2700	2891	2555
	Total	14135	13430	14527	12326	11061	12372	9051	9149	7359	4427	4739	4189
Ahorro	Tela	-52	1363	-129	2060	1849	2068	3530	3568	2870	5179	5544	4901
	Breaker	1948	4063	1536	3222	2892	3234	5521	5581	4489	8101	8672	7665
Total Ahorro		1896	5426	1406	5283	4741	5302	9051	9149	7359	13280	14217	12566

[Fuente: elaboración propia]

#### 4.4.2. Gastos

- **Capacitación:** durante el proceso de capacitación a los operadores, el área de Control de Producción será la encargada de realizar estas capacitaciones durante casi 2 meses, por 3 días a la semana. Es por ello que se destina una bonificación para los encargados de capacitar de UF 20 para cada uno, lo que genera un costo mensual de UF 120 mientras dure la capacitación.
- **Aumento de personal de apoyo:** debido al proceso de capacitación que se llevará a cabo durante aproximadamente 2 meses, será necesario cubrir el puesto de las personas que se encuentren participando de dichas capacitaciones. Es por ello que se contará con apoyo de alumnos en práctica que puedan cubrir las tareas más fundamentales mientras los operadores estén ausentes, con esto se pretende no alterar la producción de la planta. Por un total 8 alumnos en práctica para cubrir el proceso de capacitación durante dos meses se tiene un costo adicional de UF 95 mensuales.
- **Valle de la depresión transitoria (VDT):** como se mencionó anteriormente, la experiencia de proyectos anteriores muestra que la resistencia al cambio provoca efectos adversos en un proyecto que pretenda cambiar metodologías establecidas. Se estima que los primeros 2 meses el costo de PPM aumente en un 3 % debido a este efecto.

#### 4.4.3. Flujo de Caja

Este proyecto se evalúa en un período de un año, desde enero de 2017 a diciembre del mismo año. No se considera financiamiento externo, además se consideran 3 escenarios posibles: optimista, neutro y pesimista.

- El escenario optimista considera un aumento exponencial en el porcentaje de ahorro desde un 17 % llegando a un 75 %. Este rango se ha obtenido en proyectos anteriores realizados en la planta y se consideran dentro de los de mayor impacto.
- El escenario neutro en cambio presenta un aumento constante y mucho más reducido de un 3 % por trimestre, partiendo de un 17 % a un 25 %. En proyectos anteriores se ha obtenido este tipo de ahorros y son considerados de impacto regular.
- El escenario pesimista considera que el proyecto solo presenta un porcentaje de ahorro en el primer trimestre y luego no se observa un aumento de este, es decir presenta un ahorro

de un 17 % durante todo el año. Este tipo de resultados se ha obtenido en algunos proyectos anteriores y se consideran de impacto bajo, teniendo en cuenta que solo se obtiene una mejora inicial y las mejoras posteriores no afectan al proyecto.

Los retornos obtenidos según cada escenario se observan en la siguiente tabla:

#### Escenario optimista:

**Tabla 4.9:** Flujo de caja con implementación de propuesta, escenario optimista.

Valor en US\$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Ingresos</b>	1896	5426	1406	5283	4741	5302	9051	9149	7359	13280	14217	12566
Ahorro de PPM	1896	5426	1406	5283	4741	5302	9051	9149	7359	13280	14217	12566
<b>Egresos</b>	8899	8984	478	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capacitación	4699	4699	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aumento de personal	3720	3720	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VDT	481	566	478	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>UAI</b>	-7003	-3558	928	5283	4741	5302	9051	9149	7359	13280	14217	12566
<b>Imp. (20%)</b>	0	0	186	1057	948	1060	1810	1830	1472	2656	2843	2513
<b>Utilidades</b>	-7003	-3558	743	4226	3792	4242	7241	7319	5887	10624	11373	10053
<b>Saldo Neto</b>	-7003	-3558	743	4226	3792	4242	7241	7319	5887	10624	11373	10053
<b>Saldo Acumulado</b>	-7003	-10561	-9818	-5592	-1800	2442	9683	17002	22889	33513	44887	54939

[Fuente: elaboración propia]

#### Escenario neutro:

**Tabla 4.10:** Flujo de caja con implementación de propuesta, escenario neutro.

Valor en US\$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Ingresos</b>	1896	5426	1406	3522	3160	3535	4163	4209	3385	4427	4739	4189
Ahorro de PPM	1896	5426	1406	3522	3160	3535	4163	4209	3385	4427	4739	4189
<b>Egresos</b>	8899	8984	478	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capacitación	4699	4699	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aumento de personal	3720	3720	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VDT	481	566	478	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>UAI</b>	-7003	-3558	928	3522	3160	3535	4163	4209	3385	4427	4739	4189
<b>Imp. (20%)</b>	0	0	186	704	632	707	833	842	677	885	948	838
<b>Utilidades</b>	-7003	-3558	743	2817	2528	2828	3331	3367	2708	3541	3791	3351
<b>Saldo Neto</b>	-7003	-3558	743	2817	2528	2828	3331	3367	2708	3541	3791	3351
<b>Saldo Acumulado</b>	-7003	-10561	-9818	-7001	-4473	-1645	1686	5053	7761	11302	15093	18444

[Fuente: elaboración propia]

**Escenario pesimista:****Tabla 4.11:** Flujo de caja con implementación de propuesta, escenario pesimista.

Valor en US\$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Ingresos</b>	1896	5426	1406	2993	2686	3005	3077	3111	2502	3010	3222	2848
Ahorro de PPM	1896	5426	1406	2993	2686	3005	3077	3111	2502	3010	3222	2848
<b>Egresos</b>	8899	8984	478	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capacitación	4699	4699	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aumento de personal	3720	3720	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VDT	481	566	478	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>UAI</b>	-7003	-3558	928	2993	2686	3005	3077	3111	2502	3010	3222	2848
Imp. (20%)	0	0	186	599	537	601	615	622	500	602	644	570
<b>Utilidades</b>	-7003	-3558	743	2395	2149	2404	2462	2489	2002	2408	2578	2279
<b>Saldo Neto</b>	-7003	-3558	743	2395	2149	2404	2462	2489	2002	2408	2578	2279
<b>Saldo Acumulado</b>	-7003	-10561	-9818	-7423	-5274	-2871	-409	2080	4081	6489	9067	11346

