



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**PLAN DE MEJORA EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN  
DE REENCAUCHE AL FRÍO EN LA EMPRESA REENCAUCHADORA  
EUROPEA RENEU S.A.**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos  
establecidos para optar por el título de:  
Ingenieros en Producción Industrial

Profesor Guía:  
Ing. Bayron Ruiz

Autores:  
Andrea Elizabeth Ibarra Lazcano  
Stefano Nastasi Román

Año  
2012

### **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Bayron Ruiz  
Ingeniero  
C.I.: 170886081-0

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

---

Andrea Ibarra Lazcano

C.I.: 100233441-3

---

Stefano Nastasi Román

C.I.: 171177865-2

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que hicieron posible el desarrollo del presente trabajo de titulación. Quiero agradecer de manera especial a nuestro tutor, Ing. Bayron Ruíz, quien con su amplio conocimiento y apoyo supo guiarnos en el desarrollo de este trabajo, de igual manera agradezco a la Universidad de las Américas “UDLA”, por todos los conocimientos impartidos.

A mis padres Lolita y Carlos todo mi amor y gratitud por su apoyo y cariño incondicional, los amo.

¡Gracias!

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer con todo el corazón y sinceridad a mis padres Fausto y Pilar, también quiero agradecer a mi hermana por ser un ejemplo de valentía y a Ximena que por su empuje y motivación me ha ayudado de gran manera, En forma general quiero agradecer a todos los que estuvieron para ayudarnos, gracias Bayron por tenernos la paciencia y la sabiduría para guiarnos.

***Stefano***

## RESUMEN

Actualmente todas las empresas a nivel mundial, tienen como objetivo encontrar métodos que ayuden a optimizar los procesos, disminuir costos, aumentar la productividad, mejorar la calidad y ser líderes en sus respectivos segmentos, para colocar su nombre en alto y ser empresas económicamente rentables.

El presente trabajo de tesis de grado consiste en realizar un análisis de tiempos de producción con la finalidad de lograr una optimización del proceso de reencauche al frío de llantas radiales, debido a que el ochenta por ciento de la producción de la planta se basa en este tipo de llantas. El trabajo se lo realizó en una empresa de reencauche de llantas situada en el sector industrial al norte de Quito. Se utilizó la metodología DMAIC. La realización del proyecto tiene como objetivo principal, mejorar y estandarizar el proceso de reencauche de llantas al frío. La planta tendrá la opción de utilizar y realizar las mejoras propuestas y los cambios necesarios para que los procesos sean optimizados y se mejore la calidad del servicio.

También se entregó un cuadro de responsables, el mismo que será de gran utilidad al implementar las mejoras propuestas ya que se tiene delegadas las responsabilidades para el correcto funcionamiento de las propuestas.

El método DMAIC, es un método que permite definir el problema, medir y cuantificar el proceso, analizar las posibles causas de error, realizar las mejoras requeridas y controlar todo lo anteriormente explicado. Los datos de tiempos y cantidades fueron tomados en la empresa así como de datos históricos de la misma.

## ABSTRACT

Lately, most of the objectives of every worldwide enterprise have been to optimize each possible process, reduce costs, increase productivity, improve quality and become the leaders on their respective market segment, to be recognized and become profitable.

The current project consists in making an analysis of the production time with the finality of achieving the optimization of the process of cold rethreading of radial tires; this is because 80% of the plant production is based on this kind of tires.

The project was done in a rethreading plant located in the industrial zone at the north of the city of Quito.

The implemented methodology was DMAMC to accomplish the objective of reducing death times, consequently also the total production time for each tire. The plant will have the choice to adopt and apply the improvements and necessary changes so that quality improvements can be reached.

The DMAMC method enable us to define the problem, measure and quantify the process, analyze the possible error motives, apply the required improvements and control everything explained above.

The process times and quantities data was taken in the plant as well as the historical production information.

Also a chart with adjective people was delivered, the same that will be useful for the implementation of the improvement strategies, because every task has defined a specific responsible that is in charge of making it work.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1 CAPITULO I. GENERALIDADES</b> .....	<b>3</b>
1.1 LA EMPRESA .....	3
1.2 INFRAESTRUCTURA Y UBICACIÓN .....	4
1.2.1 Localización .....	5
1.2.2 Distribución de la Planta .....	6
1.2.3 Organigrama .....	6
1.3 ANTECEDENTES .....	7
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	9
1.5 OBJETIVOS .....	10
1.5.1 Objetivo General .....	10
1.5.2 Objetivos Específicos .....	10
1.6 ALCANCE .....	10
<b>2 CAPITULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
2.1 METODOLOGÍA APLICADA (DMAIC) .....	11
2.1.1 Fase Definir .....	11
2.1.2 Fase Medición .....	12
2.1.3 Fase Análisis .....	13
2.1.4 Fase Implementar .....	14
2.1.5 Fase Control .....	15
2.2 DEFINICIONES Y MARCO TEÓRICO .....	16
2.3 CONCEPTOS ESTADÍSTICOS .....	17
2.3.1 Media .....	17
2.3.2 Mediana .....	17
2.3.4 Moda .....	18
2.3.5 Desviación Estándar .....	18
2.3.6 Varianza .....	19
2.3.7 Distribuciones de Probabilidad .....	19
2.3.7.1 Distribución Binomial .....	19
2.3.7.2 Distribución de Poisson .....	19
2.3.7.3 Distribución Normal .....	20
2.3.7.4 Potencia de Prueba .....	20
2.3.7.5 Tamaño de Muestra .....	20
2.3.7.6 Sistema Japonés de las 5S .....	21
2.3.7.7 Diagrama Causa-Efecto .....	29
2.3.7.8 Análisis de Valor Agregado de Procesos .....	30
2.3.7.9 Diagrama de Pareto .....	31
2.4 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE UNA LLANTA .....	31
2.4.1 Llantas Radiales .....	33
2.4.2 Llantas Convencionales o Diagonales .....	34

2.4.3	Diferencias .....	35
2.4.4	Tipos de Labrado según la Aplicación .....	36
2.4.4.1	Tracción .....	36
2.4.4.2	Direccional .....	37
2.4.4.3	Mixto.....	38
2.5	NOMENCLATURA .....	39
2.5.1	Tamaño de la Llanta .....	40
2.5.2	Índice de Carga.....	41
2.5.3	Índice de Velocidad.....	42
2.5.4	Presión de Inflado .....	43
2.5.5	DOT (Departament of Trasportation) .....	44
2.5.6	Matricula .....	44
2.6	CUIDADOS DE UNA LLANTA .....	44
2.6.1	Presión de Inflado .....	44
2.6.2	Límite de Desgaste .....	44
2.6.3	Alineación .....	45
2.6.4	Balanceo .....	45
2.6.5	Rotación.....	45
2.7	PROCESO DE REENCAUCHE.....	46
2.7.1	Tipos de Reencauche .....	47
2.7.1.1	Reencauche al Caliente .....	48
2.7.1.2	Reencauche al Frío .....	50
2.8	DIFERENCIAS ENTRE REENCAUCHE AL FRÍO Y AL CALOR .....	53

