

-ULACIT  
Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Industrial

Empresa Bridgestone / Firestone de Costa Rica

Variaciones de sobrepeso en llantas de equipo original producen un incremento de las llantas scrap, el material de reproceso en la empresa Bridgestone / Firestone de Costa Rica.

Sustentante: Luis Fernando Sánchez Alfaro

Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

San José-Costa Rica  
Agosto, 2005

ULACIT  
Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología

TRIBUNAL EXAMINADOR

Reunido para los efectos respectivos, el tribunal Examinador compuesto por:

---

Lic. Gabriel Leandro, MBA  
Director del CIDE

---

Lic. Ricardo Medina  
Director de la facultad de Ingeniería

---

Ing. José Félix Amado  
Tutor de Ingeniería Industrial

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Luis Fernando Sánchez Alfaro alumno de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (ULACIT), declaro bajo la fe de juramento y consciente de la responsabilidad penal de este acto, que soy el autor intelectual de la Tesis de Grado titulada: “Propuesta para reducir la variación en la llanta TEMP A W6H4 de la empresa Bridgestone / Firestone de Costa Rica.”, por lo que libero a ULACIT, de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Brindada en San José – Costa Rica en el día 10 del mes de agosto del año dos mil 5.

Firma del Estudiante: \_\_\_\_\_.

Cédula de Identidad: 2-0481-0333 .

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tiene como propósito evaluar las variables que pueden generar variaciones en el peso de las llantas de equipo original (**W6H4**) que se produce en la empresa Bridgestone / Firestone de Costa Rica, así como la interrelación que tienen los diferentes subprocesos de apoyo y las actividades emprendidas por la organización para la mejorar de esta condición.

Para cumplir con el objetivo de analizar las causas de las variaciones en el componente anteriormente mencionado, se procedió a caracterizar la problemática existente dentro del proceso mediante la utilización de la herramienta seis sigma. De esta manera se presentan en el documento las fases en las que se basa la herramienta, cada uno de sus procesos y los pasos correspondientes a cada proceso.

Una vez caracterizada la herramienta seis sigma (procesos y pasos), se muestra el diagnóstico donde se va desglosando cada unos de los procesos anteriormente mencionados. Se establecen las muestras, los análisis realizados y los datos resultantes de cada una de las fases, así como importancia de cada una de ellas.

Esto con el fin de establecer mejor las variables (causa raíz), del problema de variación de pesos que tiene las llantas de equipo original, específicamente diseño W6H4 en el cual se concentra el proyecto con el fin validar la información y así poder brindar propuestas de solución que permitan controlar el proceso en el cual se esta originando dicha variación.

Durante el desarrollo de la investigación se logró detectar causas propias del proceso y mejoras potenciales al molde que se utiliza para procesar el rodado de la medida en cuestión, basados en los resultados obtenidos se determinó que era necesario llevar a cabo una mejora en la balanza lineal y la elaboración de un molde nuevo para procesar el rodado que utiliza la medida afectada.

Dentro del diseño se procedió a establecer herramientas que permitieran controlar aspectos relacionados con el peso de componentes, chequeo de balanza entre otros, los cuales se consideran esenciales para lograr que el proceso se mantenga estable y además se puedan detectar anomalías y corregirlas a tiempo.

En conclusión se determinó que no se tenía presente por parte del área de producción la importancia del estado de la balanza dentro del proceso, en lo que respecta a la linealidad de la misma ya que este equipo solo era calibrado, dejando por fuera la variable anteriormente mencionada. Además se encontraron problemas de retroalimentación por parte de los supervisores encargados de revisar los perfiles de los componentes, ya que estos evidenciaban el exceso de hule en los rodados extruidos.

Partiendo de los resultados, se recomendó mejorar el control de los perfiles y llevar a cabo una revisión periódica de la linealidad de la balanza dinámica de la extrusora.

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la paz y la serenidad, por reconfortarme cuando estuve cansado, por guiarme y darme las fuerzas para llegar al final de este proyecto.

A mis padres, quienes me han aconsejado toda la vida, por ayudarme a estar donde estoy, dándome el amor necesario, el cual me hizo lo que soy, por eso y más, gracias.

A mis hermanos Carlos, Maria, José, Henry, Jessenia, los cuales me han brindado su apoyo para no decaer en los momentos difíciles.

A mi esposa Herminia, que durante el proyecto me brindó su apoyo y me insto a no desistir cuando me encontraba decaído.

A mi hijo Jonathan quien es mi motivación más grande con su amor y ternura.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Sr. Aarón Hernández, director de planta darne la oportunidad de realizar el trabajo y toda la ayuda posible para el desarrollo de este proyecto.

A la Ingeniera Tatiana Villalobos (Black Belt), jefe del departamento de calidad, por su apoyo en la aplicación de la herramienta seis sigma.

Al Ingeniero Walter Carmona, encargado de equipo original (Tempa), del departamento Técnico, por su apoyo en la recopilación de datos y análisis de problema existente.

Al Ingeniero Sergio Vincenti, jefe de área de extrusoras, del departamento Producción, por su apoyo en la recopilación de datos y análisis de problema existente.

Al Ingeniero Miguel González, jefe de división área de extrusoras del departamento mantenimiento, por su apoyo en la recopilación de datos y análisis de problema existente, desde el punto de vista mecánico.

## Índice

DECLARACIÓN JURADA .....	iii
RESUMEN EJECUTIVO .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
AGRADECIMIENTOS .....	vii
Índice.....	viii
Lista de Cuadros .....	x
CAPITULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
<b>1.1 Generalidades de la Organización</b> .....	<b>2</b>
1.1.1 Identificación de la empresa .....	2
1.1.2 Antecedentes Históricos.....	2
1.1.3 Visión de la empresa.....	3
1.1.4 Misión de la empresa .....	3
1.1.5 Ubicación geográfica.....	4
1.1.6 Estructura organizacional.....	4
1.1.7 Cantidad de empleados y cualidades del recurso humano .....	4
1.1.8 Productos .....	5
<b>1.2 Descripción del proceso productivo en forma general.</b> .....	<b>6</b>
1.2.1 Departamento de Banbury .....	6
1.2.2 Departamento de Calandra .....	8
1.2.3 Departamento de Cortadoras .....	8
1.2.4 Departamento de Cejas. ....	9
1.2.5 Departamento de Steelastic.....	9
1.2.6 Departamento de Tubuladora .....	10
1.2.7 Departamento de Armado .....	12
1.2.8 Departamento de Vulcanización. ....	12
1.2.9 Departamento de Inspección Final. ....	13
<b>1.3 Planteamiento del problema central.....</b>	<b>13</b>
1.3.1 Implicaciones .....	14
1.3.2 Justificación.....	14
<b>1.3.3 Objetivos</b> .....	<b>15</b>
1.3.3.1 Objetivo General .....	15
1.3.3.2. Objetivos Específicos .....	16
<b>1.3.4 Alcances y Limitaciones del problema de investigación.....</b>	<b>16</b>
CAPITULO 2 .....	17
MARCO TEÓRICO.....	18

<b>2.1 SEIS SIGMA</b> .....	<b>18</b>
2.1.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN SEIS SIGMA.....	19
2.1.3 ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE SEIS SIGMA Y LA CALIDAD TRADICIONAL? .....	23
CAPITULO 3 .....	26
3.1 Marco Metodológico .....	28
CAPITULO 4 .....	31
Diagnostico de la Situación Actual .....	32
<b>4.1 Descripción del proceso</b> .....	<b>32</b>
4.1.1 Extrusión de rodados .....	32
<b>4.2 Información de Entrada</b> .....	<b>34</b>
4.2.1 Definir y Medir la variable de estudio ( proceso 1) .....	34
4.2.2 Análisis de la información Obtenida (Proceso 2).....	42
4.2.3 Análisis estadístico de los datos de entrada. ....	43
4.2.4 Verificación de resultados .....	46
5.1 Nivelación de la balanza lineal .....	52
5.2 Elaborar un molde nuevo .....	52
CAPITULO 6 .....	55
6.1 CONCLUSIONES.....	56
6.2 Recomendaciones.....	57
BIBLIOGRAFÍA .....	58
APENDICES.....	59
<b>Apéndice N° 1 Cuadro 1.2.1 Flujo de Proceso</b> .....	<b>60</b>
<b>Apéndice N° 2 Cuadro Mapeo de Entradas y Salidas de Proceso</b> .....	<b>62</b>
<b>Apéndice N° 3 Tipos de balanza utilizados en el MSA.</b> .....	<b>63</b>
<b>Apéndice N° 4 Análisis Modo Efecto y Falla</b> .....	<b>64</b>
<b>Apéndice N° 5 Formato de control de Nivelación</b> .....	<b>67</b>
ANEXOS .....	68
<b>Anexo N° 1. Cuadro 1.1.6.1 Estructura organizacional</b> .....	<b>69</b>
<b>Anexo N° 2 Diagrama de Efecto Embudo</b> .....	<b>70</b>

## Lista de Cuadros

Cuadro 2.1.1 Metodología del Seis Sigma .....	19
Cuadro 2.1.2.1 Pasos para determinar pesos asignables en la Matriz Causa Efecto .....	20
Cuadro 2.1.2.1.1 Guía de Severidad para aplicación de la herramienta AMFE .....	21
Cuadro 2.1.2.1.2 Guía de Ocurrencia para aplicación de la herramienta AMFE .....	22
Cuadro 2.1.2.1.3 Guía de Detección para aplicación de la herramienta AMFE .....	23
Cuadro 2.1.3.1 Diferencias entre la Calidad Tradicional y Seis Sigma ....	24
Cuadro 2.1.3.2 Cuadro de costo de calidad de acuerdo a nivel Sigma del Proceso .....	25
Cuadro 3.1.1 Cronograma de actividades del proyecto de estudio .....	28
Cuadro 4.2.1.1 Producción promedio de llantas equipo original .....	35
Cuadro 4.2.1.2 Estudio de capacidad de proceso para la llanta T125 70 R16 .....	36
Cuadro 4.2.1.1.2.1 Análisis de componentes en llantas de equipo Original	38
Cuadro 4.2.1.1.4 .1 Matriz Causa Efecto .....	40
Cuadro 4.2.3.1.1 Grafico comparativo de variables de extrusión .....	44
Cuadro 4.2.3.1.2 Grafico comparativo de peso rodado en balanza lineal vs rodado unitario .....	45
Cuadro 4.2.4.1.1.1 Grafico de interacción de variables del Diseño de Experimentos en Tubuladora .....	47
Cuadro 4.2.4.1.1.2 Grafico de interacción de variables del Diseño de Experimentos en Armado .....	49
4.2.4.1.1.2 Grafico de comportamiento de peso vs velocidad lineal .....	50
5.2.1 Grafico de Capacidad de proceso de llanta vulcanizada. ....	53



## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Generalidades de la Organización**

#### **1.1.1 Identificación de la empresa <sup>1</sup>**

La empresa Bridgestone / Firestone de Costa Rica, S.A. se localiza en la Ribera de Belén, la cual realiza sus operaciones con personal operativo distribuido en dos turnos de doce horas.

Actualmente es la única fábrica de llantas en Costa Rica y su mercado está distribuido a nivel Nacional, Centroamérica y Estados Unidos, dentro de sus productos están la producción de llantas tubulares y angulares.

#### **1.1.2 Antecedentes Históricos**

En el año de 1967 la Industria Firestone de Costa Rica, S.A. inicia operaciones, la cual cuenta en ese momento con una planilla de 200 trabajadores entre personal operativo y administrativo; y una producción diaria de 425 llantas diarias.

En el año de 1985 la corporación Summa S.A., adquiere las acciones de Industria Firestone de Costa Rica, S.A. Con lo cual cambia la razón social a Industria Akron de Costa Rica S.A.

En el año de 1988 Bridgestone Corporation de Japón adquiere Firestone Tire and Rubber Company y se crea una de las más poderosas corporaciones en el ámbito mundial la Bridgestone / Firestone, Inc.

Para 1995 la empresa ya cuenta con una planilla de más de 570 empleados, con un proceso que genera una producción de 2400 llantas diarias. En 1997 se produce una alianza estratégica entre Firestone de Costa Rica y la Corporación

---

<sup>1</sup> Fuente: Presentación de power point Inducción a empleados área de capacitación

Bridgestone / Firestone, Inc. Con lo cual la razón social cambia nuevamente a Firestone de Costa Rica, S.A. Este mismo año obtiene la certificación ISO9002 y se exporta por primera vez a los Estados Unidos.

En 1999 logra la certificación en ISO14000, siendo una de las primeras en el país en lograr este reconocimiento. Para este mismo año se inaugura la planta subsidiaria de Firestone Costa Rica, S.A. llamada EXFISA.

En el 2000 la Bridgestone / Firestone, Inc, adquiere la mayoría de las acciones de Firestone de C.R. S.A. y la razón cambia, esta vez a Bridgestone / Firestone de Costa Rica, S.A. para este momento, cuenta con 600 trabajadores y una producción promedio de 5000 llantas. Actualmente se producen 12000 diarias.<sup>2</sup>

### **1.1.3 Visión de la empresa**

“En Bridgestone / Firestone de Costa Rica nos proponemos que nuestra empresa sea una cuyos procesos productivos, administrativos, de mercadeo, de recursos humanos y de ventas, sean comparables con las mejores empresas a nivel mundial. Lo anterior nos conducirá a consolidarnos como la mejor planta de la corporación Bridgestone / Firestone en América Latina”.

### **1.1.4 Misión de la empresa**

“Ser líder en la fabricación y comercialización de llantas y productos relacionados, con los más altos estándares de calidad y de servicio al cliente. De igual forma, deseamos contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de nuestros empleados y obtener la más alta rentabilidad, de una manera ambientalmente responsable, basados en la filosofía de Calidad Total”.

---

<sup>2</sup> Fuente: Manual Inducción a empleados área de capacitación

### **1.1.5 Ubicación geográfica**

La empresa se encuentra ubicada en la Ribera de Belén, 500m al norte del hotel Herradura, a un costado de la autopista general cañas carretera hacia Alajuela. <sup>3</sup>

### **1.1.6 Estructura organizacional**

Esta parte de la Gerencia General, en su segundo nivel nos encontramos con cinco direcciones entre las que se destacan (finanzas, recursos humanos, calidad, mercadeo y ventas, operaciones), enfocándose el proyecto es esta última, la cual está subdividida entre divisiones, división 3, división 2, y división 1, siendo esta última en área donde se encuentra el proceso de extrusión, el cual después de los resultados obtenidos con base a los datos recolectados será la zona en la que se concentre el proyecto. Para más detalle. (ver anexo 1)

### **1.1.7 Cantidad de empleados y cualidades del recurso humano**

Actualmente cuenta con mil empleados entre personal administrativo y de planta.

En el área administrativa se destacan:

Licenciados en Administración

Licenciados en Contaduría

Licenciados en Mercadeo

En el área administrativa – Proceso:

Ingenieros de Mecánica General.