[Fuente: elaboración propia]

**4.4.4. Indicadores Rentabilidad de Propuesta****Escenario optimista:**

- VAN: en el escenario optimista con una tasa de descuento de un 2 % mensual el VAN obtenido al realizar la propuesta es de US\$ 44.786.
- TIR: la tasa interna de retorno en un escenario optimista es de un 32 % mensual, lo cual es considerablemente mayor a la tasa de descuento.
- Payback: el payback en un escenario optimista es de 6 meses, es decir en Junio se tienen beneficios.

**Escenario neutro:**

- VAN: en el escenario neutro con una tasa de descuento de un 2 % mensual el VAN obtenido al realizar la propuesta es de US\$ 14.453.
- TIR: la tasa interna de retorno en un escenario neutro es de un 18 % mensual, lo cual es considerablemente mayor a la tasa de descuento.
- Payback: el payback en un escenario optimista es de 7 meses, es decir en Julio se tienen beneficios.

**Escenario pesimista:**

- VAN: en el escenario neutro con una tasa de descuento de un 2 % mensual el VAN obtenido al realizar la propuesta es de US\$ 8.495.
- TIR: la tasa interna de retorno en un escenario neutro es de un 13 % mensual, lo cual es considerablemente mayor a la tasa de descuento.
- Payback: el payback en un escenario optimista es de 8 meses, es decir en Agosto se tienen beneficios.

Los indicadores anteriores muestran que el proyecto es rentable, incluso en su escenario más pesimista se obtienen retornos positivos a una tasa del 2 %, y solamente proyecto con una tasa de un 13 % mensual convienen más que la presente propuesta.

**4.4.5. Indicadores Operacionales**

Con respecto a la cantidad Kg de PPM en el año a proyectar, también se realizará un análisis por escenario. Los resultados se observan en las siguientes tablas:

**Escenario optimista:****Tabla 4.12:** Comparativa PPM proyectado a 2017 sin propuesta y con propuesta, escenario optimista.

Escenario Optimista	PPM Sin Propuesta (Kg)	PPM Con Propuesta (Kg)	Variación %
	Tela + Acero	Tela + Acero	Tela + Acero
Enero	6978	6065	-13,1%
Febrero	8207	5762	-29,8%
Marzo	6935	6248	-9,9%
Abril	7664	5365	-30,0%
Mayo	6878	4814	-30,0%
Junio	7693	5385	-30,0%
Julio	7879	3939	-50,0%
Agosto	7964	3982	-50,0%
Septiembre	6406	3203	-50,0%
Octubre	7707	1927	-75,0%
Noviembre	8250	2063	-75,0%
Diciembre	7292	1823	-75,0%
<b>TOTAL</b>	<b>89853</b>	<b>50575</b>	<b>-43,1%</b>

[Fuente: elaboración propia]

$$\frac{\text{Kg de PPM con propuesta}}{\text{Kg de PPM sin propuesta}} = 56,3 \%$$

En un escenario optimista durante todo el año 2017 la cantidad de material que se desperdicia disminuye en un 43,7 %.

**Escenario neutro:****Tabla 4.13:** Comparativa PPM proyectado a 2017 sin propuesta y con propuesta, escenario neutro.

Escenario Neutro	PPM Sin Propuesta (Kg)	PPM Con Propuesta (Kg)	Variación %
	Tela + Acero	Tela + Acero	Tela + Acero
Enero	6978	6065	-13,1%
Febrero	8207	5762	-29,8%
Marzo	6935	6248	-9,9%
Abril	7664	6131	-20,0%
Mayo	6878	5502	-20,0%
Junio	7693	6154	-20,0%
Julio	7879	6067	-23,0%
Agosto	7964	6133	-23,0%
Septiembre	6406	4932	-23,0%
Octubre	7707	5780	-25,0%
Noviembre	8250	6188	-25,0%
Diciembre	7292	5469	-25,0%
<b>TOTAL</b>	<b>89853</b>	<b>70431</b>	<b>-21,4%</b>

[Fuente: elaboración propia]

$$\frac{\text{Kg de PPM con propuesta}}{\text{Kg de PPM sin propuesta}} = 78,4 \%$$

En un escenario optimista durante todo el año 2017 la cantidad de material que se desperdicia disminuye en un 21,6 %.

**Escenario pesimista:****Tabla 4.14:** Comparativa PPM proyectado a 2017 sin propuesta y con propuesta, escenario pesimista.

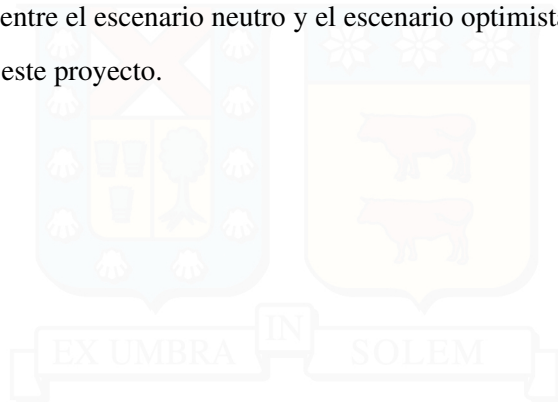
Escenario Neutro	PPM Sin Propuesta (Kg)	PPM Con Propuesta (Kg)	Variación %
	Tela + Acero	Tela + Acero	Tela + Acero
Enero	6978	6065	-13,1%
Febrero	8207	5762	-29,8%
Marzo	6935	6248	-9,9%
Abril	7664	6361	-17,0%
Mayo	6878	5708	-17,0%
Junio	7693	6385	-17,0%
Julio	7879	6539	-17,0%
Agosto	7964	6610	-17,0%
Septiembre	6406	5317	-17,0%
Octubre	7707	6397	-17,0%
Noviembre	8250	6848	-17,0%
Diciembre	7292	6053	-17,0%
<b>TOTAL</b>	<b>89853</b>	<b>74293</b>	<b>-17,1%</b>

[Fuente: elaboración propia]

$$\frac{\text{Kg de PPM con propuesta}}{\text{Kg de PPM sin propuesta}} = 82,7 \%$$

En un escenario optimista durante todo el año 2017 la cantidad de material que se desperdicia disminuye en un 17,3 %.