### **3 CAPITULO III. LEVANTAMIENTO DE PROCESOS..... 54**

3.1	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS .....	54
3.1.1	Inspección Inicial.....	54
3.1.2	Raspado .....	58
3.1.3	Craterización y Cardeo .....	61
3.1.4	Reparación .....	63
3.1.5	Cementado .....	65
3.1.6	Relleno.....	67
3.1.7	Embandado.....	69
3.1.7.1	Llanta Pequeña .....	70
3.1.8	Vulcanización.....	70
3.1.8.1	Sistema con Aros .....	71
3.1.8.2	Sistema Innerlops.....	72
3.1.9	Inspección Final .....	72
3.2	MAQUINARIA.....	74
3.2.1	Inspección Inicial.....	74
3.2.2	Raspado .....	77
3.2.2.1	Raspadora Matteuzzi RAS-30 .....	77
3.2.2.2	Raspadora Italmatic PL-50 .....	79
3.2.2.3	Raspadora Italmatic PL-75 .....	80
3.2.3	Craterización.....	81
3.2.3	Reparación .....	84

3.2.4	Cementado .....	87
3.2.5	Relleno.....	89
3.2.6	Corte de Banda.....	89
3.2.7	Embandadora .....	90
3.2.8	Vulcanización.....	92
3.2.9	Inspección Final .....	94
3.2.10	Caldera .....	94
3.2.11	Compresores .....	94
3.2.12	Extractor de Polvo.....	95
3.2.13	Mandrines .....	96
3.3	PRODUCTOS .....	96
<b>4</b>	<b>CAPITULO IV. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>99</b>
4.1	SITUACIÓN ACTUAL.....	99
4.1.1	Fase Definir.....	99
4.1.2	Fase Medir.....	105
4.1.3	Fase Analizar .....	111
<b>5</b>	<b>CAPITULO V. PROPUESTA DE MEJORA TEÓRICA.....</b>	<b>115</b>
5.1	FASE IMPLEMENTAR .....	115
5.2	APLICACIÓN DE LA 5S DENTRO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE REENCAUCHADORA EUROPEA RENEU S.A. ....	115
5.2.1	Aplicación de las 5s en la Bodega de Carcasas por Producir .....	115
5.2.2	Código de Colores en Espera Post Raspado .....	121
5.2.3	Plantillas de Radio de Raspado y de Texturas .....	123
5.2.4	Reducción de Tiempos en Craterización .....	125
<b>6</b>	<b>CAPITULO VI. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA .....</b>	<b>127</b>
6.1	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA LA ESPERA POST RASPADO.....	127
6.1.1	Creación de Hojas de Verificación.....	127
6.1.2	Creación de Políticas de Trabajo .....	129
6.2	FASE DE CONTROL.....	130
6.2.1	Factibilidad Económica .....	133
6.2.1.1	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	133
6.2.1.2	Valor Actual Neto (VAN).....	134
6.2.1.3	Período de Recuperación de la Inversión .....	134
6.2.2	Análisis Económico para Proyectos de Producción más Limpia .....	135

6.2.2.1	Costo de Energía Mensual.....	135
6.3	ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.....	137
<b>7</b>	<b>CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>144</b>
7.1	CONCLUSIONES.....	144
7.2	RECOMENDACIONES .....	145
	<b>Terminología .....</b>	<b>147</b>
	<b>Referencias .....</b>	<b>149</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>150</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Macro Proceso de Reencauche .....	4
Gráfico 2	Vista Aérea de la Planta de Producción .....	5
Gráfico 3	Organigrama .....	6
Gráfico 4	Esquema Explicativo de las 5s.....	21
Gráfico 5	Partes de una Llanta .....	32
Gráfico 6	Llanta Radiales .....	34
Gráfico 7	Llanta Convencional.....	34
Gráfico 8	Labrado ideal para Tracción.....	37
Gráfico 9	Labrado Direccional .....	38
Gráfico 10	Labrado Mixto .....	39
Gráfico 11	Imagen donde se explica la nomenclatura de la llanta.....	39
Gráfico 12	Diagrama de flujo del proceso de reencauche al caliente.....	48
Gráfico 13	Diagrama de flujo del proceso de reencauche al frio .....	51
Gráfico 14	Diagrama de flujo de inspección inicial .....	55
Gráfico 15	Diagrama de flujo del raspado .....	59
Gráfico 16	Diagrama de flujo del craterizado.....	62
Gráfico 17	Diagrama de flujo de reparación .....	64
Gráfico 18	Diagrama de flujo de cementado .....	66
Gráfico 19	Diagrama de flujo del proceso de relleno .....	68
Gráfico 20	Diagrama de flujo del proceso de embandado.....	69
Gráfico 21	Diagrama de flujo del proceso de vulcanización .....	71
Gráfico 22	Diagrama de flujo del proceso de inspección final .....	73
Gráfico 23	Máquina Inspeccionadora Matteuzzi.....	75
Gráfico 24	Herramientas de inspección.....	76
Gráfico 25	Máquina Raspadora Matteuzzi.....	78
Gráfico 26	Máquina Raspadora Mateuzzi RAS-30 .....	78
Gráfico 27	Máquina Raspadora Italmatic PL-50 .....	79
Gráfico 28	Máquina Raspadora Italmatic PL-75 .....	80
Gráfico 29	Motortool Wyco .....	82
Gráfico 30	Motortool de Aire .....	82

Gráfico 31	Herramientas de craterización .....	84
Gráfico 32	Parches .....	86
Gráfico 33	Herramientas de reparación .....	87
Gráfico 34	Rodillo Automático .....	88
Gráfico 35	Solucionadora .....	88
Gráfico 36	Mini Extrusor Manual.....	89
Gráfico 37	Mesa de Trabajo con Guillotina.....	90
Gráfico 38	Máquina Embandadora Italmatic.....	91
Gráfico 39	Máquina Embandadora Matteuzzi.....	92
Gráfico 40	Autoclaves.....	93
Gráfico 41	Autoclaves con Innerlops .....	93
Gráfico 42	Caldera.....	94
Gráfico 43	Compresor Ingesoll-Rand .....	95
Gráfico 44	Extractor de Polvo .....	96
Gráfico 45	Macroproceso .....	100
Gráfico 46	Diagrama de Pareto de Llantas.....	102
Gráfico 47	Diagrama de Pareto de Medidas de Llantas a ser Estudiadas .....	104
Gráfico 48	Diagrama SIPOC .....	106
Gráfico 49	Histograma del Proceso Productivo .....	109
Gráfico 50	Histograma del Proceso Administrativo.....	110
Gráfico 51	Diagrama Causa-Efecto de demoras en el Proceso de Reencauche .....	111
Gráfico 52	Diagrama Causa-Efecto Demoras en el Proceso de Reencauche .....	112
Gráfico 53	Porcentajes de Actividades que influyen en el Valor Agregado.....	114
Gráfico 54	Organización Antes .....	117
Gráfico 55	Organización Después .....	117
Gráfico 56	Limpieza Antes.....	118
Gráfico 57	Limpieza Después.....	119
Gráfico 58:	Higiene Antes .....	120

Gráfico 59	Higiene Después .....	120
Gráfico 60	Texturas de Raspado .....	125
Gráfico 61	Registro de Procesos .....	128
Gráfico 62	Histograma de Tiempos de Producción en Minutos .....	131
Gráfico 63	Gráfica de Agrupación de los tiempos de Producción de cada Llanta.....	132
Gráfico 64	Gráfica de Agrupación de los Tiempos de Producción de cada llanta.....	132
Gráfico 65	Gráfica de comparación de Kg de Co2 .....	143