Ingenieros Eléctricos

Ingenieros Químicos

Ingenieros Industriales

Laboratoristas.

---

<sup>3</sup> Fuente: Manual Inducción a empleados área de capacitación

En el proceso:

Bachilleres ó Licenciados en Ingeniería industrial (Supervisores)

Bachilleres en educación media ó noveno año. (Operarios)

Mecánicos de precisión (Mantenimiento)

Electricistas (Mantenimiento)

### **1.1.8 Productos**

La empresa cuenta con una gran variedad de productos de acuerdo al tipo de vehículo y al aro del mismo. Las llantas están divididas por familias: PSR, LTR, LTS, TBS y Tempa.<sup>4</sup>

Diseño PSR es una llanta pasajero para aros 12 y 13, es decir para carros livianos. En está familia se encuentran diseños como F-570, F-590, Seiberling, Dayton, principalmente.

Diseño LTR es una llanta para camioneta y microbuses aro 14 y 15. En está familia se encuentran diseños como Wilderness, Steeltex, Destination, CV3000 principalmente.

Diseño LTS es una llanta para camioneta aro 14, 15 y 16. En está familia se encuentran diseños como T494, T423, AT, principalmente.

Diseño TBS es una llanta para camión y furgones aro 20. En está familia se encuentran diseños como T494, T423, AT, principalmente.

Diseño TSR es una llanta para equipo original aro 14, 15, 16, 17. En está familia se encuentran diseños como W6H4, HNDA, GEEM, principalmente.

---

<sup>4</sup> Fuente: Manual de Inducción a empleados área de capacitación

## **1.2 Descripción del proceso productivo en forma general.** <sup>5</sup>

Bridgestone Firestone de Costa Rica, S.A., produce llantas de diversas medidas, material para reencauche de llantas y protectores. El proceso más importante es la fabricación de llantas que comienza en la bodega de materia prima en donde se encuentran los compuestos necesarios para la producción de llantas. Algunos componentes como las resinas se encuentran en estado granulado y otros como el negro de humo en polvo, además de materias primas se manejan artículos tales como: bolsas, cajas, cubetas, etiquetas, disolventes, aceites. (ver apéndice N°1)

### **1.2.1 Departamento de Banbury**

En este punto se inicia el proceso luego de que las materias primas han recibido la aprobación del Laboratorio para su uso. El departamento consta de tres partes principales que son; la cámara de mezclado y molino laminador y el sistema de enfriamiento de laminas de hule.

El Banbury es un mezclador de rotores donde se realiza la operación de incorporación de materias primas ( pigmentos) al hule, los cuales han sido previamente pesados en una balanza destinada exclusivamente a ese propósito.

En el Banbury los hules y pigmentos son sometidos a cinco operaciones diferentes que son:

#### **Amasado:**

Esta etapa tiene como objetivo principal matarle el nervio y plastificar el hule natural con el fin de disminuir su viscosidad. Esta operación debe realizar a una temperatura que se encuentra entre 135 - 145°C.

---

<sup>5</sup> Manual Inducción a empleados área de capacitación

**Master Batch:** <sup>6</sup>

Consiste en incorporar al hule virgen (natural o sintético) todos los pigmentos, negro de humo y aceites que lleva una formula, menos los pigmentos acelerantes y al azufre, ya que se debe trabajar a temperaturas entre 160 -180 °C, para obtener una buena dispersión, que es una medida de calidad del mezclado, su escala esta entre 1 y 7, siendo 1 la mejor y 7 la peor.

La presencia de acelerantes y azufre a las temperaturas anteriores produciría que el hule vulcanice dentro de la cámara de mezclado del Banbury generando que no se puede usar en procesos posteriores.

**Repasado:**

Consiste en mezclar nuevamente el master batch en la cámara sin agregar ningún componente con el fin de disminuir su viscosidad y mejorar su dispersión. La temperatura de operación esta entre 120-180 °C.

**Final:**

Consiste en agregar al master batch o al repasado, los acelerantes, retardadores y el azufre. El tiempo de mezclado es pequeño ya que debe trabajar a temperaturas de 90-110 °C para evitar la vulcanización de la mezcla. Después de esta etapa el hule esta listo para ser usado en otros departamentos del proceso.

El Banbury trabaja por cargas, cuando el motor que mueve los rodillos ha consumido la cantidad de energía de mezcla indicada, la cámara abre la compuerta y descarga en el carro cargador el cual traslada el hule al molino del Banbury para ser laminado y enfriado un poco, antes de ser enviada al sistema de enfriamiento de laminas donde las laminas de hule pasan por el batch off, que es una pileta con una solución jabonosa, luego a un sistema de aspersion, y posteriormente las laminas se acomodan en el Festoon que es una lluvia en la cual una serie de abanicos permiten que la lamina de hule pueda alcanzar la temperatura que se recomienda debe tener al salir del sistema de enfriamiento.

---

<sup>6</sup> Fuente: Manual de Inducción a empleados área de capacitación

Luego de salir del sistema de enfriamiento, el hule es colocado en tarimas con su respectiva identificación y se le da el reposo necesario antes de procesarlo otra vez.

### **1.2.2 Departamento de Calandra <sup>7</sup>**

La calandra es una maquina que consta fundamentalmente de tres rodillos colocados uno encima del otro, con circulación interna de vapor y agua para controlar la temperatura de los mismos, el hule que se procesa en esta maquina es suministrado por una banda trasportadora que sale desde el molino alimentador y llega al rodillo superior.

El calandrado consiste en recubrir con una película de hule los lados de la tela que se va a usar para formar el cuerpo de la llanta, esto con el objetivo de lograr una adhesión entre capas y evitar que las fibras de una capa entre en contacto con las de la otra.

El hule es alimentado a la calandra por un sistema de molinos, de lo cual cabe destacar que son molinos almacenadores. La tela que va a ser calandrada pasa entre el rodillo central y el inferior, de modo que el rodillo central debe tener adherido el hule a su superficie con el objeto de que se adhiera a la tela y esta tenga, al salir de la calandra, una capa uniforme de hule.

### **1.2.3 Departamento de Cortadoras**

Luego de que la tela ha sido calandrada, esta es cortada dependiendo del uso que se le vaya a dar, esto debido a que un solo tipo de tela puede ser usado en varios tipos de llantas.

---

<sup>7</sup> Fuente: Manual de Inducción a empleados área de capacitación

Para esto la tela se corta con un ancho y un ángulo especificado de acuerdo al tipo y tamaño de la llanta, así mismo según la capa que sea ya que cada llanta puede tener desde dos hasta ocho capas.

#### **1.2.4 Departamento de Cejas. <sup>8</sup>**

La ceja de la llanta esta constituida por hilos de alambre de acero recubiertos con cobre y hule usado como aislante, entre el resto de la llanta y el alambre, también se usa material de relleno, refuerzo los cuales son para medidas angulares.

La operación se inicia cuando el alambre se toma de una batería de carruchas, de la cual se selecciona el numero de hilos necesarios según sea el tamaño de la ceja a formar. Luego el alambre es pasado por una pequeña extrusora, la cual se encarga de recubrir los hilos con un hule especial para ello, quedando de esta manera aislados los hilos entre sí, tan bien se coloca una capa de hule que envuelve a todos los hilos, luego se pasa a la unidad compensadora cuya función es suministrar alambre para que la ceja pueda ser arrollada continuamente; las veces que el cuerpo de hilos se debe arrollar depende del tamaño de la ceja.

Después de tener el numero de vueltas especificado, se corta, y el extremo cortado se prensa para evitar que la ceja se abra.

#### **1.2.5 Departamento de Steelastic.**

La capa estabilizadora de la llanta esta constituida por hilos de alambre de acero y hule usado como aislante, entre el resto de la llanta y el alambre, esto debido a que es la que brinda la estabilidad del rodado cuando la llanta ya esta terminada.

---

<sup>8</sup> Fuente: Manual de Inducción a empleados área de capacitación

La operación se inicia cuando el alambre se toma de una batería de carruchas, de la cual se selecciona el número de hilos necesarios según sea el ancho de la capa que se va a formar.

Luego el alambre es pasado por una extrusora, la cual se encarga de recubrir los hilos con un hule especial para ello, quedando de esta manera aislados los hilos entre sí, con el fin de que no se muevan los hilos, están sujetos en forma permanente por una matriz o molde que los mantiene en una sola posición, posteriormente se corta con una cuchilla especial con un determinado ángulo y un brazo automático los une nuevamente.

Después de esto se le coloca una tira de hule conocida como orilla de capa la cual brindará un mejor agarre de los cortes entre sí y de la capa estabilizadora a la carcasa

### **1.2.6 Departamento de Tubuladora <sup>9</sup>**

Este departamento se encarga de procesar el hule proveniente del Banbury, con el cual se logra dar forma a los distintos componentes que se requieren dentro del proceso de los cuales se pueden destacar; rodados, paredes, paredes banda blanca, costado negro, bases, banda para material de reencauché y protectores.

El inicio del proceso dentro de este departamento consiste en alimentar el hule proveniente del Banbury a las cabezas de extrusión o cámaras de extrusión dentro de las cuales gira un tornillo sin fin, el cual se encarga de moler el hule a cierta temperatura para luego transportarlo hasta la salida de la cabeza de la Tubuladora.

---

<sup>9</sup> Fuente: Manual de Inducción a empleados área de capacitación

En este punto se encuentra instalada una matriz (cubo de acero) que ha sido fresado para que obligue al hule a tomar la forma deseada para ser utilizado en el resto del proceso.

El hule que sale extruído, ya sea un rodado u otro componente sale en una sola tira la cual es puesta sobre una banda transportadora la cual pasa por una balanza lineal la cual permite pesar constantemente el material en una distancia de un metro, luego pasa por una pequeña calandrita donde se le coloca el cojín sobre la base del rodado.

Este consiste en una película de hule de aproximadamente un milímetro el cual se coloca en caliente sobre el rodado con el objetivo de aumentar la adhesión de este con el cuerpo de la llanta al momento de armar la misma.

Posteriormente la llanta pasa a la zona de cementado, en donde existe un recipiente que contiene un cemento especial que es aplicado sobre la base del rodado y el cojín es limpiado de inmediato con unas brochas especiales con el fin de remover los excesos de cemento.

Después de esto el rodado es introducido a una unidad de enfriamiento con agua, la cual consiste en una cámara que esta a lo largo de una buena parte del sistema de rodillos la cual cuenta con aspersores para enfriar el rodado cuando pasa.

Al salir de esta unidad el rodado es secado con aire a presión para después ser trasladado a la zona de cortadora de rodado la cual se encuentra en la misma línea del conveyor, aquí el rodado es cortado a una medida ya especificada, luego se cementa los extremos del rodado ya cortado para facilitar la adhesión de la unión al momento de armarse la llanta.

Posteriormente se colocan en carros destinados especialmente para rodados y se dejan en reposo hasta pasar al departamento de armado.

### **1.2.7 Departamento de Armado <sup>10</sup>**

A este departamento convergen los productos obtenidos en los departamentos de Tubuladora, Calandra, Cortadora y Cejas.

El ensamble de la llanta se realiza en una maquina que consiste de un motor que acciona un eje en cuyo extremo se encuentra un tambor abatible, el cual es intercambiable para diferentes tamaños y diseños de llantas.

Este eje puede girar hacia adelante o hacia atrás, según se desee, girando libremente, dando una ó media vuelta, de tal forma que el operador tenga un control completo sobre el tambor, ya que sobre este van colocando primero cierto numero de capas de telas, luego se colocan las cejas y después otro numero de capas para formar el cuerpo de la carcasa, luego las paredes laterales, las capas estabilizadoras y finalmente el rodado. El tambor es abatido y el producto obtenido se denomina llanta verde. En este punto la llanta ya esta terminada faltándole únicamente moldearse y vulcanizarse en la siguiente etapa.

### **1.2.8 Departamento de Vulcanización. <sup>11</sup>**

Esta etapa es de mucho cuidado ya que una falla, generalmente produce una llanta a desechar, debido a que el hule vulcanizado no es reprocesable.

Para llevar a cabo la vulcanización se cuenta con prensas especiales, que constan de dos cavidades. En estas se colocan las dos tapas de los moldes de las llantas que están formados por dos partes la de abajo que permanece fija en la prensa y la de arriba que es móvil al momento en que la prensa se abre.

---

<sup>10</sup> Fuente: Manual de Inducción a empleados área de capacitación

<sup>11</sup> Fuente: Manual de Inducción a empleados área de capacitación

Las prensas se calientan circulando vapor dentro del domo que cubre los moldes, este se usa para este efecto. En el centro del molde que permanece fijo se coloca el bladder (una especie de bolsa de hule de forma cilíndrica), al cual llegan tuberías con agua caliente y fría para que la vulcanización se dé en dos direcciones ya que la llanta queda colocada entre el molde y el bladder, por lo que recibe calor tanto externo como internamente, además de que el bladder ayuda a la buena formación de la llanta.

Para obtener una adecuada distribución del calor a través de toda la llanta, es necesario aplicarle diferentes pasos con un cierto tiempo cada uno. Al conjunto de todos estos pasos se le denomina ciclo de vulcanización.

Las prensas cuentan con programadores digitales para los ciclos mediante un sistema de válvulas accionadas por aire.

### **1.2.9 Departamento de Inspección Final.** <sup>12</sup>

Aquí se revisan cuidadosamente todas las llantas vulcanizadas, tanto interna como externamente, procurando detectar cualquier defecto por pequeño que este sea. Después de realizada la inspección manual las llantas se pasan por la máquina TUO (Tire Uniformity Optimizer) para determinar su uniformidad.

### **1.3 Planteamiento del problema central**

Variaciones de sobrepeso en llantas de equipo original producen un incremento de las llantas scrap, el material de reproceso, un aumento en la inspección de producto terminado y reclamos por parte del cliente.

---

<sup>12</sup> Fuente: Manual de Inducción a empleados área de capacitación

### **1.3.1 Implicaciones**

Entre estas se destacan reducir los tiempos de trabajo, lo cual incidirá directamente en el volumen de reinspección por parte de los operadores de inspección final, que son los encargados de valorar llanta por llanta cuando estas dan problemas de sobrepeso. Este proyecto también busca eliminar la posibilidad de reclamos por parte de cliente final, tomando en cuenta que para este el peso final de la llanta es clave, como parte integral de su propio producto.

### **1.3.2 Justificación**

El cambio constante en la economía actual, un mercado globalizado que cada vez exige más y mejores productos y servicios a un menor costo, ha hecho que muchas de las grandes empresas en el ámbito mundial reestructuren su fuerza de trabajo y establezcan planes para llevar a cabo un mejoramiento del proceso total de su producto.