Es importante destacar que en los tres escenarios se obtiene una baja en las pérdidas de materiales, sin embargo la empresa espera al menos disminuir las pérdidas en un 25 %, por lo que lo ideal es tener resultados entre el escenario neutro y el escenario optimista para así cumplir con las expectativas iniciales de este proyecto.



## 5 | CONCLUSIONES

Luego de haber analizado los resultados obtenidos en los capítulos anteriores se concluye lo siguiente:

- Para la realización del proyecto empleando la metodología DMAIC se necesita de la colaboración de múltiples conocedores del tema, tanto dentro como fuera de la planta. Junto a ello es necesario el compromiso de la alta dirección para que el proyecto pueda ser llevado a cabo y permitir a los colaboradores dedicar tiempo a ello.

- La capacitación, el entendimiento y el apoyo de un grupo de mentores expertos en la metodología es fundamental para desarrollar un buen proyecto DMAIC, para así seguir un buen camino de investigación antes de apresurar soluciones.

- Se realiza un diagnóstico general del proceso de requerimientos de materiales, con ello se detecta que el proceso de Steelastic y Fiescher son críticos y es por ese motivo que se aplica la metodología DMAIC a estos procesos.

- La etapa definir sirve como línea base del proyecto, por ello se realiza un levantamiento de información integral con respecto a las pérdidas por materiales, dando a conocer así que la descoordinación de materiales es el principal ofensor en las pérdidas de materiales. Adicional a ello se da a conocer el flujo específico del proceso para poder así investigar con mayor conocimiento del tema. Posterior a ello se procede a dirigir el proyecto creando un Project charter registrando la problemática, el ahorro esperado y los responsables del proyecto.

- En la etapa medir se establece un plan de muestreo y se contabiliza de manera física las pérdidas producidas por concepto de desperdicio de material, también se realiza un acercamiento a las posibles causas que originan la problemática. Se obtiene un promedio semanal de pérdidas de Tela de 827 [Kg], mientras que para el caso del acero el valor asciende a 1339 [Kg]. Por otro lado, como causa probable se tiene que un 56 % de las pérdidas se deben a errores de los operadores.

- La etapa de analizar busca encontrar las causas raíces de los problemas, así como los factores

que influyen en la generación de PPM. También se realiza un cruce de información entre lo recapitulado en la fase medir y el aporte que pueden hacer los distintos colaboradores que participan en este proyecto. Con la participación de los colaboradores del proyecto se logran identificar causas potenciales que originan la problemática analizada, realizando un diagrama de Ishikawa con dichas causas. Una vez detectados los factores anteriores se procede a proponer soluciones que mitiguen cada factor, al mismo tiempo se prioriza cada uno de ellos en una matriz de impacto/esfuerzo, con el fin de concentrar los esfuerzos de manera más eficiente. Se designa un responsable para cada mejora y se propone una carta Gantt para poner fechas límites a cada mejora.

- Luego de implementadas las mejoras se repite el proceso de medición para evaluar la efectividad de ellas, se obtiene una cantidad promedio por semana para el caso de la tela de 552 [Kg] y de 934 [Kg] para el caso del acero.

- En la etapa controlar se propone el uso de gráficas de control y la utilización de una planilla de seguimiento, la que permite detectar y mantener información actualizada de operadores que produzcan exceso de material.

- Se realiza una evaluación de impacto económico y operacional sobre las propuestas realizadas, las cuales se proyectan para el año 2017 en tres escenarios posibles: optimista, neutro y pesimista, obteniendo como resultado la viabilidad del proyecto en todos los casos, sin embargo se pretenden alcanzar los resultados obtenidos en un escenario mixto entre optimista y neutro.

- Con respecto al uso de la metodología DMAIC para la resolución de problemas, se destaca el enfoque estructurado que permite analizar cuidadosamente un proceso antes de tratar o implementar mejoras. Del mismo modo, la metodología exige y orienta a la implementación de mejoras enfocadas a la base del problema y no a la mejora superficial de los resultados, también es una herramienta que permite mantener el control del proceso examinado. La metodología permite armar un equipo multifacético que pueda aportar ideas desde distintas perspectivas, sin embargo este alto número de integrantes y responsables puede convertirse en un dolor de cabeza cuando no se cumplen con las tareas designadas en las fechas propuestas, lo que retrasa a todo el grupo y al proyecto en general. Es por ello que se necesita de un “coach” activo que motive a los integrantes y a los responsables a cumplir con las tareas.

- Al igual que el origen de este DMAIC recae en uno anterior, este proyecto permite poner atención en un problema que al igual al que se enfoca esta memoria genera pérdidas y problemas de producción a la empresa. Esto es las fallas de calidad específicamente por tela arrugada, esto genera un problema similar al analizado, puesto que la tela se arruga no en el proceso de generación

del material sino que al momento de enrollar este en su respectivo cassette, y no se da cuenta de ello sino hasta que el operador desea utilizar el material en una máquina constructora. Sería interesante idealmente poder generar un proyecto DMAIC para primero que todo definir las razones de este problema y luego enfocarse en las posibles soluciones.