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Análisis Costo por Kilometraje sin Reencauche .....	8
Tabla 2	Análisis Costo por Kilometraje con Reencauche .....	8
Tabla 3	Diferencias entre Llantas Radiales y Convencionales .....	35
Tabla 4	Índice de Cargas .....	42
Tabla 5	Índices de Velocidad .....	43
Tabla 6	Porcentajes .....	102
Tabla 7	Diferencia de precios.....	103
Tabla 8	Medidas y Porcentajes .....	104
Tabla 9	Tamaño de la muestra.....	107
Tabla 10	Análisis de Actividades que Agregan Valor .....	113
Tabla 11	Radios de Raspado Llanta Convencional.....	124
Tabla 12	Radios de Raspado para Llantas Radiales .....	124
Tabla 13	Mejoras propuestas .....	126
Tabla 14	Actividades y Responsabilidades .....	130
Tabla 15	Valor Mensual Promedio de Recursos .....	136
Tabla 16	Valores Correspondientes a las Inversiones Requeridas .....	136
Tabla 17	Materiales Contaminantes.....	138
Tabla 18	Emisiones Contaminantes.....	140
Tabla 19	Contaminación por Diesel .....	142
Tabla 20	Contaminación por Diesel .....	143

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Media en un conjunto de mediciones (1).....	17
Mediana en un conjunto de mediciones (2).....	17
Rango en un conjunto de mediciones (3).....	18
Desviación Estándar en un conjunto de mediciones (4).....	18
Varianza en un conjunto de mediciones (5) .....	19
Distribución Binomial (6) .....	19
Distribución de Poisson (7).....	20
Distribución Normal (8).....	20
Tamaño de Muestra (9).....	20

## INTRODUCCIÓN

Reencauchadora Europea Reneu S.A. es una empresa que se dedica al reencauche de llantas tanto mediante el proceso al frío como al calor, la empresa fue creada hace 26 años y desde entonces es una de las principales empresas en el mercado Ecuatoriano.

En la actualidad Reencauchadora Europea es considerada líder en el segmento de reencauche de llantas de transporte pesado al frío, y esto se ha conseguido debido a que el trabajo es de muy buena calidad y también porque la materia prima utilizada (banda de rodamiento y cushion) es de altísima calidad y muestran resultados sorprendentes. Pero con el fin de mejorar la productividad y la calidad es que se planteó una propuesta de mejoramiento de procesos.

El objetivo de la empresa es mejorar y estandarizar el proceso de reencauche de llantas al frío, ya que hoy en día además de ser considerado un gran negocio a nivel mundial, es también considerado un gran método de reciclaje de desechos, ya que las llantas son uno de los mayores contaminantes que existen en el mundo debido a que tardan alrededor de mil años en degradarse y además contienen otros elementos dentro de su composición que la hacen altamente contaminante para el ambiente. Al volver a darles una nueva vida útil es decir reencauchándolos, a más de estar ahorrando dinero se está aportando con el medio ambiente y con la sociedad en general, ya que los neumáticos desechados en quebradas y botaderos son también una fuente de propagación de plagas.

Para el presente proyecto se propone utilizar la metodología DMAIC, además de otras herramientas básicas utilizadas en un proceso de mejora, el aplicar la metodología de mejora DMAIC en el procesos productivo de la empresa, además de traer orden y organización, ayudará a eliminar diversos problemas

dentro del proceso productivo y traerá grandes logros a la organización a demás de una mejor calidad y satisfacción para los clientes de la empresa.

# 1 CAPITULO I. GENERALIDADES

## 1.1 LA EMPRESA

Reencauchadora Europea RENEU S.A., es una empresa que se dedica al reencauche de llantas tanto con el proceso al frío como el proceso al caliente. Es una empresa considerada líder en el mercado en lo referente a llantas reencauchadas. La empresa fue fundada hace 26 años en la ciudad de Quito y actualmente cuenta con una planta de producción tanto en Quito como en Guayaquil.

La misión establecida por la empresa se resume en:

Suministrar al sector del transporte opciones para la reducción de costos de operación en el consumo de llantas. Generar condiciones seguras para nuestro personal, la comunidad y el medio ambiente.

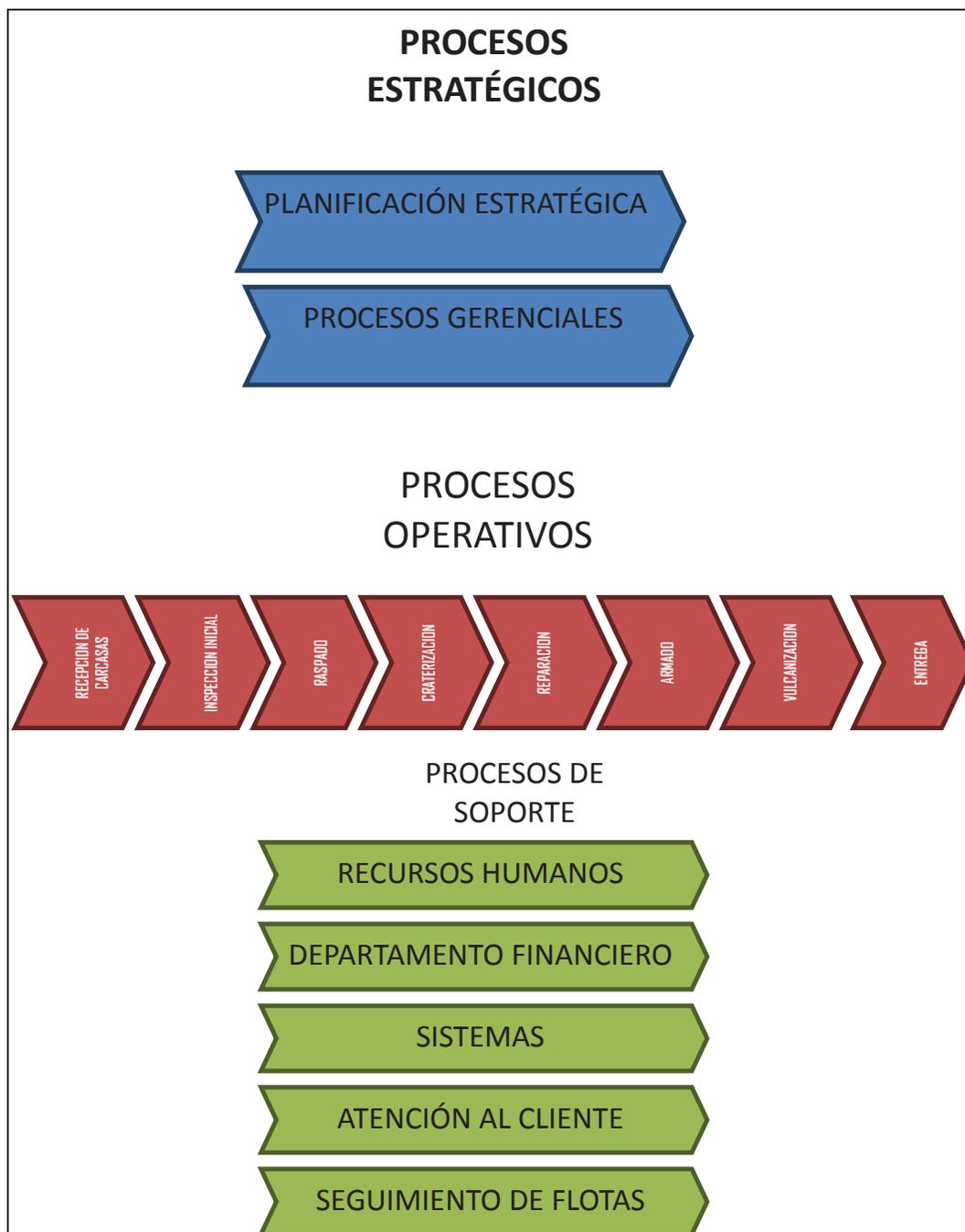
Lo que espera lograr la empresa en el futuro se resume en la declaración de su visión:

“Ser reconocidos como una entidad rentable comprometida con el medio ambiente, liderando propuestas para la reducción de costos de operación en el consumo de llantas de nuestros clientes. Garantizar la seguridad y bienestar de nuestros trabajadores y comunidad en general”.