La empresa Bridgestone / Firestone de Costa Rica considerada como una empresa líder y de reputación mundial no quedado ajena ha este fenómeno, por lo cual desde hace varios años ha venido realizando esfuerzos para mejorar cada vez más sus procesos, muestra de esto es su certificación dentro de la norma ISO9000 en el año de 1997 y posteriormente en 1999 su certificación dentro de la norma ISO14000, con lo cual ha venido estableciendo un esfuerzo de mejoramiento continuo tanto en el ámbito de calidad del producto, como de la productividad de los distintos departamentos que conforman todo su proceso productivo, es así como surge dentro de la empresa la necesidad de mejorar la productividad, enfocándose a la reducción de las variaciones de peso de sus llantas, con el fin de eliminar los excesos de material que llevan las mismas, lo cual permita reducir costos sin afectar la calidad del producto como tal.

### **1.3.2.1 Estado de la Cuestión**

Empresa Bridgestone / Firestone de Costa Rica S.A.

Constituida por capital extranjero, la empresa cuenta con una producción mensual de 25000 llantas TEMPAs de las cuales el 60% corresponde al diseño W6H4, lo cual hace necesario reducir las variaciones de peso que este diseño presenta.

Con motivo de ser esta llanta un producto que se vende para ser instalada en equipo Original (Auto Nuevos) y tomando en cuenta los requerimientos del cliente en cuanto al peso debido a que estos ofrecen el vehículo con un peso determinado, esto ha generado la necesidad de un estudio de las distintas causas que generan variaciones en el peso de la llanta vulcanizada, específicamente el sobrepeso de las mismas. Para lo cual se deben analizar una serie de aspectos dentro del proceso en general a fin de poder determinar cual es el causante ó causantes que más aportan para que exista este tipo de variación dentro de este producto. Por tal razón se va a analizar si existe uso inadecuado del equipo por parte de los operarios ó posibles problemas en el hule que limiten la máquina, ya sea porque este no reúne las condiciones adecuadas y demás factores que pueden incidir dentro de su manipulación.

Los cuales aparte de reducir la productividad de la maquina, también tienden a generar T.M.A (hule de Reproceso).

Para realizar dicho estudio se utilizará como apoyo la herramienta Seis Sigma la cual permitirá detectar y analizar el origen de la problemática existente.

### **1.3.3 Objetivos**

#### **1.3.3.1 Objetivo General**

Analizar el proceso de llantas de equipo original para establecer las variables que pueden generar variaciones de sobrepeso en la llanta TEMPAs vulcanizada **W6H4** en la empresa Bridgestone / Firestone de Costa Rica.

### **1.3.3.2. Objetivos Específicos**

Determinar que procesos están propiciando la variación en el peso de los componentes que forman parte de la llanta terminada.

Comparar las variables que surjan en la investigación para ir ahondando en cual es la causa raíz del problema que esta en estudio.

### **1.3.4 Alcances y Limitaciones del problema de investigación**

En este punto cabe destacar la colaboración que se obtuvo de las diversas áreas relacionadas con el proceso en estudio, (mantenimiento, producción, programación y calidad), las cuales no solo aportaron la información que estaba a su alcance si no que también aportaron conocimiento en lo que fue la aplicación de las herramientas aplicadas en el trabajo.

Como limitación principal estaba los cambios realizados al programa suministrado para elaborar el documento lo cual implico hacer muchas modificaciones, para mejorar el trabajo.

**CAPITULO 2**  
**MARCO TEÓRICO**

## MARCO TEÓRICO

### 2.1 SEIS SIGMA

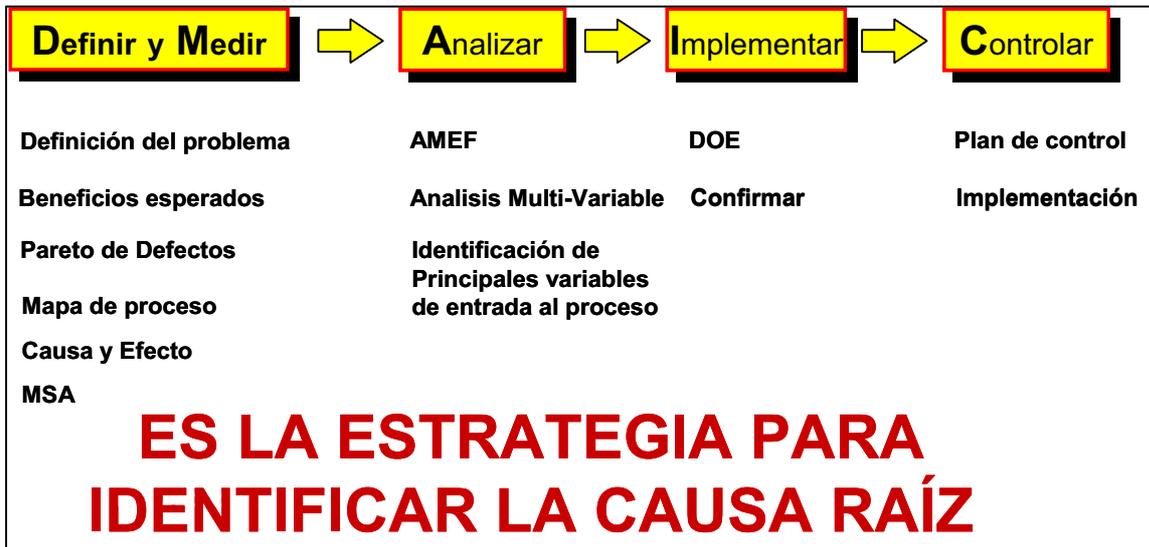
Es una filosofía de trabajo enfocada hacia el cliente, mediante un manejo eficiente de los datos y metodologías, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón. Esta herramienta no solo permite controlar la variable, sino también la reducción de tiempos de ciclo, reducción de los costos y la satisfacción del cliente.

Normalmente, los procesos estándar se sitúan dentro del rango de tres (3) Sigma, lo que equivale a un número de defectos de casi 67.000 por millón de oportunidades (en adelante lo mencionaremos como DPMO), con un desplazamiento de 1,5 Sigma; se obtiene un nivel de calidad de apenas 93,32 %, en contraposición con un nivel de 99,9997 % para un proceso de Seis Sigma. En síntesis, un proceso de Tres Sigma es 19.645 veces más malo (produce más defectos) que un proceso Seis Sigma.

Seis Sigma como tal es una metodología rigurosa que utiliza herramientas y métodos estadísticos, para **D**efinir los problemas ó situaciones a mejorar dentro de un proceso, **M**edir para obtener la información y los datos necesarios para el estudio, **A**nalizar la información recopilada, **I**mplementar y emprender mejoras al proceso y finalmente, **C**ontrolar o rediseñar los procesos o productos existentes, con la finalidad de optimizarlos (en adelante lo conoceremos como **DMAIC**).

Muestra de este proceso se puede apreciar en el siguiente cuadro en el que se detalla aun más el método y las partes que forma parte de cada uno de los pasos mencionados con anterioridad. Estos pueden ser más detallados dependiendo del problema en estudio y las variables que se tengan para analizar.

### Cuadro 2.1.1 Metodología del Seis Sigma



Fuente: Manual de entrenamiento Green Belt, Bridgestone Firestone, Costa Rica

#### 2.1.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN SEIS SIGMA

Teniendo que Seis Sigma es básicamente un sistema mejorado de la calidad tradicional nos encontramos que esta aplica una cantidad considerable de las herramientas que se utilizan en el control de calidad, de las cuales se pueden mencionar entre otras:

- Matriz Causa Efecto
- CIP, Procesos de Mejora Continua.
- Diseño / Rediseño de Procesos.
- Análisis de Varianza, ANOVA.
- Cuadro de Mando Integral, BSC.
- Análisis Medición Falla y Efecto ( en adelante lo llamaremos **AMFE**)
- Diseño de Experimentos, (en adelante lo llamaremos **DOE**).
- Gerencia de los Procesos.
- Control Estadístico de Procesos, SPC.

Para poder aplicar en forma adecuada las herramientas citadas anteriormente es necesario contar con una guía adecuada de cómo se debe proceder, a continuación se ofrece una tabla en la cual se detalla brevemente el funcionamiento para la aplicación de pesos a la hora de realizar la matriz causa, efecto.

### **Cuadro 2.1.2.1 Pasos para determinar pesos asignables en la matriz causa efecto.**

Esta tabla provee las entradas iniciales para realizar el AMFE. Cuando cada una de las variables de salida (requerimientos) no son correctas, estas representan "EFECTOS" potenciales. Cuando cada una de las variables de entrada no es correcta, esta representa un "MODO DE FALLA".

Pasos a Seguir:

1. Hacer una lista de las variables de salida del Proceso
2. Califique cada una de las variables de 1-a-10 de acuerdo a las escala de importancia para el cliente.
3. Hacer una lista de las variables de entrada del Proceso
4. Califique cada una de las variables relacionadas con cada variable de salida en una escala de 1-to-10.
5. Seleccione las variables de entrada más altas para iniciar el proceso de AMEF; Determine como cada una de las variables de entrada seleccionadas pueden estar equivocadas y colóquelas en la columna de Modo de Falla en el AMEF

Fuente: Manual de entrenamiento Green Belt, Bridgestone Firestone, Costa Rica

Además de las herramientas mencionadas anteriormente hay una serie de elementos que soportan la filosofía Seis Sigma y que aseguran una adecuada aplicación de las herramientas, entre estos se destacan los siguientes:

- Identificación de elementos Críticos para la Calidad (CTQ), de clientes Externos.
- Identificación de elementos Críticos para la Calidad (CTQ), de clientes Internos.
- Elaborar análisis de los modos y efectos de las fallas (AMFE).
- Utilizar Diseño de Experimentos (DOE), para identificar las variables críticas.

- Realizar Benchmarking permanente y establecer los objetivos a alcanzar.

### Como aplicar AMFE

Para tal efecto se debe utilizar una serie de tablas que brindan una guía de cómo se debe llevar a cabo la valoración de cada uno de los puntos de acuerdo al proceso que se está analizando, a continuación se irá detallando cada una de las guías que se requieren para llevar a cabo la utilización de esta herramienta.

#### Cuadro 2.1.2.1.1 Guía de Severidad para aplicación de la herramienta AMFE

Efecto	Severidad de Efecto	Puntaje
Arriesgado sin previo aviso	Afecta la seguridad al operar el vehículo Falla cuando se maneja	10
Arriesgado con aviso	Afecta la seguridad al operar el vehículo Falla cuando se maneja	9
Muy Alta	El producto no puede ser utilizado Cuando se opera pierde la función principal	8
Alta	Manejar con un nivel bajo de calidad Cliente insatisfecho	7
Moderado	Manejar con un nivel bajo de calidad Por experiencia los clientes están disconformes	6
Bajo	Se puede manejar pero con un nivel de comodidad bajo Por experiencia los algunos clientes están disconformes	5
Muy bajo	Apto y notificado a varios clientes	4
Pequeño	Apto y notificado al cliente promedio	3
Muy pequeño	Apto y notificado a ciertos clientes	2
Ninguno	No hay efecto	1

Fuente: Manual de entrenamiento Green Belt, Bridgestone Firestone, Costa Rica

En este primer cuadro se puede observar, que los rubros que contiene la guías para determinar la severidad, no fue diseñada para ser aplicada a un proceso específico, sin embargo esta puede ser interpretada para el propósito que se requiere.

Ejemplo:

Si asignamos un puntaje de 3 estaríamos diciendo que la severidad es pequeña o de poca importancia, así mismo que el proceso puede continuar trabajando en

esta condición y que se le notifica al cliente interno para que este enterado de que el material puede ser utilizado bajo estas condiciones.

**Cuadro 2.1.2.1.2 Guía de Ocurrencia para aplicación de la herramienta AMFE**

Probabilidad de Falla	Probabilidad de Falla	Puntaje
Muy Alta	$\geq 1$ in 2	10
Falla es casi Inevitable	1 in 3	9
Alta	1 in 8	8
Falla repetidamente	1 in 20	7
Moderada	1 in 80	6
Falla Ocasionalmente	1 in 400	5
	1 in 2,000	4
Baja	1 in 15,000	3
Falla Relativamente poco	1 in 150,000	2
Remoto: Falla poco probable	$\leq 1$ in 1,500,000	1

Fuente: Manual de entrenamiento Green Belt, Bridgestone Firestone, Costa Rica

En el caso de la guía de ocurrencia es un poco más flexible o amigable debido que su estructura permite al usuario de determinar fácilmente el puntaje ideal para ser asignado de acuerdo al problema o causa en estudio.

**Ejemplo:**

Si asignamos un puntaje de 7 estaríamos indicando que la ocurrencia de la falla o la causa de un problema se da en una de cada veinte veces que se realiza este proceso ó producto.

### Cuadro 2.1.2.1.3 Guía de Detección para aplicación de la herramienta AMFE

Probabilidad de Detección	Puntaje
Completamente Incierto	10
Muy remoto	9
Remoto	8
Muy baja	7
Baja	6
Moderado	5
Altamente Moderado	4
Alta	3
Muy Alta	2
Casi Seguro	1

Fuente: Manual de entrenamiento Green Belt, Bridgestone Firestone, Costa Rica

Esta tabla al igual que la guía de ocurrencia, facilita determinar cual es el puntaje ideal para ser asignado de acuerdo al problema o causa en estudio.

#### **Ejemplo:**

Si asignamos un puntaje de 8 estaríamos indicando que la posibilidad de detectar la falla o la causa del mismo es remota, tomando como punto de partida todo el conocimiento que posee en operario que ejecuta el proceso.

### **2.1.3 ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE SEIS SIGMA Y LA CALIDAD TRADICIONAL?**

Cuando nos hacemos esta pregunta nos damos cuenta que ambas están soportadas por prácticamente las mismas herramientas y métodos conocidos por los practicantes de la Calidad Total, TQM, etc. ?. La diferencia principal se puede enfocar en la forma de aplicar estas herramientas y su integración con los propósitos y objetivos de la organización. La integración y participación de todos los niveles y funciones dentro de la organización es factor clave, en búsqueda de

la satisfacción tanto de las necesidades y objetivos de los clientes, como de la propia organización.