# Bibliografía

- Allen, Theodore (2006). *Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma: Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems*. Springer. [3.4.1](#)
- Béranger, Pierre (1998). *En busca de la excelencia industrial, just in time y nuevas reglas de producción*. CND Ciencias de la Dirección, S.A. [3.2.1](#)
- Carvalho, Cristian (2014). *Clase 7: Herramientas básicas para la calidad*. [3.5](#), [3.5.3](#), [3.6](#), [3.8](#)
- Cavanagh, Roland; Neuman, Robert; y Pande, Peter (2004). *Las claves prácticas de Seis Sigma*. McGraw-Hill. [3.4](#)
- Chase, Richard; Jacobs, Robert; y Aquilano, Nicholas (2009). *Administración de Operaciones: Producción y cadena de suministros*. McGraw-Hill. [3.1.1](#), [3.1.2](#), [3.3.1](#)
- Daimon, Masayuki; Pailamilla, Letycia; Allende, Pablo; y Sepúlveda, Juan (2005). *KANBAN*. Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería Industrial. [3.2.2](#)
- Domínguez, José; García, Santiago; y Ruíz, Antonio (1995). *Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos de la Producción y los Servicios*. McGraw-Hill. [3.2.1](#)
- Goodyear (2015a). *Término de Cuota Breaker*. Technical report, División B Goodyear Chile. [1](#)
- Goodyear (2015b). *Valor de Waste por Compuesto*. Technical report, Departamento de Finanzas. [1](#)
- Gutiérrez, Humberto y Salazar, Román De La Vara (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. McGraw-Hill. [3.4.1](#), [3.3](#)
- Hernández, Arnaldo (1993). *Manufactura Justo a Tiempo: Un enfoque práctico*. Continental S.A. [3.2.1](#)
- Karimi, B.; Ghomi, S.M.T. Fatemi; y Wilson, J.M. (2003). The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms. *Omega*, 31(5), 365–378. [3.3.4](#)
- Krajewski, Lee; Ritzman, Larry; y Malhorta, Manoj (2008). *Administración de Operaciones: Procesos y cadena de valor*. Pearson Education. [3.1.2](#), [3.2.2](#), [3.3.2](#), [3.3.3](#)
- Kume, Hitoshi (2002). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Grupo Editorial Norma. [3.5.2](#), [3.5.5](#)
- Marambio, José (2012a). *Clase 4: Inventarios*. [??](#), [3.2](#)
- Marambio, José (2012b). *Clase 7: MRP, Planeación y Requerimientos de Materiales, Planificación de Corto Plazo*. [3.1.1](#)

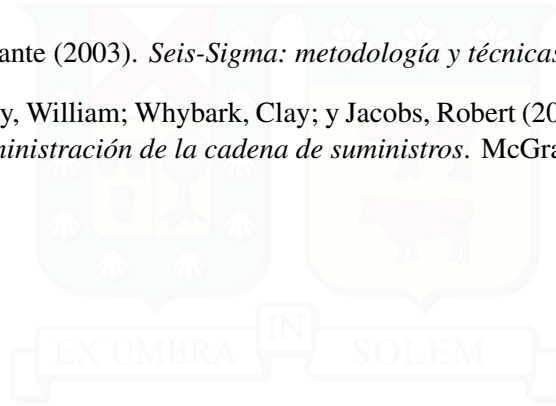
Pande, Peter (2002). *¿Qué es Seis Sigma?* McGraw-Hill. 3.5.1

Pyzdek, Thomas (2003). *The Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill. 3.5.1

Ramírez, Alex (2007). Propuesta de mejora del servicio en el centro médico de clínica providencia mediante el uso de la metodología seis sigma. Master's thesis, Universidad de Talca, Curicó, Chile. 3.4.1, 3.5.4

Vásquez, Edgardo Escalante (2003). *Seis-Sigma: metodología y técnicas*. 3.5.4, 3.7

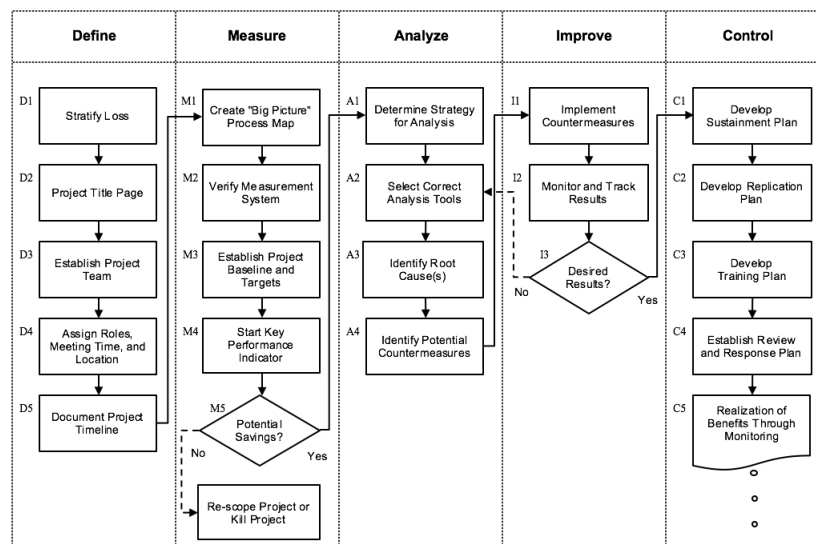
Vollmann, Thomas; Berry, William; Whybark, Clay; y Jacobs, Robert (2005). *Planeación y control de la producción, Administración de la cadena de suministros*. McGraw-Hill. 3.1.1