Los procesos de valor de la empresa son:

Recolección de carcasas, reencauche de llantas y distribución de llantas reencauchadas, en el grafico 1.1 se aprecia un diagrama de macroproceso siguiendo la metodología ISO 9000- 2005.

Gráfico 1: Macro Proceso de Reencauche



Fuente: Los autores

## 1.2 INFRAESTRUCTURA Y UBICACIÓN

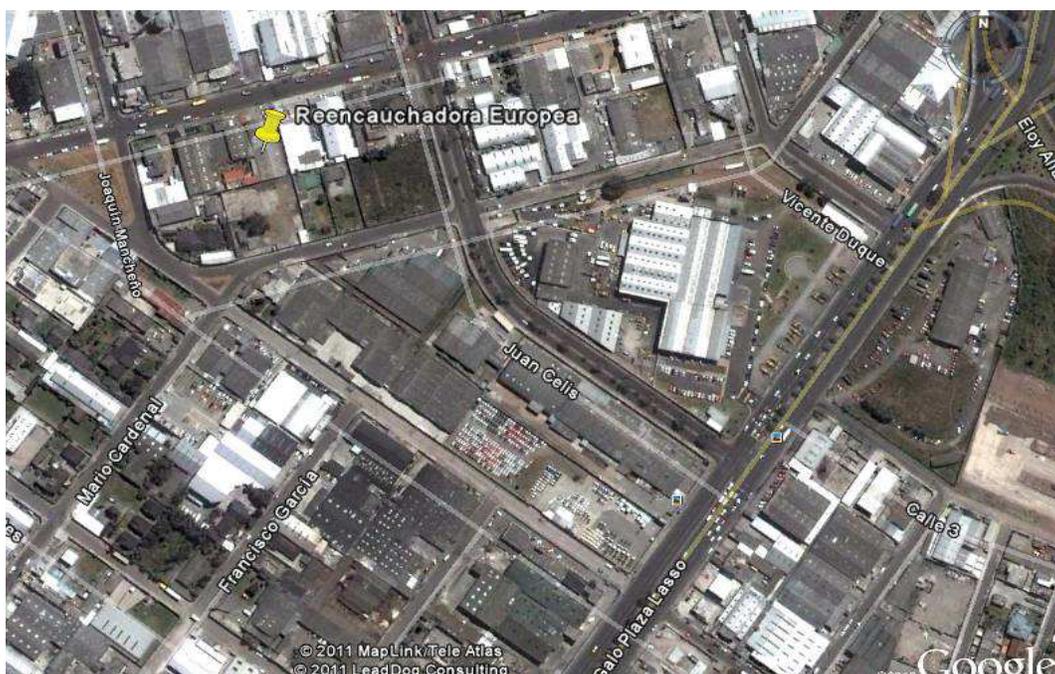
La empresa se encuentra ubicada en el sector de Carcelén alto en las calles José Andrade Oe1-381 y Juan de Selis, y cuenta con tres galpones:

- **Bodega de llantas procesadas:** Es el lugar donde se reciben las llantas de los clientes para ser reencauchadas, en este sitio se revisan las carcadas, y las que aprueban la revisión son clasificadas por cliente, para pasar al proceso de punteado y posterior transporte a producción.
- **Planta de producción:** En este lugar es donde se realizan todas las operaciones para pasar de una carcada vieja a una llanta reencauchada.
- **Bodega de carcadas:** En este sitio se almacenan todas las llantas reencauchadas y procede a enviarlas a sus respectivos dueños, también se tiene un pequeño lote de carcadas reencauchadas de la empresa para realizar venta directa.

### 1.2.1 Localización

La planta de producción se encuentra en el sector industrial Norte de Quito, como se puede apreciar en el siguiente mapa:

Gráfico 2: Vista aérea de la Planta de Producción



Fuente: [www.googleearth.com/reencauchadoraeuropea](http://www.googleearth.com/reencauchadoraeuropea) 2011.

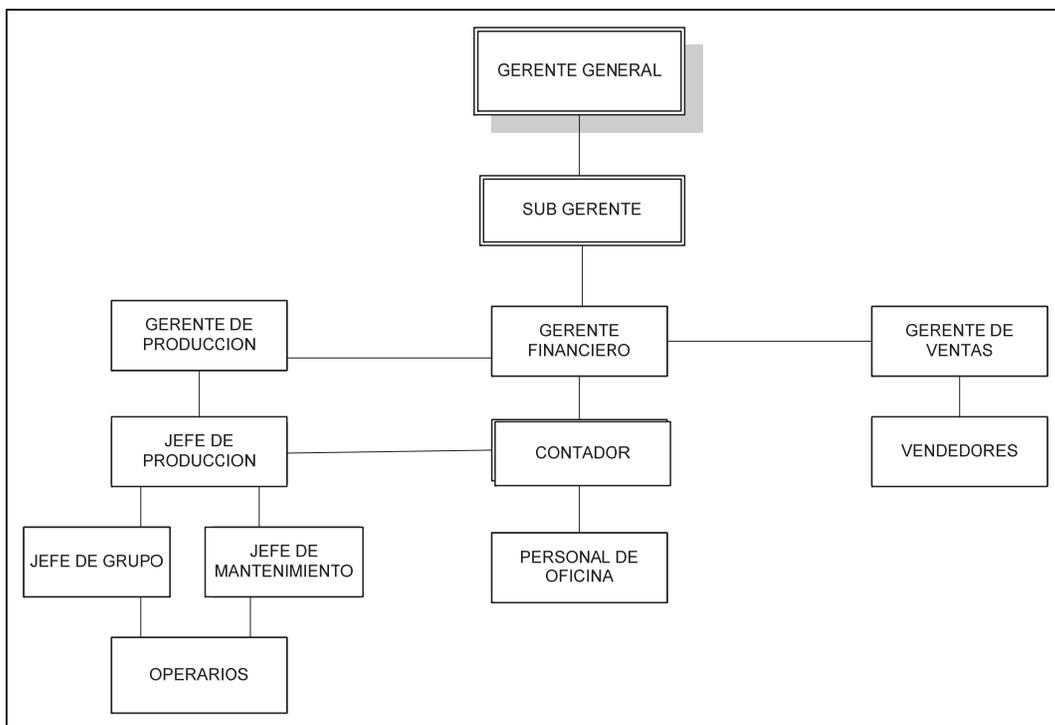
### 1.2.2 Distribución de la Planta

La planta de procesamiento está dividida en dos aéreas principales, en la parte frontal del galpón se encuentran las oficinas, mientras que en la parte posterior se ubica la planta de producción. En el Anexo # 1 se presenta el Lay Out de la planta de producción

### 1.2.3 Organigrama

La empresa se encuentra encabezada por un Gerente General, quien toma las decisiones de la empresa. Se tiene una estructura con tres Gerentes de Área. Para el mejor manejo de la empresa, se presenta el siguiente organigrama.

**Gráfico 3: Organigrama**



**Fuente:** Ibarra, Andrea; Nastasi, Stefano, 2011

### 1.3 ANTECEDENTES

Durante los últimos años, el negocio del transporte pesado, de pasajeros y de material minero ha tenido un gran crecimiento en el mercado nacional, es por esto que de igual manera el número de vehículos para este tipo de trabajo también ha experimentado un gran aumento. Por este motivo todos los insumos para lo referente a estos tipos de transporte tienen una alta demanda, es decir lubricantes, baterías y en especial las llantas se han convertido en un negocio muy lucrativo.