Las diferencias más notables que existe entre la forma tradicional de enfocar la Calidad tradicional y la estrategia de Seis Sigma son:

**Cuadro 2.1.3.1 Diferencias entre la Calidad Tradicional y Seis Sigma <sup>13</sup>**

<b>CALIDAD TRADICIONAL</b>	<b>SEIS SIGMA</b>
Está centralizada. Su estructura es rígida y de enfoque reactivo.	Está descentralizada en una estructura constituida para la detección y solución de los problemas. Su enfoque es proactivo.
Generalmente no hay una aplicación estructurada de las herramientas de mejora.	Se hace uso estructurado de las herramientas de mejora y de las técnicas estadísticas para la solución de los problemas.
No se tiene soporte en la aplicación de las herramientas de mejora. Generalmente su uso es localizado y aislado.	Se provee toda una estructura de apoyo y capacitación al personal, para el empleo de las herramientas de mejora.
La toma de decisiones se efectúa sobre la base de presentimientos y datos vagos.	La toma de decisiones se basa en datos precisos y objetivos: "Sólo en Dios creo, los demás traigan datos".
Se aplican remedios provisionales o parches. Sólo se corrige en vez de prevenir.	Se va a la causa raíz para implementar soluciones sólidas y efectivas y así prevenir la recurrencia de los problemas.
No se establecen planes estructurados de formación y capacitación para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.	Se establecen planes de entrenamiento estructurados para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.
Se enfoca solamente en la inspección para la detección de los defectos (variables clave de salida del proceso). Post-Mortem.	Se enfoca hacia el control de las variables clave de entrada al proceso, las cuales generan la salida o producto deseado del proceso.

<sup>13</sup> <http://seis-sigma.com/generic4.html>

## 2.1.4 ¿CUÁNTO CUESTA LA CALIDAD?

En general y de manera ideal, el costo de la calidad puede ser definido en cuatro categorías: fallas internas, fallas externas, aseguramiento y prevención. Cada una de estas categorías puede incluir los siguientes elementos:

- Fallas Internas: Desperdicio (scrap), Retrabajo. Aquí se puede apreciar su efecto en mayores niveles de inventario y largos tiempos de ciclo.
- Fallas Externas: Costo para el cliente (debido a los defectos), Costos de Garantía y Servicio, Ajustes por Reclamos y Material devuelto.
- Aseguramiento: Inspección, Pruebas, Auditorias de Calidad, Costo y Mantenimiento de los equipos de pruebas.
- Prevención: Planeación de Calidad, Planeación de Procesos, Control de Procesos y Entrenamiento.

**Cuadro 2.1.3.2 Cuadro de costo de calidad de acuerdo a nivel Sigma del Proceso.<sup>14</sup>**

<b>Nivel Calidad</b>	<b>DPMO</b>	<b>Nivel Sigma</b>	<b>Costo Calidad</b>
<b>30,9 %</b>	<b>690.000</b>	<b>1,0</b>	<b>NA</b>
<b>69,2 %</b>	<b>308.000</b>	<b>2,0</b>	<b>NA</b>
<b>93,3 %</b>	<b>66.800</b>	<b>3,0</b>	<b>25-40 %</b>
<b>99,4 %</b>	<b>6.210</b>	<b>4,0</b>	<b>15-25 %</b>
<b>99,98 %</b>	<b>320</b>	<b>5,0</b>	<b>5-15 %</b>
<b>99,9997</b>	<b>3,4</b>	<b>6,0</b>	<b>&lt; 1 %</b>

<sup>14</sup> <http://seis-sigma.com/generic4.html>

**CAPITULO 3**  
**MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 Marco Metodológico

**Cuadro 3.1.1 Cronograma de actividades del proyecto de estudio.** <sup>15</sup>

DEPTO: Tumbadora		2005		META		FECHA		HECHO POR																						
		REDUCIR LA VARIACION DE PESOS EN RODADOS TIEMPA		01/09/2004																										
ITEM : xxx	RESPONSABLE	AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO			FEBRERO			MARZO			STATUS				
OBJETIVO	ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
3.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL	3.1.1 JUSTIFICACION Y ESTADO DE LA CUESTION																													
	3.1.2 MUESTRO DE LA MEDIDAS CON PROBLEMAS DE SOBREPESO																													
	3.1.3 DETERMINAR SU IMPACTO																													
	3.1.4 ESTABLECER SU COMPORTAMIENTO																													
	3.1.5 AFECTAN EL SOBRE PESO EN LA MEDIDA SELECCIONADA																													
	3.1.6 IDENTIFICAR LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL PROCESO ANALIZADO Y EL TIPO DE CONTROL																													
3.2 PLANTEAMIENTO DE LAS SOLUCIONES	3.1.7 EJECUTAR UN DIAGRAMA CAUSA EFECTO ESTABLECIENDO EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES QUE INFLUYERON MEDIANTE EL MUESTRO DE PROCESO.																													
	3.2.1 ELABORAR UN MSA COMPARANDO EL COMPORTAMIENTO DEL PESO DEL COMPONENTE . QUE SE DEFINIO COMO INFLUYENTE PARA DETERMINAR LA CAUSA PRINCIPAL EN LA CAUSA ESTATICA Y UNA BALANZA DINAMICA.																													
	3.2.2 APLICAR UN ANALISIS DE MEDICION FALTA Y EFECTO (AMFE), UTILIZANDO LAS GUAS DE DIAG. COORRENCIA Y DETECCION.																													
	3.2.3 ELABORAR UN ANALISIS MULTIVARIABLE TOMADO COMO REFERENCIA LAS MEDIDAS DE LAS VARIABLES DE INTERES PARA VER EL COMPORTAMIENTO DE LAS MISMAS																													
	3.2.4 ESTABLECER UNO DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DEL ESTUDIO.																													
3.2.5 APLICACION DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA VALIDAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES RESULTANTES																														

<sup>15</sup> Fuente: Elaboración propia.

### **3.1 Diagnóstico de la Situación Actual**

#### **3,1,1** Justificación y estado de la cuestión.

Se estableció la justificación del trabajo y la importancia del proyecto para la empresa.

#### **3,1,2** Muestreo de las medidas con problemas de sobrepeso.

Se realizó búsqueda de fuentes de información existentes para ubicar el comportamiento del problema.

#### **3,1,3** Determinar su impacto.

Se analizó el efecto que esta teniendo la variable en estudio dentro de la empresa.

#### **3,1,4** Establecer su comportamiento.

Se recopiló información, que sirva de apoyo para verificar como se ha comportado la variable de estudio en los últimos meses.

#### **3,1,5** Establecer las variables que más afectan el sobre peso en la medida seleccionada.

Basado en la información recopilada se estableció la variable ó variables que se va a valorar en el documento.

#### **3,1,6** Identificar las entradas y salidas del proceso analizado y el tipo de control

Se identificó aquellas variables importantes para el proyecto en estudio. Con el fin de valorar su participación é importancia.

#### **3,1,7** Ejecutar un diagrama causa efecto estableciendo el comportamiento de las variables que se encontraron mediante el mapeo de proceso.

Se verificó su impacto para el cliente interno y dentro del proceso mismo.

## **3.2 Planteamiento de las Soluciones**

**3,2,1** Se elaboró un análisis del sistema de medición (en adelante los llamaremos **ASM**) comparando el comportamiento del peso del componente, que se definió como influyente para determinar la diferencia entre una balanza estática y una balanza dinámica

**3,2,2** Se aplicó un análisis de medición efecto y falla ( AMFE), utilizando las guías de severidad, ocurrencia y detección.

**3,2,3** Se elaboró un análisis multivariable tomando como referencia las variables resultantes del AMFE para ver el comportamiento de las mismas

**3,2,4** Se estableció las principales variables del estudio.

**3,2,5** Se aplicó el diseño de experimentos para validar el comportamiento de las variables resultantes

**CAPITULO 4**  
**DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

## **Diagnostico de la Situación Actual**

### **4.1 Descripción del proceso**

#### **4.1.1 Extrusión de rodados**

El proceso en estudio tiene como finalidad extruir el componente llamado rodado, para esto se toma los hules provenientes del Banbury, se verifican que sean los hules especificados en el cardex, una vez que estos han sido debidamente identificados y cuentan con la aprobación del departamento químico para su uso, se coloca en cada cabeza de extrusión según lo detalla la especificación, para el caso de los rodados, componente que se esta valorando en el estudio se debe colocar el hule que va a formar la forma del diseño en la cabeza N°1 y el hule de cojín, en la cabeza N° 2.

Una vez que se tiene los hules en sus respectivas cabezas se debe cargar los parámetros de operación en la pantalla de control del operador con el fin de producir el material de forma estable, para esto el equipo ya debe tener temperaturas especificadas en el cardex y se deben colocan tanto las velocidades de tornillo como de la línea de acuerdo a lo que especificado.

Una vez que se está extruyendo el material el mismo debe ser monitoreado mediante el uso de un metro calibrado con el fin de verificar que el ancho de salida del componente esta acorde con la especificación, posteriormente la maquina cuenta con un sistema de pesaje en línea, el cual permite segundo a segundo contar con el peso real por metro lineal.

Todo el material que no este conforme con lo especificado será marcado por el sistema rechazador de rodados con el fin de que el operador que se encuentra en la zona de almacenaje de carruchas logre observar la marca y deseche el material y este no salga del departamento ya que se encuentra defectuoso. Una vez que tenemos pesado el componente el siguiente paso es el sistema de cementado en

donde se le aplica una película de cemento con el fin de que este se pueda adherir correctamente en el departamento de armado, después que esta cementado este pasa por el sistema de rodillos de secado de cemento, el cual permite al rodado tener un poco de ventilación para que el mismo se seque un poco antes de ingresar al sistema de enfriamiento.

El sistema de enfriamiento es una cámara equipada con una cantidad considerable de aspersores que rosean en rodado con agua tratada para que este sea enfriado sin que el componente se contamine, después de que se ha enfriado para lograr una temperatura de unos 35°, el componente se seca mediante el uso de unas esponjas especiales que se adaptan al contorno de cada componente independientemente de la forma que este tenga.

Además el equipo también cuenta con un sistema de verificación de anchos un poco antes de que el material sea estampado, el mismo esta conectado a un sistema de alarma que le informa mediante un semáforo si el material es no conforme para que este sea desechado.

Posteriormente este es estampado con el código y nombre de la llanta, también lleva estampado las iniciales del operador, el día y una letra que identifica el tipo de hule que se uso para producir el mismo.

Finalmente este llega al sistema de arrollado en donde el mismo es almacenado en carruchas mediante el uso de un transporte especial para que no se contamine y se envía al área temporal de almacenamiento de carruchas.

Para saber como se determinó que el proceso detallado anteriormente era el origen primero fue necesario lleva a cabo una investigación del problema existente pero para esto como todo se empezó por recopilar información que dejara ver claramente cual era la situación real existente, esto se detalla en los siguientes pasos como se fue recopilando información y los resultados obtenidos.

## **4.2 Información de Entrada**

En la actualidad el control de calidad es parte vital dentro de las empresas, debido a una necesidad imperiosa de tener procesos más estables, por tal motivo es que nace la filosofía de Seis Sigma la cual se fundamenta en la utilización de método <sup>16</sup>DMAIC. El objeto de estudio no escapa de esta influencia, por tal motivo el trabajo como tal será analizado tomando en cuenta diversos pasos que forman parte de esta poderosa herramienta. Para esto se ira desarrollando cada uno de los pasos de forma tal que se pueda verificar adecuadamente los efectos que pueda tener el problema en efecto de estudios y sus causas como primer paso tenemos.

### **4.2.1 Definir y Medir la variable de estudio ( proceso 1)**

Como se detallo en la pagina 19 este primer paso requiere es definir y medir la variable, para tal efecto es recomendable verificar si la empresa cuenta dentro de sus bases de información con datos que sirvan para ser usados como información primaria, debido a que en muchas ocasiones se realizan muestreos innecesarios ya que en la actualidad las empresas llevan un buen control de su proceso.

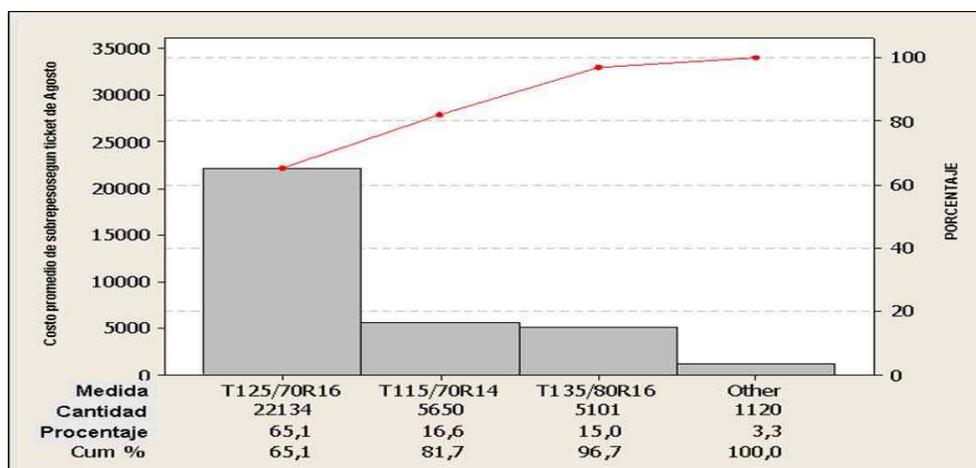
Partiendo de este punto se investigo y se encontró que el departamento de control estadístico contaba con datos históricos, los cuales estaban detallados por diseño.

Con estos datos se determinó cual era el que más afecto tenía en el sobrepeso y su participación dentro de ticket de producción, tomando en consideración esta información perteneciente al mes de agosto del 2004, se elaboró una comparación de las llantas que más se producen y su aporte dentro del problema de sobrepeso. Para tener una noción más clara de esta información puede ver el cuadro 4.2.1.1.

---

16 Ver detalle en marco teórico pagina N° 17-18

### Cuadro 4.2.1.1 Producción promedio de llantas equipo original<sup>17</sup>



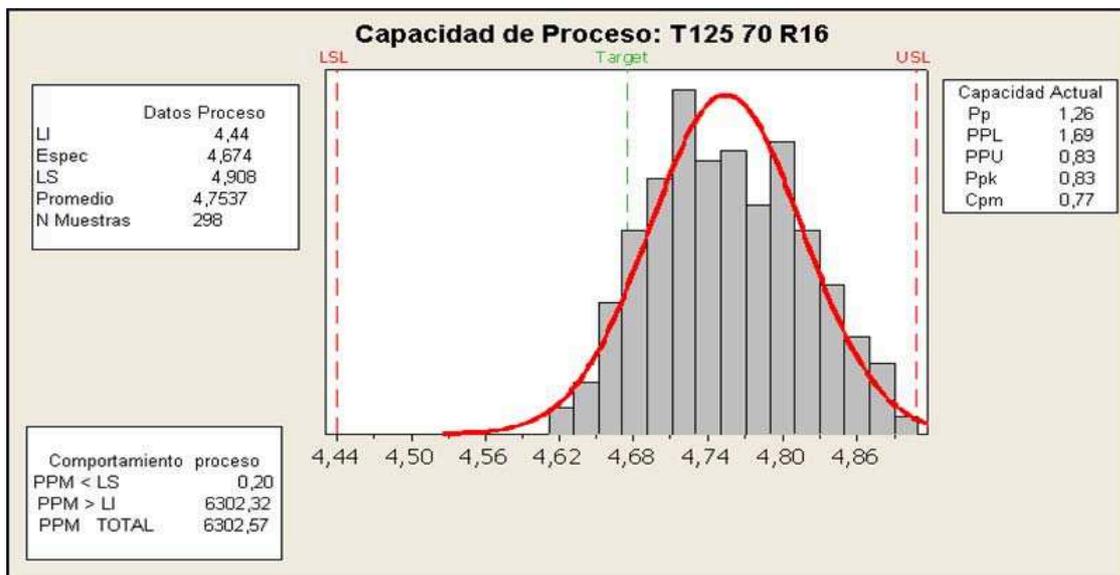
Los datos suministrados por control estadístico de procesos (en adelante lo llamaremos **CEP**) muestran que la llanta T125 70 16 TEMP, representa el 65% de la totalidad de las medidas que han dado problema de sobrepeso, según el Ticket producido.