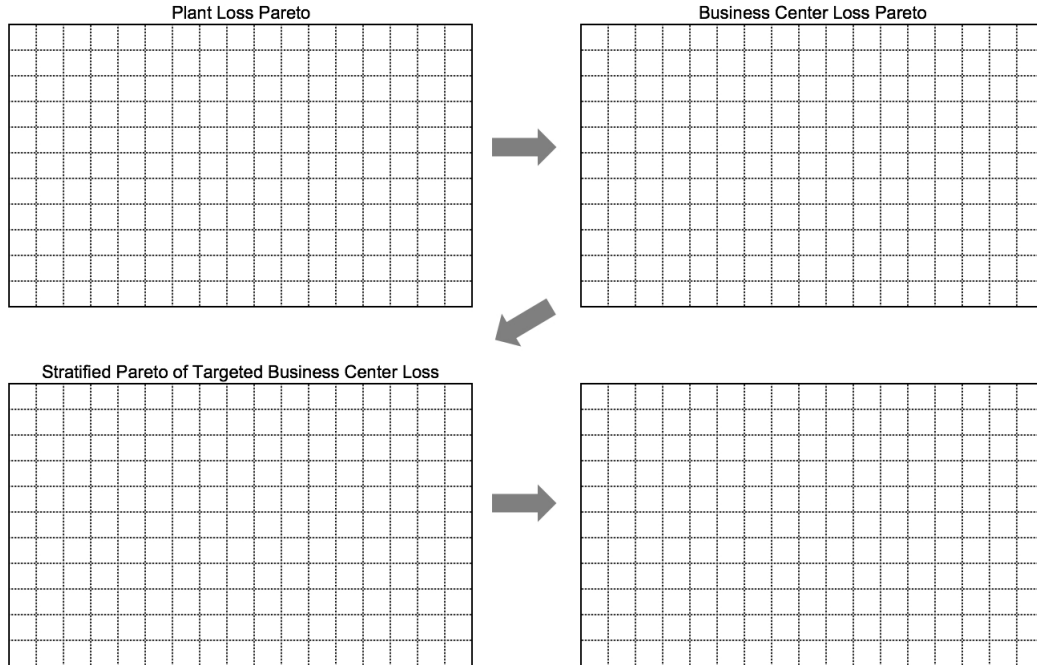


# A | Anexos

## A.1. Anexo 1

A continuación se anexa el cuadernillo entregado por la empresa al líder del proyecto, el cual se utiliza como guía para definir los pasos a seguir por el equipo. Cabe destacar que no todo el formato es utilizado debido a que la metodología permite cambios y utilizar herramientas más adecuadas dependiendo de la capacidad técnica y las preferencias de los integrantes del equipo de trabajo.





**Project Title:** \_\_\_\_\_  
 PowerSteering Define Step 2  
 (PowerSteering: Enter **Project Title** in the Name of FI-DMAIC box)

**Loss Opportunity Statement:** \_\_\_\_\_  
 PowerSteering Define Step 2  
 (PowerSteering: Enter the **Loss Opportunity Statement** in the Problem Statement box)

**Expected Savings:** \_\_\_\_\_  
 PowerSteering Measure Step 9  
 (PowerSteering: Do not enter the **Expected Savings** into PowerSteering)

**Loss Category:** (select one)  
 Power Steering Define Step 2

<input type="checkbox"/> Master Project - All Losses	<input type="checkbox"/> Inventory Related	<input type="checkbox"/> Planned Maintenance
<input type="checkbox"/> Breakdown Maintenance	<input type="checkbox"/> Loss Material / Scrap Loss	<input type="checkbox"/> Product Industrialization Efficiency Loss
<input type="checkbox"/> Change Over	<input type="checkbox"/> Material Handling	<input type="checkbox"/> Rework
<input type="checkbox"/> Development	<input type="checkbox"/> Misc. Accounted Downtime	<input type="checkbox"/> Start-Up / Shutdown
<input type="checkbox"/> Energy	<input type="checkbox"/> Misc. Unknown Minor Stops	<input type="checkbox"/> Substitutions
<input type="checkbox"/> Excessive Weight	<input type="checkbox"/> No Material / Material Related	<input type="checkbox"/> Training Efficiency
<input type="checkbox"/> Indirect Materials	<input type="checkbox"/> Not Scheduled / Full Kanban	<input type="checkbox"/> Unavailable Operator
<input type="checkbox"/> Inspection & Testing	<input type="checkbox"/> Optimal Staffing	

(PowerSteering: Select the chosen **Loss Category** from the Primary Loss Category drop list)









Nombre Monitor de preparatoria:		Felipe Botarquez	
Semana nro:		2	
Fecha			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
Tela	178 →		2
Tela	162 →		2
Tela	205 →		4
Tela	164 →		3
Acero		265	1
"		302	4
"		127	1
"		332	4
"		248	1

1= Operador Acero  
 2= Operador Tela  
 3= Error de inventario  
 4= Hold en HF  
 5=Error de sistema  
 6= Otro (especificar)



  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA MONITOR

Figura A.2: Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 2.

Nombre Monitor de preparatoria:		Felipe Gutierrez	
Semana nro:		3	
Fecha			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
Tela		146	2
Tela		208	2
"		122	2
"		130	4
"		103	2
Acero		359	1
"		323	1
"		402	1
"		336	4

1= Operador Acero  
2= Operador Tela  
3= Error de inventario  
4= Hold en HF  
5=Error de sistema  
6= Otro (especificar)

  
\_\_\_\_\_  
**FIRMA MONITOR**

**Figura A.3:** Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 3.

Nombre Monitor de preparatoria:		Felipe Gutierrez	
Semana nro:			
Fecha			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
Drecker		251	1
"		348	1
"		207	4
"		225	1
"		225	1
Tela		110	2
"		97	2
"		123	2
"		105	4
"		117	5

1= Operador Acero  
2= Operador Tela  
3= Error de inventario  
4= Hold en HF  
5= Error de sistema  
6= Otro (especificar)


  
\_\_\_\_\_  
FIRMA MONITOR

Figura A.4: Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 4.

Nombre Monitor de preparatoria:		Felipe Gutierrez	
Semana nro:		5	
Fecha			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
Tela		193	2
"		207	4
"		132	2
"		220	2
Bidaxel		307	1
"		248	1
"		320	4
"		333	4
"		305	1

1= Operador Acero  
 2= Operador Tela  
 3= Error de inventario  
 4= Hold en HF  
 5=Error de sistema  
 6= Otro (especificar)


  
 FIRMA MONITOR

Figura A.5: Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 5.