Como reflexión se debe tomar en cuenta que las llantas son el segundo rubro en importancia en lo referente a costos en el área del transporte y paradójicamente es al rubro que se le presta menos atención, ya que generalmente un transportista está muy pendiente de cuándo debe realizar el cambio de aceite de su vehículo, pero nunca revisa la presión de aire de sus neumáticos.

Una llanta de camión 12R22.5 que es una medida muy utilizada en nuestro medio tiene un valor aproximado de 500USD, teniendo la opción más barata en alrededor de 430USD, y la más costosa puede alcanzar los 700USD.

Considerando que un cabezal con remolque lleva veinte y dos llantas, se habla de una cantidad de dinero considerable, el rendimiento del labrado de cada llanta no va de acuerdo a su precio, por lo cual en la mayoría de los casos el transportista opta por la llanta más barata, sin tomar en cuenta la opción del reencauche de llantas y del verdadero costo por kilómetro que puede tener una carcasa de mayor valor.

Esta resulta una decisión equivocada, ya que al comprar una llanta barata la carcasa puede resultar de muy mala calidad y puede no ser apta para reencauche, mientras que si el transportista opta por una carcasa de mayor valor y mayor reconocimiento se asegura obtener 1, 2 o 3 reencauches

dependiendo del cuidado que le dé a sus llantas, y al final de esta operación si se realiza un análisis de CPK (Costo por Kilómetro) se darán cuenta que la inversión inicial puede ser un poco más costosa pero en el tiempo brindara un beneficio económico muy significativo.

**Tabla 1: Análisis Costo por Kilometraje sin Reencauche**

Marca	Medida	Precio	Tipo	Kilometraje
Michelin	12R22.5	650	Tracción	70.000
Reencauche 1		230	Tracción	70.000
Reencauche 2		205	Direccional	40.000
Reencauche 3		205	Direccional	40.000
		1.290		220.000
			CPK	0.0058

**Fuente:** Los autores

**Tabla 2: Análisis Costo por Kilometraje en Reencauche**

Marca	Medida	Precio	Tipo	Kilometraje
Hércules	12R22.5	400	TRACCIÓN	40.000
Reencauche 1		205	DIRECCIONAL	40.000
Reencauche 2		N/A		
Reencauche 3		N/A		
		605		80.000
			CPK	0.0075

**Fuente:** Los autores

Como se puede observar en el ejemplo el costo por kilómetro de una llanta Michelin es muy inferior al de una llanta de mala calidad. Cabe también recalcar que del total de llantas Hércules que entraron al mercado nacional solo un 30% han sido aptas para primer reencauche, es por esto que el CPK de estas llantas incluso puede llegar a ser mayor, mientras que en una llanta de reconocimiento y alta calidad el porcentaje de llantas que llegan a segundo y tercer reencauche es muy alto. Cabe recalcar que estas llantas están diseñadas para resistir un tercer reencauche y que las llantas lleguen a este

punto depende solamente del transportista y del cuidado que les dé a sus carcadas.

Otro de los datos importantes que se puede observar en el ejemplo es el costo del reencauche de una llanta que es del 40% del valor de una llanta nueva y la durabilidad de la banda puede ser igual o incluso mayor al de la banda de una llanta nueva, todo depende del tipo de banda que se utilice y su correcta aplicación, de igual manera la seguridad que brinda una llanta reencauchada es muy alta si la carcada es bien seleccionada.

Es por este motivo que el reencauche de llantas es un negocio muy significativo y cada vez es mayor el número de transportistas que descubren este método de ahorrar dinero y lograr que sus carcadas y su inversión duren más tiempo.

Según los indicadores nacionales la empresa Reencauchadora Europea Reneu S.A. reencauchó el 33% de las llantas que entraron al mercado nacional, y es por este motivo y con la finalidad de mejorar la productividad y la calidad del producto, que se busca la mejora del proceso de reencauche al frío en la mencionada empresa.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El principal problema que enfrenta la empresa Reencauchadora Europea es la demora en entrega de llantas a los clientes, y esto causa descontento en los consumidores, esta demora se debe a varios factores que serán determinados y solucionados a lo largo de este proyecto, por lo que se justifica plenamente su desarrollo. Considerando que el mercado de llantas es muy competitivo y que la velocidad de producción representa una ventaja competitiva, las demoras señaladas repercuten directamente en la competitividad de la empresa, retención de clientes, imagen hacia el exterior.

Con el fin de mejorar la rentabilidad y el reconocimiento de la empresa Reencauchadora Europea Reneu S.A., se emprende este proyecto que permitirá encontrar los puntos débiles del proceso de producción, para así poder mejorar la capacidad tanto productiva como de calidad de la planta de producción, para entregar a los clientes en todo el mercado nacional llantas reencauchadas de una gran calidad en plazos competitivos.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Mejorar y estandarizar el proceso de reencauche de llantas al frío en la empresa Reencauchadora Europea Reneu S.A.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Establecer procesos que permitan obtener un producto de alta calidad para maximizar el rendimiento que ofrecen las carcasas.
- Elaborar herramientas para el fácil control de procesos por parte de los operarios.

## **1.6 ALCANCE**

La presente investigación tiene como finalidad la mejora de los subprocesos que se llevan a cabo para concretar el reencauche de llantas de camión al frío, ya que es el proceso de reencauche más utilizado a nivel mundial por su eficiencia y ductibilidad de proceso. Entregando a los trabajadores de la empresa herramientas sencillas para saber si una carcasa está en condiciones de ser trabajada o no, y también a los jefes de grupo hojas de control de los procesos con la finalidad de que puedan reconocer con preguntas sencillas si los trabajadores están realizando bien su labor y así asegurarse que el proceso está siendo cumplido según los nuevos estándares que se pretende instaurar.

## 2 CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 METODOLOGÍA APLICADA (DMAIC)

De Moura en su obra *Formación de Especialistas Green Belt 2008*, recalca que la metodología de Seis Sigma se basa en la aplicación de un proceso estructurado en cinco fases conocido como DMAIC, que corresponde a las iniciales de: Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar. Mediante estas cinco etapas se logra la identificación y solución de problemas existentes en las empresas que repercuten en una disminución de la calidad, productividad y competitividad.

El presente proyecto adopta la filosofía DMAIC en lo que se refiere a las etapas definidas, pero no se maneja como un proyecto Seis Sigma ya que este tipo de proyectos utilizan herramientas bastante sofisticadas y de mucha rigurosidad. Es importante recalcar que para que una empresa se oriente a implementar Seis Sigma debería primero haber caminado por un tiempo la ruta del mejoramiento continuo, que no es el caso de RENEU; por lo que se aplican herramientas más ligeras.

A continuación se realiza una breve descripción de las etapas, como las desarrolla  $6\sigma$  para tener una idea del contexto.

#### 2.1.1 Fase Definir

En la fase de definir de la metodología Seis Sigma  $6\sigma$  se identifican los posibles proyectos que se puedan implementar dentro de una organización se define el problema o defectos importantes dentro de los procesos. Se crea un mapa del estado actual de los mismos y se priorizan previo a su evaluación por parte de la alta dirección de la organización, para evitar la infrutilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto se prepara su misión y se selecciona a las personas que interactúan en el proceso y las actividades de

las que son responsables directa e indirectamente, las mismas que deberán ser identificadas para seleccionar un equipo adecuado de trabajo, que priorice el desarrollo de la metodología.