Apoyado en la información obtenida se puede establecer la llanta en la cual se puede enfocara el estudio, una vez que se tiene la llanta designada se procede a consultar nuevamente si existe información que permita facilitar la labor de análisis de variable, la misma también se encontraba dentro de las bases de datos que son controlados por el CEP, con la misma se procedió a realizar una comparación del peso real por llanta y el peso especificado, el objeto de esta comparación no es otro que establecer el impacto que este problema esta generando.

Tomando la información suministrada por el CEP, se introdujeron el programa MINITAP, dando como resultado el siguiente histograma en donde se puede apreciar mejor el comportamiento de los datos obtenidos.

<sup>17</sup> Fuente: Muestreo realizado por el departamento de Control Estadístico de Proceso (CEP)

**Cuadro 4.2.1.2 Estudio capacidad de proceso para la llanta T125 70 R16.**<sup>18</sup>



Observar los resultados que reflejan histograma es esencial ya que en el se puede apreciar el comportamiento de la variable en estudio, para este caso se puede ver claramente que los datos de las llantas que fueron pesadas se encuentran dentro de los limites permisibles por la especificación, pero con una tendencia marcada hacia él limite superior.

Si tomamos en cuenta que esto demuestra claramente que la llanta tiene un peso mayor a lo especificado podemos decir que el comportamiento de los datos en la curva no es adecuado para la empresa, partiendo del hecho de que sé esta brindado más hule del necesario por el mismo precio y adicionalmente a esta situación se tiene el riesgo que surjan llantas fuera de tolerancia por sobre peso, lo cual ocasiona que estas deban ser desechadas.

Otro dato importante del histograma es que permite obtener referencias importantes como el CPK el cual como se observa es de 0.83 lo cual es muy bajo para cualquier proceso.

<sup>18</sup> Fuente: Muestreo realizado por el departamento de Control Estadístico de Proceso (CEP)

Si analizamos más a fondo el detalle de la información contenida en el histograma nos damos cuenta que lo más alarmante es que un CPK de 0.83 deja abierta la posibilidad que el proceso en su condición actual genere 6302 PPM (partes por millón) con sobrepeso lo cual es muy elevado, tomando en cuenta que solo se está analizando un diseño de los 15 existentes.

#### **4.2.1.1 ANALISIS DE LAS CAUSAS Y EFECTOS**

##### **4.2.1.1.1 Beneficios esperados ( paso 2)**

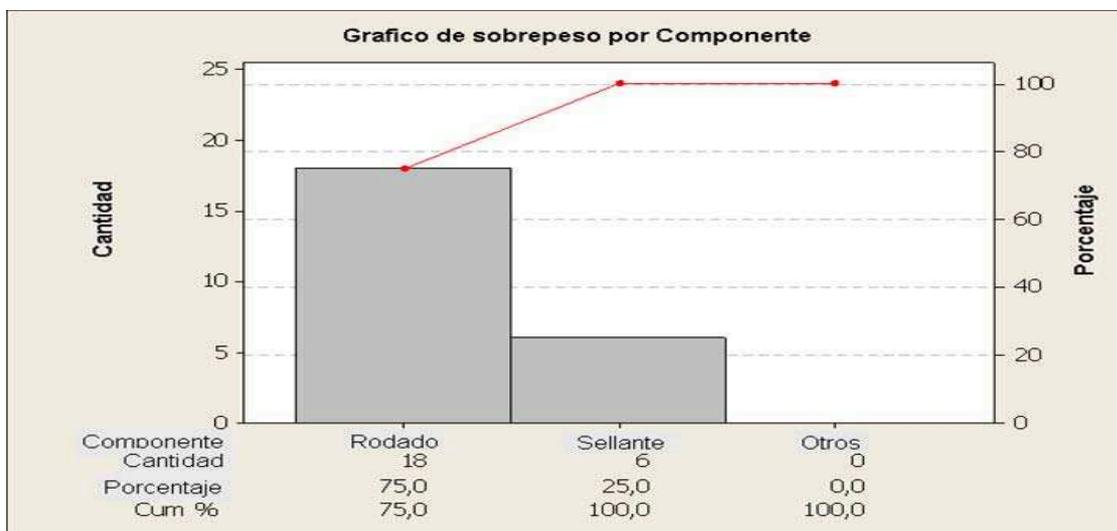
Este es el segundo paso dentro de un proyecto que se analiza con la herramienta de seis sigma, para esto se debe plantear cual es la expectativa ó los resultados esperados del analisis del problema, para este caso se tiene como beneficio esperado estabilizar la variación de peso en llantas tempa específicamente en la medida T125 70 R16 e incrementar el Cpk del proceso de 0.83 a 1.33 en esta medida.

##### **4.2.1.1.2 Pareto de Defectos ( paso 3)**

Con una perspectiva del problema podemos empezar a detallarlo con el fin de establecer sus variables y la participación de las mismas, partiendo de los resultados que se obtuvieron del muestreo inicial para identificar las medidas con mayor problema de sobrepeso, se tomó la llanta T125 70 R16 para aplicar la herramienta.

Basado en el estudio en el programa de producción se definió la llanta W6H4 como la muestra de estudio, el siguiente paso es analizar cada uno de sus componentes (variables) para establecer cual está aportando más al sobrepeso, lo cual se detalla en la grafica siguiente.

**Cuadro 4.2.1.1.2.1 Análisis de componentes en llantas de equipo Original.**<sup>19</sup>



Tomando como referencia los resultados que se presentan en la grafica anterior en donde se analiza cada uno de los componentes y su participación, dentro de la variable de estudio, se establece que el rodado es el componente de la llanta que más aporta a la variación de peso generada en este diseño. Por tal motivo se investigará las causas por las cuales el rodado presenta un peso mayor al especificado, esto como punto de partida para llevar a cabo la mejora dentro de la medida T125 70 R16 (W6H4)

#### 4.2.1.1.3 Mapeo de proceso ( paso 4)

Siguiendo con los lineamientos para aplicación de la herramienta, nos encontramos que el siguiente paso es llevar a cabo un mapeo de las variables de entrada y salida del proceso, el objetivo de este es detallar el comportamiento de cada una de las entradas y el tipo ó clasificación, ósea si son controlables o incontrolables, además contempla un análisis del proceso que afecta y cual es la salida o resultado de la misma. Para llevar a cabo un mapeo de proceso es necesario involucrar la personal que trabaja en la zona afectada, como lo es el Ingeniero de Mantenimiento, Ingeniero Técnico, Ingeniero de Calidad y el

<sup>19</sup> Fuente: Muestreo realizado por el departamento de Calidad.

Ingeniero de Llantas, identifiquémoslos como (**Grupo de Trabajo**) para que todos en conjunto definan mediante una lluvia de ideas las variables existentes, que deben considerarse cuando se realice el mapeo, con el fin de lograr que el mismo no solo tenga variables reales sino que también brinde una guía adecuada para realizar la investigación. (**Ver Apéndice N° 2**)

Como se refleja en el apéndice, el mapeo de procesos como tal, en seis sigma es una herramienta que permite tener una idea clara de las variables que están en juego, y con ello poder establecer aquellas que pueden ser catalogadas como una causa del problema que estamos analizando.

El uso del mapa de proceso se puede maximizar cuando se hace el análisis de las variables mediante el Diagrama de Efecto Embudo el cual analiza la totalidad de las causas y se van descartando las mismas hasta llegar a la variable o variables que serán consideradas como la causa raíz, pero para esto no basta con aplicar el diagrama de proceso, también se debe utilizar otras herramientas que permitan llevar a cabo esta segregación tal como se aprecia en el diagrama. (Ver Anexo N°2)

#### **4.2.1.1.4 Diagrama Causa Efecto (paso 5)**

Continuado con la información de entrada al modelo tenemos que un paso importante para identificar cual es la causa o causas raíz, es un análisis de causa efecto es importante subrayar que para Seis Sigma este funciona diferente de cómo se conoce (**Ishikawa**), esto se debe a que en este toma todas las entradas resultantes del mapeo de proceso y se analiza el efecto que tienen estas en relación directa con los requerimientos o necesidades del cliente.

Para efectos del estudio el cliente es el departamento que va a utilizar el componente que se está analizando. Dependiendo de la cantidad de requerimientos que tenga el departamento cliente se establecen pesos o niveles de importancia para cada uno de los requerimientos los cuales pueden ir desde

0–10, dependiendo de la importancia que la variable tenga para el cliente, como se explica en el Cuadro 2.1.2.1, página 20. El análisis mencionado se puede ver más claramente en el cuadro siguiente.

**Cuadro 4.2.1.1.4 .1 Matriz Causa Efecto**<sup>20</sup>

MATRIZ CAUSA EFECTO						
		10	5			
Nivel de importancia para el cliente		1	2	3	4	
Pasos del Proceso	Entradas de Proceso	Ancho de rodado	Peso			Total
1	Tiras Cortadas	Hule con ancho y espesor correcto	9	9		135
2	Tiras Cortadas	Condición de orilla de hule correcta	9	9		135
3	Tiras Cortadas	Ancho de tira correcto (especificado)	9	9		135
4	Tiras Cortadas	Acomodo correcto de hule en canastas	9	9		135
5	Rodados extruidos	Espesor de tira	9	9		135
6	Rodados extruidos	Ancho de tira	9	9		135
7	Rodados extruidos	Elongación correcta	9	9		135
8	Rodados extruidos	Velocidad de tornillos	9	9		135
9	Rodados extruidos	Velocidad de línea	9	9		135
10	Rodados extruidos	Especificación correcta	9	9		135
11	Rodados extruidos	Seteo de tolerancias correcto	9	9		135
12	Tiras Cortadas	Acomodo correcto de guías	9	1		95
13	Rodados extruidos	Medidor de ancho calibrado	9	1		95
14	Tiras Cortadas	Rodillo en buen estado	3	9		75
15	Tiras Cortadas	Condición de rodillo en buen estado	3	9		75
16	Tiras Cortadas	Presión de tornillos adecuada	3	9		75
17	Rodados extruidos	Balanza calibrada	3	9		75
18	Rodados extruidos	Temperatura de arrollado	3	9		75
19	Hule mezclado	Cantidad de pigmentos correcta	1	9		55
20	Hule mezclado	Cantidad de negro de humo correcta	1	9		55
21	Hule mezclado	Cantidad de mezcla correcta	1	9		55
22	Hule mezclado	Tiempo correcto de mezcla	1	9		55
23	Hule mezclado	Cantidad correcta de hule	1	9		55
24	Hule mezclado	Espesor correcto del hule	1	9		55
25	Hule mezclado	Ancho correcto del hule	1	9		55
26	Rodados extruidos	Continuidad de tira	3	3		45
27	Rodados extruidos	Seteo correcto de TCU	3	1		35
28	Hule mezclado	Balanza calibrada	1	3		25
Total		1260	820	0	0	

Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión

Una vez establecida la totalidad de variables de entrada que se consideran trascendentes, se colocan los niveles de importancia que tiene para el cliente de acuerdo al efecto que pueda producir sobre el componente, para determinar estos niveles se consulto con opiniones del Grupo de Trabajo.

<sup>20</sup> Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión, y aportes del Grupo de Trabajo

Una vez que se han determinado las distintas variables el siguiente paso es realizar un ASM, el cual vendrá a facilitar datos importantes para empezar con la etapa de análisis, dentro de la aplicación de Seis Sigma.

El ASM consiste en probar la repetitividad de un sistema de medición, para efectos del proyecto lo que se hizo fue tomar una muestra de rodado y se peso sobre la balanza lineal en cinco ocasiones, después la misma muestra fue pesada nuevamente en cinco ocasiones en una balanza estática, para esto se coloca el rodado sobre la balanza y se espera a que el peso se estabilice, luego se retira se espera a que este en cero y se vuelve a pesar, así cinco veces lo anterior con el objetivo de validar si existe repetitividad en los datos obtenidos.

Como resultado de las mediciones se pudo constatar que entre la balanza lineal y la estática existe una diferencia de 100 gramos, por lo tal razón se reviso ambos equipos de medición y se encontró que los rodillos de entrada y salida de la balanza lineal no estaban nivelados con respecto a la balanza lo que provocaba un esfuerzo adicional de la balanza al momento de llevar a cabo la medición del peso de componente, esta nueva información se tendrá presente al analizar todas aquellas variables que directa o indirectamente puedan influir en la variación encontrada. Es importante recalcar que después de nivelada la balanza el peso promedio en la balanza del rodado, garantizando otros factores como ancho y espesores, paso de 0.620g a 0.680g en promedio. Lo cual definitivamente esta impactado negativamente en el peso final de la llanta.

## **4.2.2 Análisis de la información Obtenida (Proceso 2)**

### **4.2.2.1 Análisis Medición Falla y Efecto (paso 1)**

El siguiente paso después de realizar la matriz causa efecto y el ASM es realizar un AMFE ( **A**nálisis **M**edición **E**fecto y **F**alla), en el cual se toman en cuenta todas las variables que se determinaron con anterioridad.

En este tipo de análisis no solo se identifican las variables que se han determinado con anterioridad, a partir de este punto se analizan diversos indicadores de la misma como lo es la severidad, la ocurrencia y finalmente que tan fácil es detectarla, ósea que tan fácil es de verificar su existencia. El objetivo del AMFE es validar mediante esta clasificación si realmente es una variable crítica o no. Para esto se aplicó las tablas de severidad, ocurrencia y detectabilidad, que se detallan en las paginas 22 y 23 de este documento.

Una vez reunida toda la información se puede proceder preparación del cuadro de AMFE, en el intervendrán los tres rubros mencionados anteriormente, aplicados a cada una de las causas que se determinaron con anterioridad como las más críticas. En este punto es importante aplicar adecuadamente los puntajes, con el fin de obtener un resultado que exteriorice el efecto de la variable sobre el problema en estudio. Para mas detalles de la aplicación de la herramienta AMFE. Ver Apéndice 3.

Teniendo el cuadro AMFE completo podemos segregar las variables más significativas resultantes del análisis en cuestión. Para procede con el análisis estadístico de las mismas.