Nombre Monitor de preparatoria:		Felipe Gutierrez	
Semana nro:		6	
Fecha			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
Tela	367 →		3
"	342 →		6 → pimentos
"	303 →		6 → pimentos
Pre-acero		507	7
"		302	1 → pimentos
"		456	6 → pimentos
"		475	8 → pimentos

1= Operador Acero  
 2= Operador Tela  
 3= Error de inventario  
 4= Hold en HF  
 5= Error de sistema  
 6= Otro (especificar)


  
 FIRMA MONITOR

Figura A.6: Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 6.

Nombre Monitor de preparatoria:		Elipe Gutiérrez	
Semana nro:		7	
Fecha:			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
Tela		113	2
"		126	2
"		102	4
"		110	4
"		114	2
branca		237	4
"		332	3
"		142	1
"		262	4
"		215	1

1= Operador Acero  
 2= Operador Tela  
 3= Error de inventario  
 4= Hold en HF  
 5=Error de sistema  
 6= Otro (especificar)


  
 FIRMA MONITOR

Figura A.7: Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 7.

Nombre Monitor de preparatoria:		Felipe Gutierrez	
Semana nro:		8	
Fecha			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
Tela		126	2
"		301	2
"		162	2
"		156	2
Breaker		249	1
"		221	1
"		262	1
"		264	1

1= Operador Acero  
 2= Operador Tela  
 3= Error de inventario  
 4= Hold en HF  
 5=Error de sistema  
 6= Otro (especificar)


  
 FIRMA MONITOR

Figura A.8: Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 8.

Nombre Monitor de preparatoria:		Yolipe Gutierrez	
Semana nro:		9	
Fecha			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
Tela		213	2
"		224	2
"		201	2
"		215	2
Acero		241	1
"		236	1
"		262	1
"		273	1
"		285	1

1= Operador Acero  
 2= Operador Tela  
 3= Error de inventario  
 4= Hold en HF  
 5=Error de sistema  
 6= Otro (especificar)



  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA MONITOR

Figura A.9: Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 9.

Nombre Monitor de preparatoria:		Telisa Castoreo	
Semana nro:		10	
Fecha:			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
Tela		114	2
"		221	4
"		203	2
"		218	2
Blanca		397	4
"		362	1
"		329	1
"		348	1

1= Operador Acero  
 2= Operador Tela  
 3= Error de inventario  
 4= Hold en HF  
 5= Error de sistema  
 6= Otro (especificar)


  
 FIRMA MONITOR

**Figura A.10:** Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 10.

Nombre Monitor de preparatoria:		<i>Tijl, po Gutierrez</i>	
Semana nro:			
Fecha			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
<i>Tela</i>		<i>193</i>	<i>2</i>
<i>  </i>		<i>147</i>	<i>2</i>
<i>  </i>		<i>176</i>	<i>4</i>
<i>  </i>		<i>111</i>	<i>7</i>
<i>Bolpaer</i>		<i>323</i>	<i>7</i>
<i>  </i>		<i>320</i>	<i>1</i>
<i>  </i>		<i>296</i>	<i>4</i>
<i>  </i>		<i>261</i>	<i>3</i>

1= Operador Acero  
 2= Operador Tela  
 3= Error de inventario  
 4= Hold en HF  
 5=Error de sistema  
 6= Otro (especificar)

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA MONITOR

**Figura A.11:** Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 11.

Nombre Monitor de preparatoria:		Felipe Gutierrez	
Semana nro:		12	
Fecha			
MATERIAL	CÓDIGO	CANTIDAD [Kg]	CAUSA PROBABLE
Tela		144	2
		182	4
		197	2
		123	3
		142	1
Preparador		278	1
		236	1
		291	3
		307	4

1= Operador Acero  
 2= Operador Tela  
 3= Error de inventario  
 4= Hold en HF  
 5= Error de sistema  
 6= Otro (especificar)


  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA MONITOR

Figura A.12: Planillas de recolección de datos utilizadas por monitor de área, semana 12.

### A.3. Anexo 3

Tabla A.1: Matriz de priorización de mejoras.