En el equipo deben participar los dueños del proceso de la organización así como expertos y conocedores de la metodología. El principal propósito de la fase definir es determinar los objetivos y alcance del proyecto, así como los límites y los puntos de entrada y salida de los procesos.

La organización debe especificar los resultados a todas sus áreas y a los clientes desarrollando un cuadro detallado del proceso y del proyecto.

Todo proyecto de mejora debe empezar por esta etapa:

1. La descripción del problema y la cuantificación de su impacto. Entre mejor se pueda establecer cuantitativamente el problema, es más fácil analizarlo.
2. Definir los límites del problema profundamente.
3. Definir las metas, usualmente porcentaje de aumentos o reducción en los métricos de la definición del problema.
4. Es importante determinar qué se considera defecto, para esto es necesario describir y especificar el problema en cuestión; identificar los elementos críticos de calidad (*CTQs – Critical to Quality*) e implicancias costo/beneficio de los mismos, evaluar y seleccionar proyectos, preparar la misión, seleccionar y lanzar el equipo.

### **2.1.2 Fase Medición**

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o

variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso. En la etapa de medición se define los CTQs que se medirán y cómo se lo hará usualmente usando Análisis de fallas y despliegue de función de calidad, que sirve para focalizar el diseño de productos y satisfacción al cliente Qfds (*Quality Function Deployment*) por sus siglas en inglés. Se definen los objetos de desempeño con mayor certeza y se pone a prueba el sistema de medición actual.

Para esto es necesario considerar el tipo de información necesaria, cómo obtenerla, quién puede proveerla y los métodos alternativos de medida.

La fase de Medición consiste en la caracterización de los procesos afectados, estudiando su funcionamiento/capacidad actual para satisfacer los requerimientos clave de los clientes.

En esta fase, se documentan los posibles modos de fallo y sus efectos al tiempo que se elaboran las primeras teorías sobre las causas de mal funcionamiento.

Es importante asegurarse que los datos que se recolecten definan los tipos de defectos y que la variedad de medidas obtenidas sean las adecuadas. A partir de esta caracterización se define y valida el sistema de medición usando gráficos, datos explorativos y descriptivos para entenderlos. Finalmente, se determinan las causas especiales para proceder a su análisis y evaluar la actual capacidad del proceso y el nivel sigma del mismo.

### **2.1.3 Fase Análisis**

En la fase de análisis el equipo analiza los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones

causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o "pocos vitales" que afectan a las variables de respuesta del proceso.

Todo problema de proceso se puede clasificar como una ecuación  $Y = X_1 + X_2 + X_n$ . Donde Y es el métrico afectado y Xi los factores que lo hacen variar.

Con el precedente anterior se puede decir que el proceso de análisis se enfoca en determinar cuál de esas X es la que más contribuye a variar el problema. Esto se hace analizando los datos, identificando familias de variación y usando una serie de herramientas estadísticas para demostrar dónde se encuentra el problema.

En el análisis de datos se debe definir los objetivos de la mejora y encontrar las oportunidades de mejora, las áreas y actividades que no generan valor en el proceso. Por consiguiente se compara la capacidad del proceso actual con el potencial, para identificar y buscar maneras para reducir cualquier entrada que genere errores y haga que exista variación; y cómo pueden ser controladas las fuentes de variación que no han sido monitoreadas.

Finalmente, se debe asignar recursos a la gente que maneja cada área en el proceso para realizar la mejora y encontrar los beneficios para la organización en términos beneficio-costos.

Al final de esta etapa se sabe con certeza qué factor o combinación de factores son los que están afectando más a un proceso y en qué medida lo hacen.

#### **2.1.4 Fase Implementar**

En esta fase el equipo desarrolla un plan de mejora para conseguir cambios en el proceso. Se debe determinar la relación causa-efecto (relación matemática

entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso en cada una de las variables que producen los defectos y errores. Posteriormente se debe identificar la relación que existe entre estas variables sean externas o como parte del proveedor interno del proceso y realizar ajustes necesarios en las fuentes de variación de los productos. Se deben establecer tolerancias en las características de estos productos para disminuir las variaciones por medio de monitoreo y controles.

Luego se prueban las distintas mejoras del plan con herramientas experimentales y de métodos estadísticos que validen los resultados obtenidos en la fase de análisis de datos.

Por último se hace una planificación y mapeo del estado futuro del proceso y se aplican los cambios de mejora que se encuentren dentro del proyecto y así realizar correctamente las futuras mediciones, obteniendo mejores resultados.

#### **2.1.5 Fase Control**

La última fase, control, consiste en diseñar y documentar el seguimiento necesario para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios. En esta fase, además de asegurar que los resultados conseguidos se mantengan, también se busca estandarizar las mejoras por medio de reportes y estableciendo procedimientos, políticas e instrucciones en cada una de las áreas en que se aplicó el plan de mejora. Esta etapa consiste en diseñar sistemas de control en el proceso, documentándolos y monitoreando los resultados.

Es importante establecer un control en las variables críticas que se definieron en el plan de mejora, como en la calidad, costos, tiempo y horarios, manteniendo las metas del proyecto y verificando los beneficios para la empresa.

Finalmente en la etapa de control se debe asignar el proceso, mejorando al dueño del proceso e informar a la alta dirección sobre el cumplimiento de los objetivos y la optimización del proceso.

## **2.2 DEFINICIONES Y MARCO TEÓRICO**

Debido a que el proyecto se basa en estadística se deben entender claramente las definiciones de los métodos a aplicar así como también las herramientas que se van a utilizar para llevar a cabo el proyecto, es por este motivo que se presenta a continuación las definiciones de cada uno de los métodos y herramientas a utilizar

### **a. Six Sigma:**

Según el libro Seis Sigma de Eckers (2004), seis sigma es una iniciativa por parte de la alta dirección que se está aplicando en el mundo entero a un sinnúmero de empresas. La meta de seis sigma es hacer la empresa más eficaz y eficiente en los procesos que se desarrollan. Eficacia es el grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados (ISO 9000-2005); la eficiencia es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados (ISO 9000-2005). El enfoque de la metodología seis sigma es disminuir la variabilidad en las características que afectan a la calidad de un producto y reducir los defectos en el mismo, con el fin de que en el momento de la entrega cumpla con los requerimientos y especificaciones del cliente. Por lo tanto esta metodología mide y analiza la calidad y la capacidad de un proceso según las características de los productos de una organización. El objetivo de esto es conseguir la excelencia en el producto que se ofrece al cliente, tomando en cuenta las actividades, maquinaria, equipos y personal involucrado en cada área de la organización.

## 2.3 CONCEPTOS ESTADÍSTICOS

Con el fin de poder analizar los datos obtenidos en la investigación y posteriormente realizar los análisis requeridos, se deben utilizar ciertas herramientas estadísticas, las cuales permiten tomar decisiones sobre los datos recaudados, de igual manera existen programas de computación muy útiles que serán de gran ayuda para analizar los datos, es por esto que conjuntamente la estadística y los programas serán de vital importancia en la elaboración del proyecto.