### **4.2.3 Análisis estadístico de los datos de entrada.**

#### **4.2.3.1 Análisis Multivariable (paso 2)**

Después que se obtienen las variables de estudio, consecuencia del proceso anterior, nos vamos al paso siguiente que consiste en elaborar un análisis multivariable.

Para esto se tomaron en cuenta varios factores como lo son:

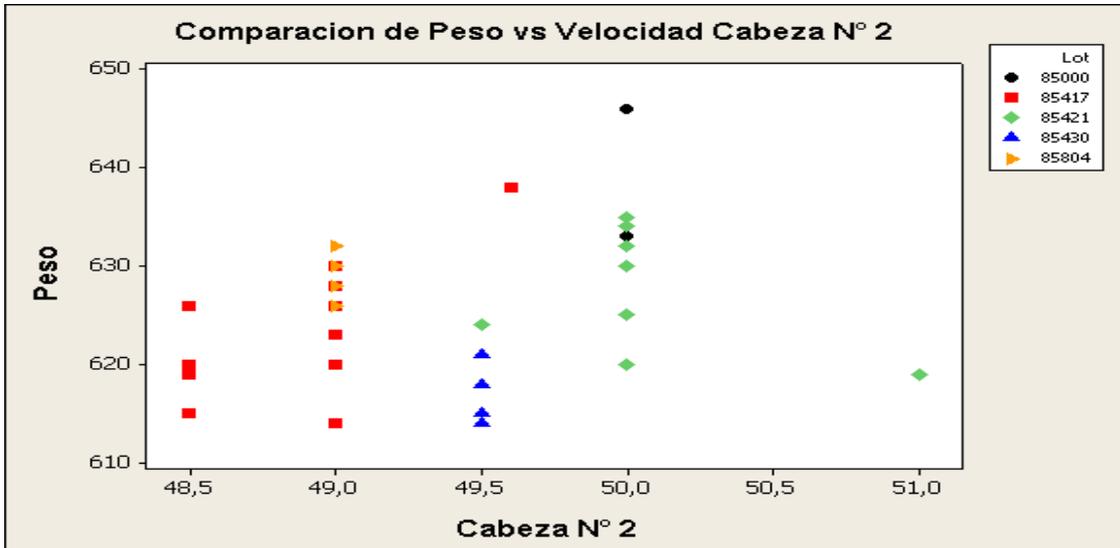
1. Hules con diferentes lotes de trazabilidad
2. Diferentes velocidades de tornillo
3. Diferentes espesores de hules
4. Se analizó el comportamiento en la balanza lineal, bajo las condiciones anteriores.

Para este caso específico, a fin de aplicar el análisis multivariable con los factores anteriores se tomaron en cuenta cinco lotes de hule diferentes. Para cada uno se aplicaron cambios en la velocidad de tornillos enfocadas a lograr el ancho de rodado especificado de la medida en estudio, esto como punto de referencia, debido a que el ancho del componente es una variable primordial que se debe monitorear en forma constante durante el proceso para asegurar la calidad del mismo.

Adicionalmente se verificaron los espesores de los distintos lotes validar su efecto y como se comportaba el peso cuando se lograba dar ancho al componente. Igualmente se verificaron las variaciones que se tenían que hacer al equipo para lograr el ancho de componente deseado.

De los datos que se recopilaron se obtuvieron los siguientes resultados:

### Cuadro 4.2.3.1.1 Grafico comparativo de variables de extrusión



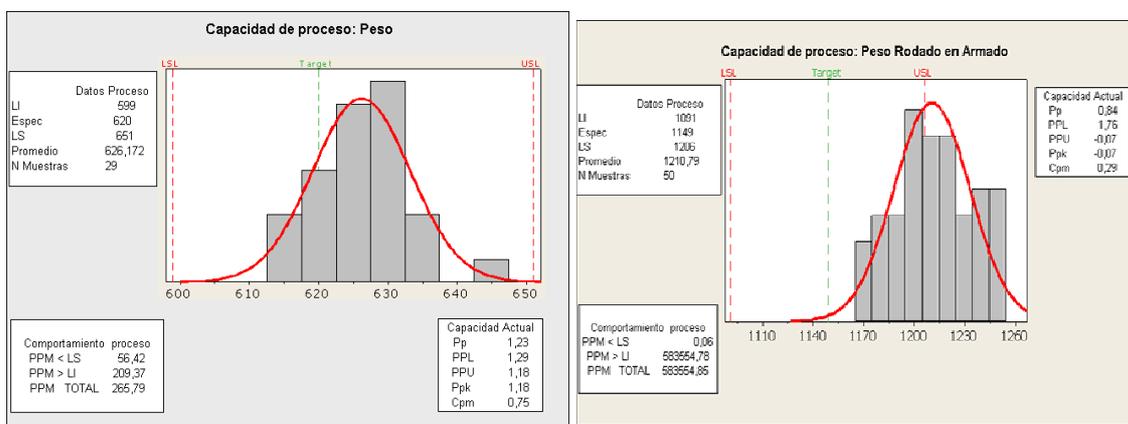
Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión

Como resultado se obtuvo el grafico anterior, esto mediante la mezcla de diferentes variables al procesar el hule permite observar el comportamiento del hule de distintos lotes vs velocidad de tornillo de cabeza N°2, y el efecto que estos provocan en la balanza lineal, como se puede observar un mismo lote de trazabilidad genera distintos pesos que puede tomarse como parte de la variación normal del proceso, así mismo entre lotes se tienen variaciones considerables en la velocidad de tornillo que se requiere para procesarlo, de aquí se obtiene que se debe estar jugando con la tolerancia existente en la especificación debido a que el hule no es un componente uniforme, lo anterior se aplico para lograr que el producto salga adecuadamente pero igual es una variable manejable para el operador.

Otro punto importante a considerar es el comportamiento de los datos cuando se realiza una comparación entre peso rodado en la balanza lineal vs la especificación y cuando se toma este mismo material y se lleva a cabo la misma comparación entre el peso unitario vs especificación.

Adicionalmente es relevante indicar que la balanza dinámica cuenta con una longitud de un metro y para validar el efecto en la balanza estática lo que se hizo fue marcar la zona que se tomó el peso en la balanza dinámica, esta misma sección fue la que se cortó en la máquina armadora de llantas con el largo ideal para la llanta según la especificación.

#### Cuadro 4.2.3.1.2 Grafico comparativo de peso rodado en balanza lineal vs rodado unitario



Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión

Resultado de la comparación entre uno y otro se obtuvo una diferencia significativa, que no muestra ningún tipo de correlación, debido que los datos obtenidos de la muestra en la balanza dinámica muestran un proceso estable pero con una ligera tendencia hacia el límite superior.

Contrario al caso de la muestra que se tomó de los rodados cortados, el peso obtenido no solo tiene una tendencia hacia el límite superior de la especificación sino que se sale del mismo, lo cual deja ver claramente que esta sí es una causa real del problema en estudio (sobrepeso de la llanta), al obtener una diferencia entre una balanza y otra.

#### **4.2.3.2 Identificación de principales variables de entrada al proceso (paso 3)**

Mediante los resultados obtenidos en el análisis multivariable se puede determinar que las cuatro variables que fueron seleccionadas basadas AMFE si se consideran variables que pueden afectar el proceso en estudio.

<b>Variables X's</b>	<b>Variable Principal</b>
Velocidad de Tornillos Correcta	Sí
Ancho de Tira de hule correcto	Sí
Espesor de tira de hule correcto	Sí
Especificación correcta	Sí

Apoyado en los datos que se han obtenido hasta el momento ya se puede proceder con el proceso numero tres.

#### **4.2.4 Verificación de resultados**

##### **4.2.4.1 Implementación (proceso 3)**

En este proceso contrariamente a lo que puede interpretarse no busca implementar una solución precipitadamente, sino que pretende establecer mediante pruebas o experimentos cual seria la mejor opción de solución para poder dejarla como definitiva y así alcanzar el objetivo del estudio.

##### **4.2.4.1.1 Diseño de experimentos ( paso 1)**

En este caso el diseño de experimentos busca determinar mediante la aplicación y correlación de diversas variables controladas cual es la que tiene un efecto más profundo ó representativo.

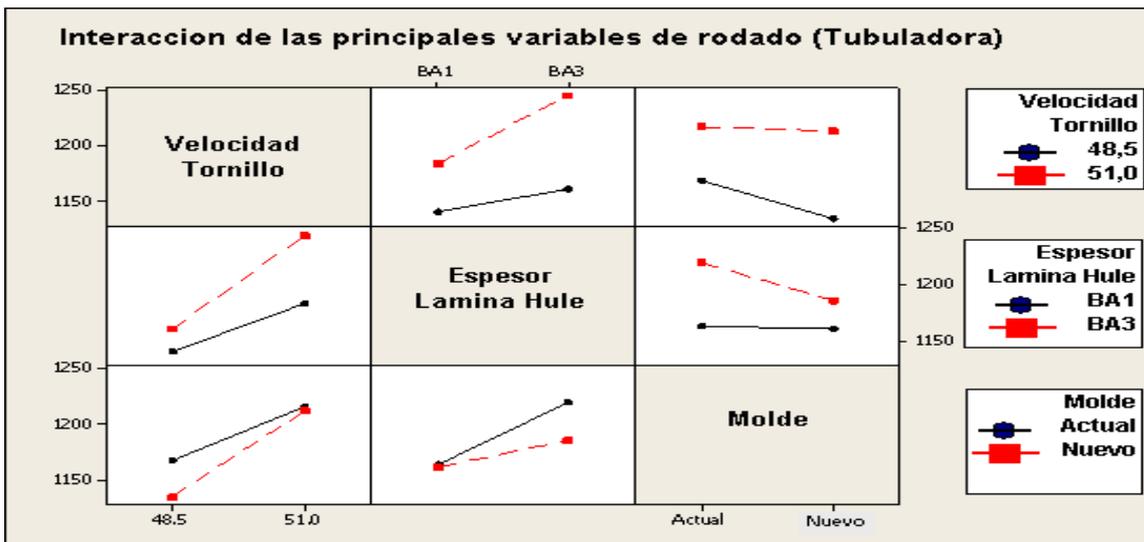
Para este caso especificó se tomaron en consideración tres variables que de acuerdo con las observaciones y los datos recopilados tienen influencia sobre el peso real del rodado, estas son:

- Espesor de lamina hule
- Velocidad de Tornillo
- Molde del Componente

Para el diseño de experimentos se coordinó para elaborar un molde nuevo debido a que el molde regular presentaba varios golpes y los espesores del perfil tenían una pequeña influencia hacia el límite superior de la tolerancia.

El objetivo del diseño de experimentos en esta ocasión es demostrar el comportamiento de las tres variables mencionadas con anterioridad, cuyo fin es correlacionar el comportamiento que puedan tener entre ellas, para tal efecto se brindan dos cuadros en donde se detalla el comportamiento de las variables después de analizadas.

#### 4.2.4.1.1 Grafico de interacción de variables del Diseño de Experimentos en Tubuladora



Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión

Después de que se confecciono el diseño de experimentos se logró verificar que cada una de las variables que se tomaron en consideración generaban distintos efectos, pero la que más incidencia tiene es la velocidad del tornillo, tal como se puede apreciar en el esquema, esta provoca una variación mayor en comparación con las demás variables que se están analizando.

Cuando se hace una comparación directa tomando únicamente la velocidad lineal como variable se puede percibir que utilizando una velocidad de 48.5 RPM, el peso lineal de rodado oscila cerca de los 680g, sin embargo cuando esta se incrementa a 51 RPM, el peso lineal del mismo se incrementa oscilando cerca de los 710g, aquí podemos ver que existe un efecto directo del incremento de la velocidad, entonces tenemos que a mayor velocidad mayor peso.

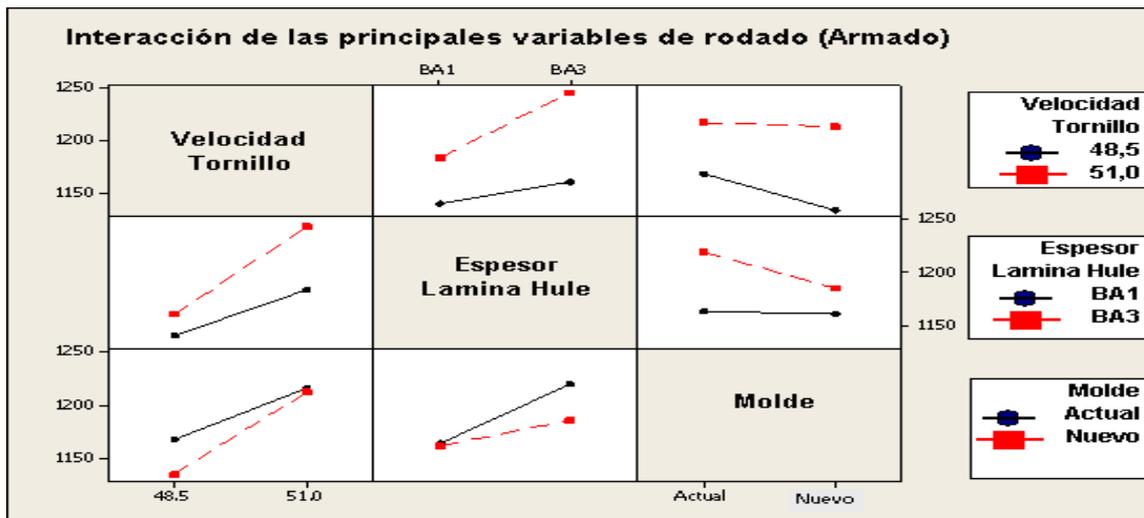
Cuando se realiza la misma comparación utilizando tiras con espesores diferentes notamos que existe una variación pero no tan significativa, esto debido a que si se mantiene la velocidad de tornillo cuando se introduce la tira proveniente de Banbury uno da un peso X y después se introduce la tira del Banbury tres manteniendo la misma velocidad la variación del peso es muy poca.

En lo que respecta al uso de un molde nuevo, en comparación con el existente se presenta un caso similar debido a que la variación de peso al utilizar el molde normal y luego usar el molde nuevo es muy poca, con lo cual tenemos que no existe una diferencia pero no tan marcada como para que este sea la causa raíz.

Una vez terminado el primer paso de análisis directamente en el proceso de extrusión se procedió a llevar a cabo un análisis de las muestras directamente en el departamento de armado, con el fin de verificar el comportamiento de las variables analizadas pero ya con el rodado cortado.

Para este caso toda la información recopilada, se caracterizo por tener el mismo patrón de comportamiento que se origino cuando se tomaron los datos en el proceso de extrusión. Tal como se aprecia el grafico siguiente.