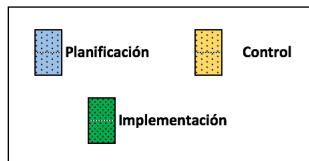
MATRIZ DE PRIORIZACIÓN MEJORAS SOBREPANTES DE MATERIALES															
Nº	Acción Descripción	Impacto						Esfuerzo						Nivel de Esfuerzo	
		¿Reduce generación de pérdidas?		¿Mejora al proceso actual?		¿Disminuye probabilidad de errores?		¿Involucra inversión?		¿Modifica metodología de trabajo?		¿Requiere destinar tiempo de trabajadores a otras labores?			
		Baja: 1	Alta: 2	No: 0	Si: 1	No: 0	Si: 1	Nivel de Impacto	Baja: 1	Alta: 2	No: 0	Si: 1	No: 0		Si: 1
1	Disminuir a un 5% la cantidad con que un cassette expulsado se considera vaciado.	0	2	0	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	2
2	Aumentar a 3 horas el plazo para que abastecedores realicen inventario de materiales.	1	0	0	1	0	1	6	1	0	0	1	0	0	4
3	Realizar control de manera semanal de la cantidad de material cortado en exceso por operadores.	1	0	0	1	0	1	6	1	0	0	1	0	0	4
4	Reforzar a abastecedores el único lugar físico en el que se pueden disponer materiales.	1	0	0	1	0	1	6	1	0	0	0	0	0	2
5	Reforzar a operadores de constructoras HF la obligación de holdear un cassette una vez este ha sido expulsado de la máquina.	0	2	0	1	0	1	8	1	0	0	0	0	0	2
6	Agregar información visible para operadores de equivalencias en materiales cuando se produce un cambio de versión.	0	2	0	1	0	1	8	1	0	0	1	0	0	4
7	Realizar una revisión a principio de semana de todos los códigos que terminen cuota, si se da el caso de que dos códigos que usan un mismo material realizan TC, entonces solo se considera uno con la suma de los dos materiales.	1	0	0	1	0	1	6	1	0	0	1	0	1	6
8	Capacitar a todos los operadores de Steelastic y Fiescher sobre el funcionamiento del sistema, el impacto que tiene en la empresa y el correcto funcionamiento del proceso.	0	2	0	1	0	1	8	1	0	0	0	0	1	4
9	Utilizar los cassettes con remanentes en área de preparatoria, empalmado el extremo del material sobrante con el nuevo material hasta volver a llenar el cassette.	0	2	0	1	0	1	8	1	0	0	1	0	0	4
10	Reforzar a monitores sobre el continuo control que deben tener hacia los operadores.	1	0	0	1	0	1	6	1	0	0	0	0	0	2
11	Nueva metodología para operadores: si el sistema pide una cantidad tan pequeña que no se puede cortar, entonces corte la mínima cantidad que la máquina permite.	0	2	0	1	0	1	8	1	0	0	1	0	0	4
12	Instalar sistema inhibidor en máquinas constructoras HF que no permitan el ingreso de un nuevo material sin antes haber holdeado el cassette retirado antes.	0	2	0	1	0	1	8	0	2	0	1	0	0	6
13	Emparejar las tolerancias entre máquina Fiescher y Constructora HF a $\pm 3$ .	1	0	0	1	0	1	6	1	0	0	0	0	0	2
14	Nuevo enfoque de trabajo para operadores y monitores. Lo más importante no debe ser cuánto material cortaron en cada turno, sino que cuánto de ese material es 100% útil para construir neumáticos.	0	2	0	1	0	1	8	1	0	0	1	0	1	6

[Fuente: elaboración propia]

## A.4. Anexo 4

Tabla A.2: Tabla de responsables para cada mejora.

PLAN DE ACCIÓN DE MEJORAS		Semana														RESPONSABLE		
N°	Descripción	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		34	35
<b>Alto impacto/Bajo esfuerzo</b>																		
1	Disminuir a un 5% la cantidad con que un cassette expulsado se considera vacío.	Planificación	Planificación	Planificación	Implementación	Control								Control				A. Olguín
2	Aumentar a 3 horas el plazo para que abastecedores realicen inventario de materiales.	Planificación	Planificación	Planificación	Implementación	Control								Control				C. Díaz
3	Realizar control de manera semanal de la cantidad de material cortado en exceso por operadores.	Planificación	Planificación	Planificación	Implementación	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	F. Gutierrez
4	Reforzar a abastecedores el único lugar físico en el que se pueden posicionar materiales.	Control				Control								Control				F. Gutierrez
5	Reforzar a operadores de constructoras HF la obligación de holdear un cassette una vez este ha sido expulsado de la máquina.	Control				Control								Control				J. Pino
6	Agregar información visible para operadores de equivalencia en materiales cuando se produce un cambio de versión.	Planificación	Planificación	Planificación	Implementación	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	A. Olguín
8	Capacitar a todos los operadores de Steelastic y Fiescher sobre el funcionamiento del sistema, su impacto y óptimo funcionamiento.	Planificación	Planificación	Planificación	Implementación	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Área Control de Producción
9	Utilizar los cassettes con remanentes en área de preparatoria, empalmado el extremo del material con un nuevo cassette.	Planificación	Planificación	Planificación	Implementación	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	Control	C. Díaz
10	Reforzar a monitores sobre el continuo control que deben tener hacia los operadores.	Control				Control								Control				A. Olguín
11	Nueva metodología, si el sistema pide una cantidad menor a la permitida por la máquina, cortar la mínima cantidad.	Planificación	Planificación	Planificación	Implementación	Control								Control				F. Gutierrez
13	Emparejar las tolerancias entre máquinas Fiescher y constructoras HF.	Planificación	Planificación	Planificación	Implementación	Control								Control				A. Olguín



[Fuente: elaboración propia en base a Goodyear Chile]

### A.5. Anexo 5





Rellenado de cassette de telas			
Departamento: Preparatoria		Creación: Felipe Gutiérrez	
Creation Date: 13 de Mayo 2016		Revisión: Cristian Diaz	
#	Acción	Información visual	Puntos clave
1.	Monitor de calidad deberá identificar , corroborar especificación de material telas y revisar estatus en <u>kanban</u>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Es de carácter Obligatorio, identificar y revisar estatus de telas en <u>kanban</u></li> <li>Esto asegura, un flujo de <u>slow moving</u></li> </ul>
2.	Si código de tela se encuentra trabajando o entrara a producción, monitor deberá registrar datos de uso de material (neumático y hf), y <u>fischer</u> donde rellenar <u>cassette</u> (1 o 2)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Es de carácter obligatorio registrar y pegar tarjeta con disposición de tela</li> </ul>
3.	Cada vez que exista un <u>cassette</u> con poco de tela correspondiente al mismo código a cortar en <u>fischer</u> , se deberá montar en <u>fischer</u> y se procederá a rellenar		<ul style="list-style-type: none"> <li>Es de carácter Obligatorio rellenar <u>cassette</u> con pocos del mismo código</li> <li>Esto aumentara la disponibilidad de <u>cassette</u> vacios y reducirá la generación de fricción por saldos envejecidos</li> </ul>
#	Acción	Información visual	Puntos clave
4.	Empalme deberá ser realizado en el extremo de el <u>conveyor</u> sobre <u>wind up</u>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Esto permitirá tener un correcto empalme</li> </ul>

Figura A.13: Instructivo de metodología de “Rellenado de Pocos”  
[Fuente: Goodyear Chile]

## A.6. Anexo 6

**Tabla A.3:** Resultados de medición posterior a implementación de mejoras.

Semana N°	Tela [Kg]	Breaker [Kg]
1	623	879
2	532	1033
3	517	966
4	412	866
5	403	915
6	634	812
7	564	1100
8	602	727
9	671	993
10	625	1012
11	418	941
12	624	965
<b>Total</b>	<b>6625</b>	<b>11210</b>

[Fuente: Goodyear Chile]

## A.7. Anexo 7

Tabla A.4: Índice histórico de ventas y producción para la industria del caucho.