Para entender mejor las herramientas estadísticas a utilizarse se describe las herramientas y fórmulas de la siguiente manera según el libro de Estadística de Galindo (2006):

### 2.3.1 Media

Es el promedio "X" de un conjunto de mediciones de una variable, indica la tendencia central de los valores es esta variable. Se obtiene mediante la suma de todos los valores, dividido para el número total de mediciones.

$$\frac{u_1 + u_2 + \dots + u_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n} = \bar{u} \quad (1)$$

### 2.3.2 Mediana

Es el valor dentro de un conjunto de mediciones ordenadas de menor a mayor que se ubica en el punto medio. Tiene la propiedad de dividir al conjunto de mediciones a la mitad:

$$Med = L_{i-1} + \frac{\frac{n}{2} - N_{i-1}}{n_i} A \quad (2)$$

$L_{i-1}$ =límite inferior de la clase mediana

$N_{i-1}$ =frecuencia acumulada de intervalo inmediatamente anterior al intervalo, con la frecuencia absoluta  $n$ ; y una longitud  $A$ .

### 2.3.3 Rango

Es el valor que se obtiene de un conjunto de mediciones de una variable, de la resta entre el menor valor obtenido y el mayor.

$$\text{Rango} = X_{\max} - X_{\min} \quad (3)$$

### 2.3.4 Moda

Es el valor que más veces se repite dentro de un conjunto de datos, es decir el que tiene la mayor frecuencia en el total de mediciones.

### 2.3.5 Desviación Estándar

La desviación estándar en un conjunto de mediciones es el indicador de la variabilidad de cada dato medido con respecto a la media resultante  $\bar{U}$ .

Esta desviación de información sobre la dispersión de cada medición, se obtiene la desviación estándar  $S$ , calculando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la resta de las mediciones respecto al promedio dividido para el total de mediciones:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{\mu})^2} \quad (4)$$

### 2.3.6 Varianza

La varianza mide la dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.

La varianza es el cuadrado de la desviación estándar S y se denota como:

$$\text{Var} = \sum (x_i - \mu)^2 \cdot \text{Pr}(x_i) = \sigma^2 \quad (5)$$

### 2.3.7 Distribuciones de Probabilidad

Distribución de probabilidad es una función que describe el comportamiento de una variable y la probabilidad de que cierto evento se de alrededor de esta variable. En la carpeta del curso de Formación de Especialistas *Six Sigma*, de Moura (2009); se detallan tres principales que son:

#### 2.3.7.1 Distribución Binomial

Es una distribución de una variable que describe el numero de ocurrencias K de un evento en cierto número de intentos N.

$$\text{Pr}(X = k) = C_n^k p^k q^{n-k} \quad (6)$$

C<sub>n</sub><sup>k</sup>= numero de combinaciones

K=posibles en el total de n intentos puede tomar valores de 0, 1, 2.....n

P= Probabilidad de éxitos

Q= probabilidad de no éxitos

#### 2.3.7.2 Distribución de Poisson

Tiene las mismas condiciones que la distribución binomial, pero se aplica a sucesos que se producen en el mismo tiempo y espacio. La distribución de Poisson se da cuando existe baja probabilidad de que ocurra un evento. El

valor de  $k$  puede tomar valores entre 0, 1, 2, ...,  $n$ . La probabilidad está dada por:

$$\Pr(X = k) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \quad (7)$$

### 2.3.7.3 Distribución Normal

Es una distribución muy utilizada en el control estadístico de procesos, se aplica en el estudio de varios fenómenos naturales. En la distribución normal se estudia las causas de variación en los procesos. Tiene la forma de una campana de Gauss. Y la función densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}} \quad (8)$$

### 2.3.7.4 Potencia de Prueba

Representa la sensibilidad de la prueba estadística para detectar cambios que se presenten al medir la probabilidad de rechazo de una hipótesis nula cuando es falsa y debería ser rechazada

### 2.3.7.5 Tamaño de Muestra

El tamaño de muestra nos permite seleccionar un número de ítems adecuado para realizar un estudio sin la necesidad de tomar todos los datos de un universo, para hallar el tamaño de muestra es necesario saber el nivel de confianza y una proporción. Donde  $n$  es el tamaño de la muestra,  $Z$  es el nivel de confianza,  $p$  es la proporción esperada,  $q$  es  $1-p$  y  $d$  es la precisión.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2} \quad (9)$$

### 2.3.7.6 Sistema Japonés de las 5S

#### ¿Qué son las 5Ss?

Es una práctica de calidad ideada en Japón referida al mantenimiento integral de la empresa, no solo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno del trabajo por parte de todos. El método de las **5s**, así denominado por la primera letra del nombre que en japonés designa cada una de sus cinco etapas, es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples. Se inició en Toyota en los años 1960 con el objetivo de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente para conseguir una mayor productividad y un mejor entorno laboral. Las 5s han tenido una amplia difusión y son numerosas las organizaciones de diversa índole que lo utilizan, tales como, empresas industriales, empresas de servicios, hospitales, centros educativos o asociaciones.

Gráfico 4: Esquema Explicativo de las 5S



Fuente: Metodología de las 5s, [www.gestiopolis.com](http://www.gestiopolis.com)

Las 5 Ss. obedecen a las iniciales de palabras en japonés:

<b>Japonés</b>	<b>Castellano</b>
Seiri	Clasificación y descarte
Seiton	Organización
Seiso	Limpieza
Seiketsu	Higiene y visualización
Shitsuke	Disciplina y compromiso.

### **¿Por qué aplicar las 5s?**

Es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad. Su aplicación mejora los niveles de:

1. Calidad.
2. Eliminación de tiempos muertos
3. Reducción de costos

La aplicación de esta técnica requiere el compromiso personal y duradero para la empresa de un auténtico modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene.

Los primeros en asumir este compromiso son los gerentes y los jefes y la aplicación de esta herramienta es el ejemplo más claro de resultados a corto plazo.

Beneficios que aportan las 5s:

- La implantación de las 5 s se basa en el trabajo en equipo.
- Los trabajadores se comprometen.
- Se valoran sus aportaciones y conocimientos.
- La mejora continua se hace una tarea de todos.

Se consigue una mayor productividad que se traduce en:

- Menos productos defectuosos.
- Menos averías.
- Menor nivel de inventarios y existencias.
- Menos accidentes.
- Menos movimientos y traslados inútiles.
- Menor tiempo en el cambio de herramientas.

Se logra un mejor lugar de trabajo ya que se consigue:

- Más espacio.
- Orgullo del lugar en el que se trabaja.
- Mejor imagen ante los clientes.
- Mayor cooperación y trabajo en equipo.
- Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.
- Mayor conocimiento del puesto.

### **1. SEIRI (Clasificación y Descarte):**

Significa separar las cosas necesarias y las que no lo son, manteniendo las cosas útiles en un lugar conveniente y adecuado.

Las ventajas que se logran a través de la aplicación de esta S son:

- Reducción de necesidades de espacio, stock, almacenamiento, transporte y seguros.
- Evita la compra de materiales no necesarios y su deterioro.
- Aumenta la productividad de las máquinas y personas implicadas.

- Provoca un mayor sentido de la clasificación y la economía, menor cansancio físico y mayor facilidad de operación.

Para poner en práctica la primera S se puede iniciar haciendo las siguientes preguntas:

- ¿Qué se debe tirar?
- ¿Qué debe ser guardado?
- ¿Qué puede ser útil para otro departamento?
- ¿Qué se debería reparar?
- ¿Qué se debería vender?

Otra buena práctica es, colocar en un lugar determinado todo aquello que va a ser descartado.

El último punto importante es el de la clasificación de residuos, además del compromiso con el medio ambiente ya que nadie desea vivir en una zona contaminada.