#### 4.2.4.1.1.2 Grafico de interacción de variables del Diseño de Experimentos en Armado



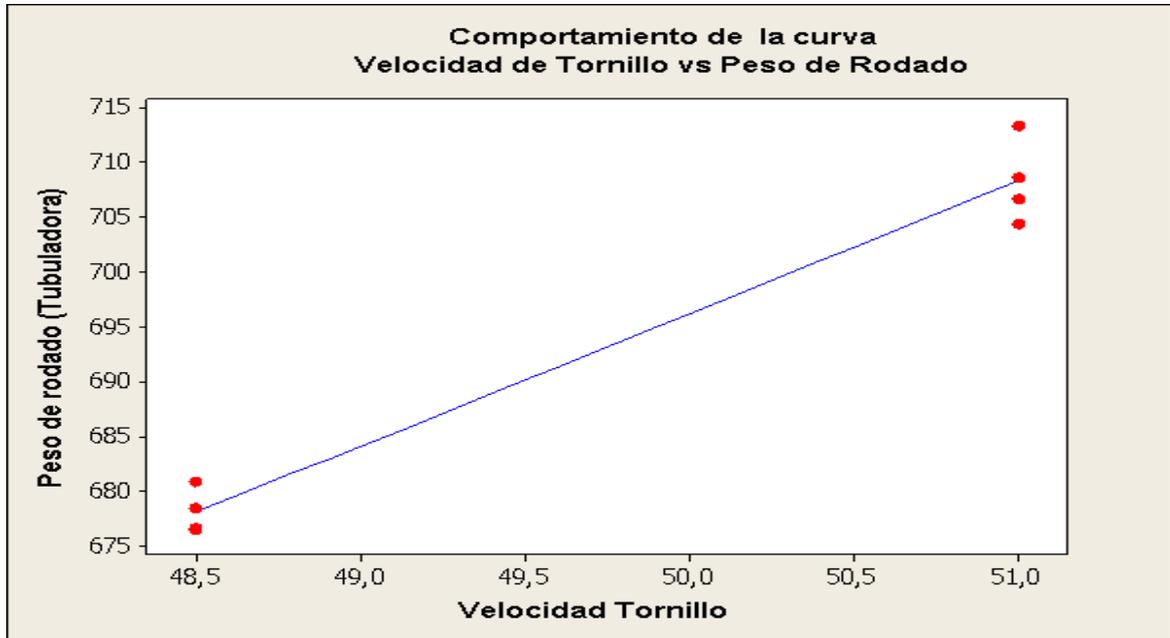
Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión

La información analizada indica que los rodados unitarios, que fueron tirados utilizando una velocidad de tornillo de 48.5rpm, brindan un proceso más centrado.

Por lo tanto el efecto generado por la variable velocidad de tornillo si afecta el comportamiento del peso final del rodado, esto se debe a que a mayor velocidad mayor cantidad de hule y consiguiente un peso mayor del rodado.

Sin embargo no se puede decir con certeza que esta es la causa raíz ya que la velocidad puede ser manipulada por el operador. Lo anterior también nos puede afectar el perfil de componente.

#### 4.2.4.1.1.2 Grafico de comportamiento de peso vs velocidad lineal.



Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión

Tomando como punto de referencia que la velocidad de tornillo que trabajo a 48.5 rpm, es la que brinda mejor exactitud del peso final de rodado unitario, y mantiene los espesores del perfil dentro de tolerancia, se tomaron en cuenta también los datos para establecer que la especificación del peso en la balanza no era, la correcta, partiendo del comportamiento de los datos obtenidos se pueden definir como el nuevo peso 0.680gramos, que es el dato que promedia los datos obtenidos, con la balanza nivelada.

## **CAPITULO 5**

### **SOLUCIONES AL PROBLEMA PLANTEADO**

En el presente capítulo se analizarán dos propuestas, que permitirán mejorar la condición actual de sobrepeso existente en llantas de equipo original.

### **5.1 Nivelación de la balanza lineal**

Tiendo presente que el efecto de la nivelación en la balanza lineal detectado mediante el MSA, revela que existía un problema en el equipo como tal, el cual no había sido detectado con anterioridad debido a la falta de capacitación y desconocimiento del efecto que esto puede producir en los rodados. Originalmente en la instalación del equipo realizada por Japoneses, quienes se encargaron de dejar el equipo debidamente colocado, no se dejó nota de la importancia de vigilar esta condición y su impacto para el proceso.

Así mismo surge otra variable adicional al proceso normal, que no es contemplado por los fabricantes como lo son las pegadas de material que se puedan originar en los rodillos de la balanza, lo cual producía en forma inmediata que esta quedara desnivelada.

Esta condición impacta directamente en el peso, el cual al no tener un perfil balanza fijo presentaba variaciones constantes en un proceso con una tolerancia de apenas  $\pm 3\%$  de peso real especificado para cada componente.

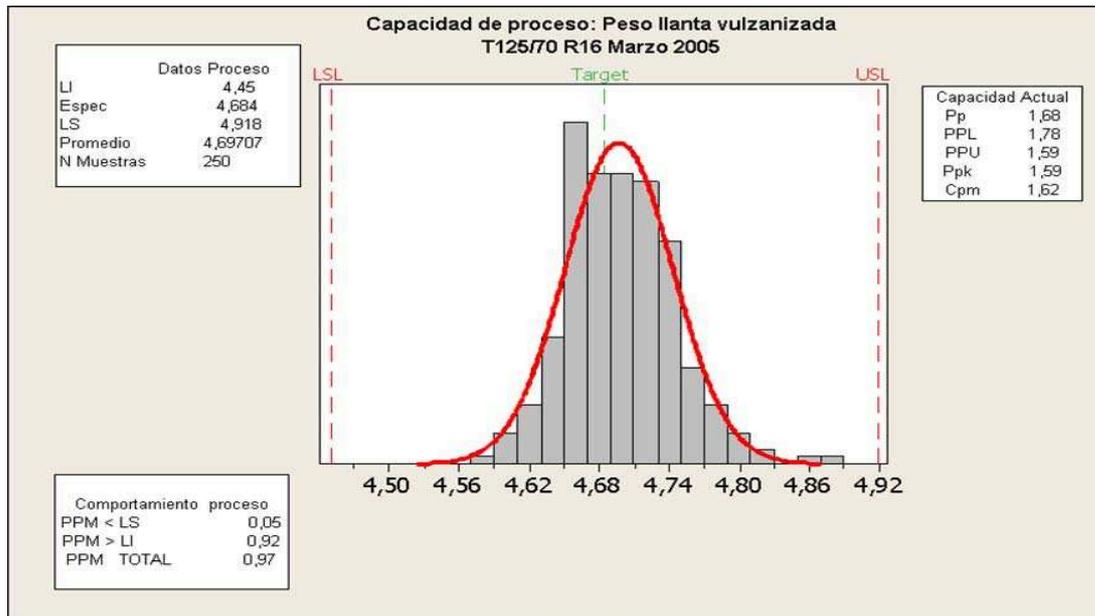
En este resultado nos llevó a elaborar un formato para controlar el estado de la balanza, en el cual se detalla los puntos de inspección más importantes para garantizar que la misma tenga un peso adecuado.

### **5.2 Elaborar un molde nuevo**

Así mismo se comprueba que el molde nuevo aporta una pequeña mejora en el perfil resultante del rodado lo cual también se combina con el efecto mencionado en el punto anterior, permitiendo obtener un peso real y mejor control de proceso lo cual influirá directamente en el mejoramiento del sobrepeso generado en la medida en estudio.

Después de haber aplicado las propuestas anteriores se obtuvieron los siguientes resultados.

### 5.2.1 Grafico de Capacidad de proceso de llanta vulcanizada.



Fuente: Elaborado con datos obtenidos por el departamento del CEP.

Aquí se puede apreciar una mejora significativa en cuanto a CPK, el cual subió a un 1.59, después de estar en un 0.83 y una reducción de las partes por millón de defecto de 6302 a 0.97, como se aprecia en la parte inferior izquierda del cuadro.

Para efectos de la elaboración del molde es importante recalcar la siguiente información.

Platina rectificada	\$50
Mano de Obra Mecánico de Precisión	\$20
<b>Costo total</b>	<b>\$70</b>

Si tomamos en cuenta la información suministrada de la cantidad de llantas desechadas completamente en el mes de diciembre por problemas de sobrepeso,

tenemos que el beneficio, esperado del molde nuevo en combinación con la nivelación, brinde resultados satisfactorios.

**Cuadro 5.2.1 Datos de llantas scrap por sobrepeso en diciembre 2004**

<b>Diseño</b>	<b>Cantidad Dic. 2004</b>	<b>Costo \$</b>
T115/70 R14	2	22,38
T125/70 R15	1	13,48
T115/70 R16	1	12,49
T125/70 R16	22	285,02
T135/70 R16	6	77,38
T135/80 R16	11	156,95
T135/90 R16	23	329,22
T145/80 R16	1	15,09
T155/90 R16	14	262,58
T155/80 R17	3	61,06
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>1235,65</b>

**CAPITULO 6**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

6.1.1. El estudio de un problema debe contar con varios enfoques y la participación de personas de distintas áreas relacionadas a la zona en estudio, esto permite no solo expandir la noción del problema, sino que también brinda una mejor perspectiva del porque se puede estar generando el problema y como esta influyendo.

6.1.2 Cuando se realizó el análisis del proceso de llantas de equipo original se estableció como principales variables que pueden generar variaciones de sobrepeso en la llanta TEMPA el sellante y el rodado tal como se puede apreciar en el Cuadro 4.2.1.1.2.1 Análisis de componentes en llantas de equipo Original.

6.1.3 Mediante el análisis multivariable que se realizo se pudo determinar que el proceso de extrusión estaba propiciando una variación importante en el peso del rodado componente que forma parte de la llanta terminada. Lo cual se puede ver claramente en el Cuadro 4.2.3.1.2 Grafico comparativo de peso rodado en balanza lineal vs rodado unitario.

6.1.4 Partiendo del diseño de experimentos que se realizo, se pudo efectuar una comparación entre las variables que surgieron en el transcurso de la investigación esto dio como resultado que si tenían un efecto en la variación del peso de los rodados, pero que eran controlables por el operador con lo cual no eran la causa raíz del problema.

6.1.5. La información recopilada dio como resultado que el problema de sobre peso no radicaba en la adquisición ó mejoras al equipo, sino simplemente un mejor control del equipo existente, debido al efecto que brindaba la balanza lineal señalaba que estaba extruyendo rodados con un peso aceptable, si embargo cuando se nivelo este equipo salió a la luz la problemática del equipo y la necesidad de corregirlo para así obtener un nuevo peso de referencia que pueda garantizar un peso real y un perfil adecuado para el armado de llantas.

## **6.2 Recomendaciones**

6.2.1. Como recomendación se establece la necesidad de implementar un formato de control de alineación para la balaza, el cual servirá de guía para monitorear constantemente y de forma adecuada el comportamiento del equipo, el mismo puede ser ubicado en el Apéndice N° 5.

6.2.2. Contar con información de los problemas que enfrentan los equipos viene a ser una parte esencial para poder enrumbar el análisis de cualquier problema, ya que este sirve de guía cuando se quiere tomar una decisión o realizar una prueba determinada para validar el porque de un efecto negativo dentro del proceso.

6.2.3. Toda la información considerada en el documento evidencia la necesidad de establecer un control de equipo de medición (balanza lineal), para asegurar que los pesos de los componentes (rodados), se encuentre dentro de la especificación y que el mismo sirva para monitorear el comportamiento del equipo, sirviendo la información recopilada para prever cualquier problema que se presente por sobre peso en un futuro.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Libros**

Bhote, K.R / Bhote, A.K. *World Class Quality*.  
Using Design of Experiments to Make it Happen. Second Edition. AMA  
publications, 2000.

Page, Danielle. *The Black Belt Memory Jogger*.  
Six Sigma Success. First Edition. United States. Six Sigma Academy, 2002.

### **Paginas en Internet**

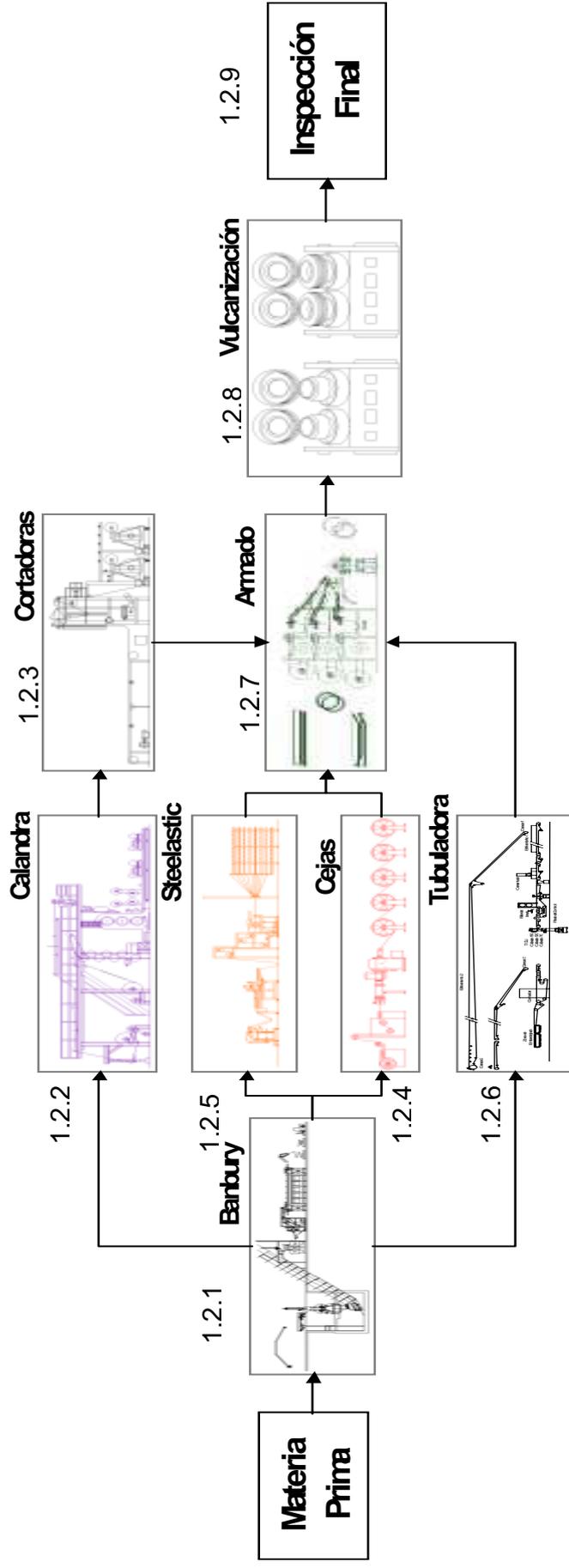
Juran Institute. *Lean Seis Sigma*  
Enero 2006, <http://www.juran.es>

Mauricio Lefcovich. *Seis Sigma - Hacia Un Nuevo Paradigma En Gestión*  
Enero 2006, <http://www.gestiopolis.com>