	Índice de Producción y Ventas Físicas de Fabricación de productos de caucho														
	(Año Base 2003 = 100)														
	Producción Física					Ventas Físicas Totales					Ventas Físicas Internas				
	Índice	% Variación c/r a				Índice	% Variación c/r a				Índice	% Variación c/r a			
Mes Anterior		Mismo mes año anterior	Acumulada	% Móvil 12 meses	Mes Anterior		Mismo mes año anterior	Acumulada	% Móvil 12 meses	Mes Anterior		Mismo mes año anterior	Acumulada	% Móvil 12 meses	
may-14	115,0	-5,3	11,2	19,9	22,2	110,4	-5,5	72,0	25,2	28,2	33,2	-21,5	-28,9	5,7	5,9
jun-14	121,8	5,9	8,7	17,8	21,4	114,4	3,7	-9,3	17,7	24,1	31,9	-4,0	-29,0	-1,1	2,2
jul-14	120,3	-1,2	0,5	14,9	18,4	133,8	16,9	8,4	16,0	21,4	28,4	-11,0	-26,0	-4,6	0,2
ago-14	122,2	1,6	2,2	13,1	16,1	116,8	-12,7	-6,0	12,7	17,1	31,9	12,4	-20,7	-6,7	-2,4
sep-14	111,3	-8,9	6,0	12,3	14,7	105,5	-9,6	-5,4	10,6	12,9	28,5	-10,6	-17,0	-7,7	-3,1
oct-14	118,3	6,3	-4,6	10,3	11,5	117,5	11,4	-8,6	8,3	10,5	30,5	7,0	-32,1	-10,5	-8,7
nov-14	112,2	-5,2	-2,8	9,1	9,4	114,4	-2,7	-4,1	7,0	7,1	26,1	-14,5	-19,9	-11,3	-9,7
dic-14	103,9	-7,4	5,5	8,8	8,8	124,1	8,5	17,0	7,8	7,8	27,8	6,6	-20,5	-12,0	-12,0
ene-15	111,4	7,3	-2,5	-2,5	7,0	111,9	-9,8	23,5	23,5	9,9	40,2	44,8	-9,3	-9,3	-15,3
feb-15	106,3	-4,6	-0,4	-1,5	5,7	100,3	-10,4	-17,5	0,0	6,0	26,7	-33,7	-22,7	-15,2	-15,9
mar-15	124,0	16,6	-0,7	-1,2	3,4	130,3	29,9	1,4	0,5	2,7	48,2	80,5	12,7	-5,4	-16,6
abr-15	121,5	-2,0	0,0	-0,9	1,7	121,5	-6,7	4,0	1,4	2,9	38,5	-20,0	-8,9	-6,3	-18,5
may-15	118,4	-2,5	2,9	-0,1	1,1	113,5	-6,6	2,8	1,7	-0,2	31,5	-18,3	-5,2	-6,1	-16,5
<b>jun-15</b>	<b>123,7</b>	<b>4,4</b>	<b>1,5</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>129,6</b>	<b>14,2</b>	<b>13,2</b>	<b>3,6</b>	<b>1,7</b>	<b>42,0</b>	<b>33,4</b>	<b>31,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-11,9</b>
jul-15	124,3	0,5	3,3	0,6	0,8	122,2	-5,7	-8,7	1,6	0,1	36,5	-13,2	28,6	2,4	-8,1
ago-15	120,1	-3,3	-1,7	0,3	0,4	133,0	8,9	13,9	3,1	1,8	44,7	22,4	40,1	6,6	-3,4
sep-15	115,7	-3,7	3,9	0,7	0,3	122,3	-8,0	15,9	4,4	3,5	41,1	-8,0	44,2	9,9	0,8
oct-15	124,9	7,9	5,5	1,2	1,2	123,6	1,1	5,2	4,5	4,7	35,3	-14,2	15,7	10,5	5,5
nov-15	117,4	-6,0	4,6	1,5	1,8	121,7	-1,6	6,4	4,7	5,6	27,9	-20,8	7,2	10,2	7,6
dic-15	106,2	-9,5	2,3	1,5	1,5	104,4	-14,3	-15,9	2,9	2,9	29,5	5,4	5,9	9,9	9,9
ene-16	106,4	0,2	-4,5	-4,5	1,4	107,7	3,2	-3,8	-3,8	1,0	35,9	22,0	-10,7	-10,7	10,0
feb-16	109,9	3,3	3,4	-0,7	1,7	113,9	5,7	13,5	4,4	3,5	35,2	-2,1	31,8	6,2	14,4
mar-16	114,1	3,9	-7,9	-3,3	1,0	111,0	-2,6	-14,8	-2,9	2,0	31,2	-11,3	-35,2	-11,1	8,5
abr-16	112,1	-1,8	-7,7	-4,5	0,4	121,0	9,0	-0,5	-2,3	1,6	38,0	21,7	-1,5	-8,7	9,4
may-16	103,5	-7,7	-12,6	-6,1	-1,0	100,9	-16,5	-11,1	-4,0	0,5	31,8	-16,2	1,0	-7,0	10,0
<b>jun-16</b>	<b>107,0</b>	<b>3,4</b>	<b>-13,5</b>	<b>-7,4</b>	<b>-2,3</b>	<b>107,0</b>	<b>6,0</b>	<b>-17,4</b>	<b>-6,5</b>	<b>-2,2</b>	<b>44,2</b>	<b>39,0</b>	<b>5,3</b>	<b>-4,8</b>	<b>7,7</b>

[Fuente: SOFOFA]