*Seis Sigma*  
Enero 2006, <http://seis-sigma.com>

## **APENDICES**

Apéndice N° 1 Cuadro 1.2.1 Flujo de Proceso



Fuente: Manual de Inducción a empleados área de capacitación



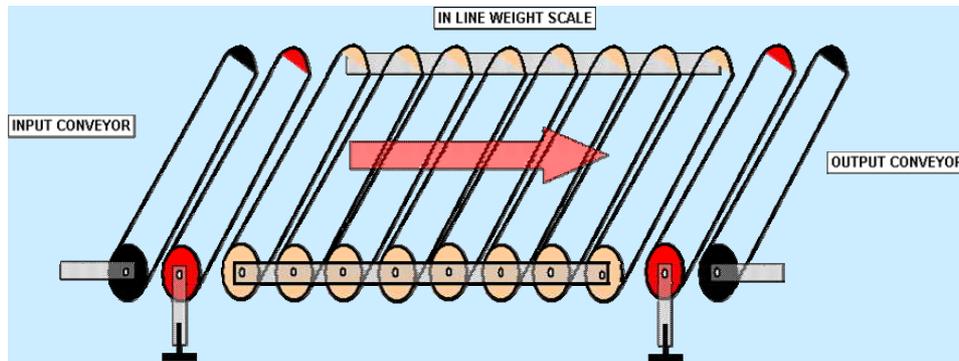
## Apéndice N° 2 Cuadro Mapeo de Entradas y Salidas de Proceso

MAPA DE ENTRADAS Y SALIDAS DE PROCESO				
N° Variables	ENTRADAS	TIPO	PROCESO	SALIDA
1	Hule con ancho y espesor correcto ( según Espec)	I	Tiras de hule	Tiras de hule colocadas en la canasta con un ancho y espesor correcto para que sean alimentadas en la extrusora
2	Hule con terminaciones adecuadas (no deformadas)	C		
3	Tiras de hule con anchos correctos	C		
4	Rodillos alimentador en buen estado	C		
5	Cuchillas en buen estado	C		
6	Presión adecuada del rodillo alimentador	C		
7	Guías correctamente colocadas	C		
8	Tiras de hule colocadas correctamente en la canasta	C		
9	Espesor de tiras de hule	I	Extrusión de Rodados	Arrollar rodados con el peso y el ancho correctos
10	Ancho de tiras de hule	C		
11	Tolerancias de seteo este bien	C		
12	Alimentación de tiras de hule continuo	C		
13	Problemas de estiramiento	C		
14	Balanza lineal calibrada	C		
15	Velocidad de los tornillos	C		
16	Velocidad Lineal	C		
17	Medidor de anchos Calibrado	C		
18	Temperatura de material correcta en el arrollador	C		
19	Seteo correcto de los parámetros	C		
20	Seteo correcto de las TCU	C		

Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión

### Apéndice N° 3 Tipos de balanza utilizados en el MSA.

Balanza lineal, para uso en sistema de banda de rodillos en movimiento.



Fuente: Desarrollo Propio

### Ilustración de una Balanza Estática



Fuente: <http://www.basculas-balanzas.com/bascula-industria-23-k.html#>

21 Apéndice N° 4 Análisis Modo Efecto y Falla

**PROCESO**  
**ANALISIS MODO FALLA - EFECTO (AMFE)**

Nombre del Proceso:		Preparador por: _____		Pagina ____ de ____								
Responsable		FMEA- Fecha (Orig) _____ (Rev) _____										
Paso Proceso	Entrada del Proceso	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	SEV	Causas Potenciales	OCC	Controles existentes	DET	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	RPN
Cual es el paso del proceso ?	Cual es el proceso de entrada?	Que puede hacer que llegue a equivocarse ?	Cual es el impacto en las variables de salida (requerimientos del cliente) o requerimientos internos.	Que tan severo es el efecto para nuestro cliente?	Que causas pueden provocar una equivocación?	Que tan ameno ocurre esta causa?	Existen controles o procedimientos (inspección y chequeo) para prevenir posibles causas de modo falla?	Que tan bien puedo detectar la causa o modo de falla?	Cuales son las acciones para reducir la ocurrencia de la causa o mejorar la detección?	Quien es el responsable recomendado para ejecutar la acción?	Cuales acciones tomadas se han completado para recalcular el RPN?	
Laminas de hule	Hule con ancho y espesor correctos	Tiras de hules con diferentes anchos y espesores	Variación de peso en el rodado	5	Problemas de operación en el Banbury	8	N/A	2				80
		Peso de rodados fuera de especificación	Tiras de hule con diferentes espesores	5	Problemas de operación en el Banbury	8	N/A	2				80
		Peso de rodado fuera de especificación	Tira de hule inestable	5	Problemas de operación en el Banbury	8	N/A	2				80
Laminas de hule	Batches de hule con onillas no adecuadas	Onillas Irregulares	Variación de peso de rodado	5	Problemas de operación en el Banbury	8	N/A	2				80
Extrusión	Tiras de hule con el ancho correcto	Problemas en los rodillos	Ancho y peso de rodado inestable	5	Rodillos desgastados	6		1				30

21 Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión

## 22 Apéndice N° 4 Análisis Modo Efecto y Falla

### PROCESO ANÁLISIS MODO FALLA - EFECTO (AMFE)

Nombre del Proceso:		Preparador por: _____ de _____		Página _____ de _____									
Responsable		FMEA Fecha (Orig) _____ (Rev) _____											
Paso Proceso	Entrada del Proceso	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	S E V	Causas Potenciales	O C C	Controles existentes	D E T	R P N	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	R P N
	Cual es el proceso de entrada?	Que puede hacer que llegue a equivocarse ?	Cual es el impacto en las variables de salida (requerimientos del cliente) o requerimientos internos.	Que tan severo es el efecto para nuestro cliente?	Que causas pueden provocar una equivocación?	Que tan ameno ocurre esta causa?	Existen controles o procedimientos (inspección y chequeo) para prevenir posibles causas de modo falla?	Que tan bien puedo detectar la causa o modo de falla?		Cuales son las acciones para reducir la ocurrencia de la causa o mejorar la detección?	Quien es el responsable recomendado para ejecutar la acción?	Cuales acciones tomadas se han completado para recalcular el RPN?	
		Error de seteo	Ancho de rodado inestable	5		1		1					5
Extrusión	Tiras de hule correctamente colocadas en la canasta	Procedimiento incorrecto	Variación de peso y ancho de rodado	5		1		1					5
Extrusión de Rodados	Tiras de hule con espesor correcto	Problemas en el banbury	Rodados fuera de especificación	5		1	Hoja de chequeo	2					10
Extrusión de Rodados	Ancho de tira Correcto			1		1		1					1
Extrusión de Rodados	Estiramiento adecuado del hule			1		1		1					1

22 Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión

23 Apéndice N° 4 Análisis Modo Efecto y Falla

**PROCESO**  
**ANÁLISIS MODO FALLA - EFECTO (AMFE)**

Nombre del Proceso:		Preparador por: _____		Página ____ de ____									
Responsable		FMEA Fecha (Orig) _____		(Rev) _____									
Paso Proceso	Entrada del Proceso	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	S E V	Causas Potenciales	O C C	Controles existentes	D E T	R P N	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	R P N
Cual es el paso del proceso ?	Cual es el proceso de entrada?	Que puede hacer que llegue a equivocarse ?	Cual es el impacto en las variables de salida (requerimientos del cliente) o requerimientos internos.	Que tan severo es el efecto para nuestro cliente?	Que causas pueden provocar una equivocación?	Que tan amenuo ocurre esta causa?	Existen controles o procedimientos (inspección y chequeo) para prevenir posibles causas de modo falla?	Que tan bien puedo detectar la causa o modo de falla?		Cuales son las acciones para reducir la ocurrencia de la causa o mejorar la detección?	Quien es el responsable recomendado para ejecutar la acción?	Cuales acciones tomadas se han completado para recalcular el RPN?	
Extrusión de Rodados	Velocidad de tornillos correcta	Seteo de velocidad Incorrecto	Problemas de sobrepeso	5	Problema en el cardex	6	Hoja de chequeo	9					270
Extrusión de Rodados	Velocidad línel correcta	Problemas mecanicos	Entrenamiento	5	Falta de mantenimiento	3	N/A	4					60
Extrusión de Rodados	Seteo de especificacion correcta	Problemas de calibración	Rodados con problemas de ancho y peso	5	Falta de mantenimiento	3	N/A	4					70
Extrusión de Rodados	Seteo de tolerancias correcta	Error operativo (usar parametros de otra medida)	Rodados con problemas de ancho y peso	5	Condiciones de operación diferentes	7	N/A	2					0

23 Fuente: Elaborado con datos obtenidos del proceso de extrusión



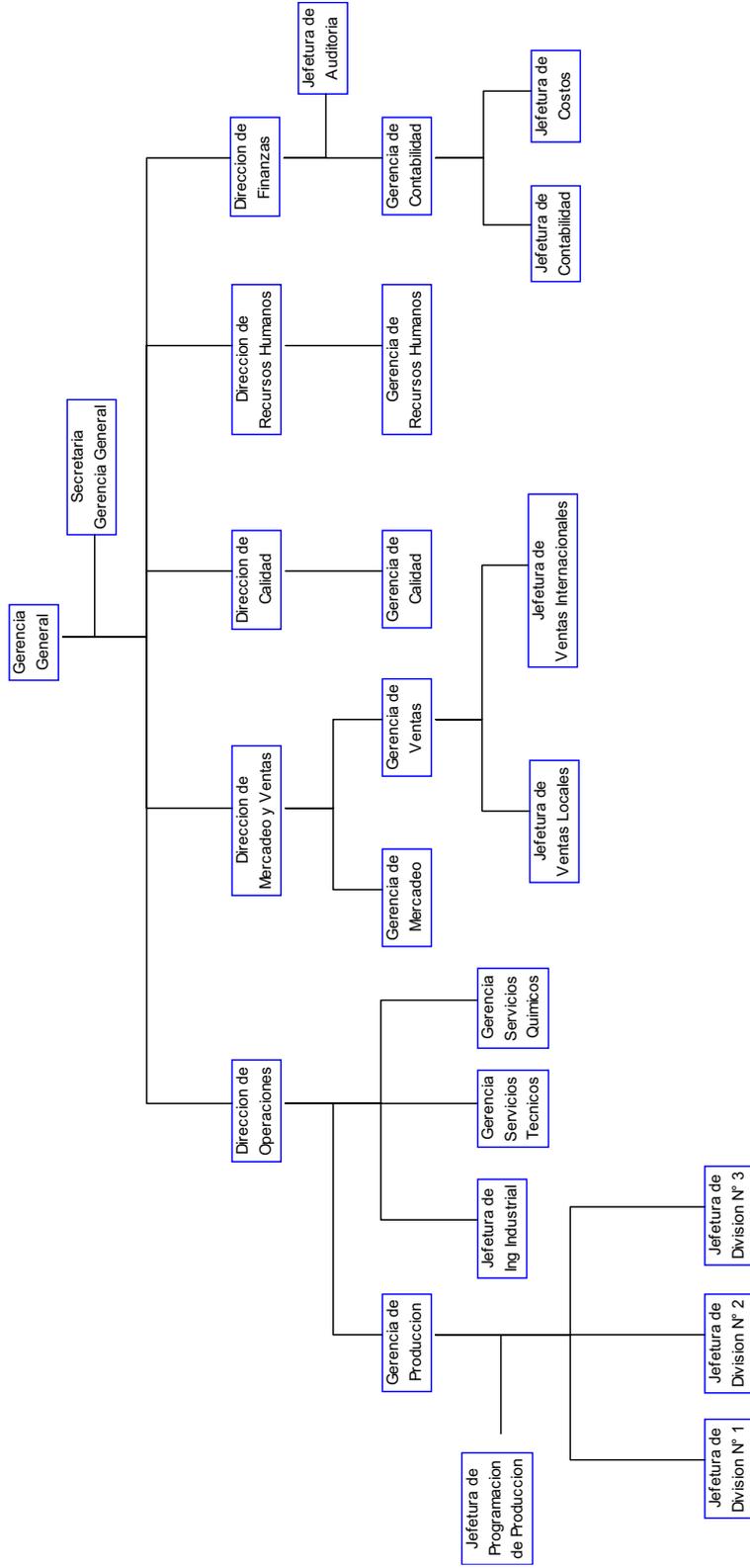
## **ANEXOS**

**Anexo N° 1. Cuadro 1.1.6.1 Estructura organizacional**

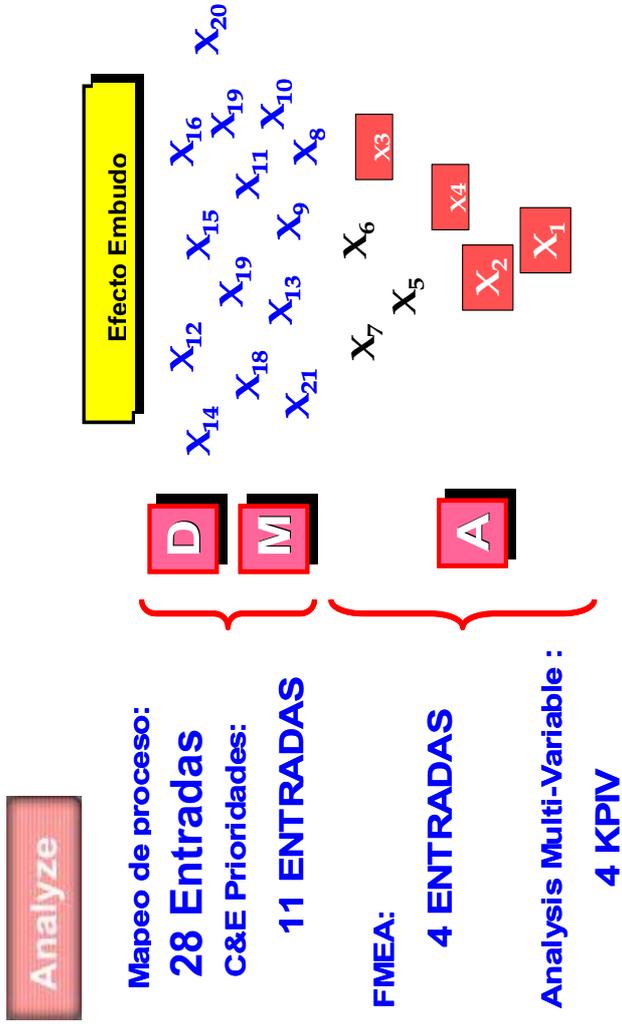


ORGANIGRAMA BRIDGESTONE/FIRESTONE COSTA RICA

JULIO 2005



**Anexo N° 2 Diagrama de Efecto Embudo**



Fuente: Manual de entrenamiento Green Belt, Bridgestone Firestone, Costa Rica