## **2. SEITON (Organización):**

La organización es el estudio de la eficacia. Es una cuestión de cuán rápido se puede conseguir lo que se necesita y cuán rápido se puede devolver a su sitio nuevo. Cada cosa debe tener un único y exclusivo lugar donde se encuentre antes de su uso, y después de utilizarlo debe volver a ese mismo lugar. Todo debe estar disponible y próximo en el lugar de uso. Tener lo que es necesario en su justa cantidad, y en el momento y lugar adecuados permitirán lograr las siguientes ventajas:

- Menor necesidad de controles de stock y producción.
- Facilidad de transporte interno.

- Control de la producción y la ejecución del trabajo en el plazo previsto.
- Menor tiempo de búsqueda de aquello que hace falta.
- Evita la compra de materiales y componentes innecesarios.
- Aumenta el retorno de capital.
- Aumenta la productividad de las máquinas y personas.
- Provoca una mayor racionalización del trabajo, menor cansancio físico y mental.
- Mejor ambiente.

Para tener claros los criterios de colocación de cada cosa se debe responder las siguientes preguntas:

- ¿Es posible reducir el stock de este material?
- ¿Esto es necesario que se encuentre a mano?
- ¿Todos llamaremos a esto con el mismo nombre?
- ¿Cuál es el mejor lugar para cada cosa?

Por último hay que tener claro que:

- Todas las cosas han de tener un nombre y todos deben conocerlo.
- Todas las cosas deben tener espacio definido para su almacenamiento o colocación, indicado con exactitud y conocido por todos.

### **3. SEISO (Limpieza):**

Según el diccionario de la lengua española, limpieza es la ausencia de suciedad, manchas. Pulcritud.

La limpieza se debe hacer entre todos, es importante que cada uno tenga asignada una pequeña zona de su lugar de trabajo que deberá tener

siempre limpia y bajo su responsabilidad. No debe haber ninguna parte de la empresa sin asignar. Si las personas no asumen este compromiso la limpieza nunca será real.

Toda persona deberá conocer la importancia de estar en un ambiente limpio.

Todo trabajador de la empresa debe, antes y después de cada trabajo realizado, retirar cualquier tipo de suciedad generada.

Un ambiente limpio proporciona seguridad y calidad, y además:

- Mayor productividad de personas, maquinaria y materiales evitando hacer cosas dos veces.
- Facilita la venta del producto.
- Evita pérdidas y daños materiales de productos.
- Es fundamental para la imagen interna y externa de la empresa.

Para conseguir que la limpieza sea un hábito tener en cuenta los siguientes puntos:

- Todos deben limpiar utensilios y herramientas al terminar de usarlas y antes de guardarlas.
- Las mesas, armarios y muebles deben estar limpios y en condiciones de uso.
- No debe tirarse nada al suelo.
- No existe ninguna excepción cuando se trata de limpieza, el objetivo no es impresionar a las visitas sino tener el ambiente ideal para trabajar a gusto y obtener la calidad total.

Para llegar a la limpieza se deben responder las siguientes preguntas:

- ¿Cree que realmente puede considerarse como limpio?
- ¿Cómo cree que podría mantenerlo limpio siempre?
- ¿Qué utensilios, tiempo o recursos necesitaría para ello?
- ¿Qué cree que mejoraría el grado de limpieza?

#### 4. SEIKETSU (Higiene y Visualización):

Esta S envuelve ambos significados, higiene y visualización. La higiene es el mantenimiento de la limpieza, del orden. Quien exige y hace calidad cuida mucho la apariencia. En un ambiente limpio siempre habrá seguridad, quien no cuida bien de sí mismo no puede hacer o vender productos de calidad.

Una técnica muy usada es el “*Visual Managment*” o gestión visual. Esta técnica se ha mostrado como sumamente útil en el proceso de mejora continua. Se usa en la producción, calidad, seguridad y servicio al cliente.

Consiste en un grupo de responsables que realizan periódicamente una serie de visitas a toda la empresa y detecta aquellos puntos que necesitan de mejora. Una variación mejor y más moderna es el “*Color Managment*” o Gestión de Colores. Ese mismo grupo en vez de tomar notas sobre la situación coloca una serie de tarjetas, rojas en aquellas zonas que requieren de mejora y verdes en zonas especialmente cuidadas. Normalmente las empresas que aplican estos códigos de colores nunca tienen tarjetas rojas, porque en cuanto se coloca una, el trabajador responsable de esa área soluciona rápidamente el problema para poder quitarla.

Las ventajas del uso de la cuarta s:

- Facilita la seguridad y el desempeño de los trabajadores.
- Evita daños de salud del trabajador y del consumidor.
- Mejora la imagen de la empresa interna y externamente.
- Mejora el nivel de motivación y satisfacción del personal hacia el trabajo.

Recursos visibles en el establecimiento de la cuarta s:

- Avisos de peligro, advertencias y limitaciones de velocidad.
- Informaciones e instrucciones sobre equipamiento y maquinas.
- Avisos de mantenimiento preventivo.
- Recordatorios sobre requisitos de limpieza.
- Avisos que ayuden a las personas a evitar errores en las operaciones de sus lugares de trabajo.
- Instrucciones de procedimientos de trabajo.

Se debe recordar que los avisos y recordatorios deben ser visibles a cierta distancia y deben colocarse en los sitios adecuados además de ser claros y de rápido entendimiento, deben contribuir a la creación de un local de trabajo motivador y confortable.

Se debe responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de carteles, avisos, advertencias cree que faltan?
- ¿Los que ya existen son adecuados?
- ¿Proporcionan seguridad e higiene?
- ¿En general clasificaría su lugar de trabajo como motivador y confortable?
- En caso negativo ¿Cómo podría colaborar para que si lo fuera?

## **5. SHITSUKE (Compromiso y Disciplina):**

Disciplina no significa que habrá unas personas pendientes del personal preparados para castigarlos cuando lo consideren oportuno. Disciplina quiere decir voluntad de hacer las cosas como se supone se deben hacer. Es el deseo de crear un entorno de trabajo en base de buenos hábitos.

Mediante el entrenamiento y la formación para toda la puesta en práctica de estos conceptos, es como se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos. En suma, se trata de la mejora alcanzada con las cuatro Ss., anteriores, de manera que se convierta en una rutina, en una práctica más de las tareas cotidianas. Es el crecimiento a nivel humano y personal a nivel de autodisciplina y autosatisfacción. Esta S es el mejor ejemplo del compromiso con la mejora continua. Se debería asumir por todos ya que es un beneficio común.

### **2.3.7.7 Diagrama Causa-Efecto**

Ayuda a determinar las causas primarias, mediante un análisis de varias características que afectan directamente al problema, es de gran utilidad gracias al aporte visual que ofrece, ya permite ver gráficamente la relación entre el problema y sus posibles causas.

Conocido también como diagrama causa-efecto. Este diagrama ayuda a encontrar las causas primarias mediante un análisis de varias características que afectan directamente al problema. Es de gran utilidad debido al aporte visual que ofrece, ya que permite ver gráficamente la relación entre el problema y sus posibles causas.

Para realizar este diagrama se debe escribir el problema clara y concisamente. A continuación se escogen las principales categorías de causa que pueden basarse en las 6 M que son:

- Máquina
- Mano de obra
- Método
- Materiales
- Medición
- Medio ambiente

En base a estas categorías se identifican las causas potenciales, esto se realiza mediante una lluvia de ideas que responda preguntas como:

- ¿Qué puede causar esto?
- ¿Por qué sucede esto?

Esto se lo realiza hasta observar que el diagrama esté completo, profundizando solamente lo necesario. Finalmente se selecciona las causas que se crean más probables.

A continuación se pueden observar los diagramas realizados para resolver el problema en las demoras tanto en el proceso productivo como en el proceso administrativo.

#### **2.3.7.8 Análisis de Valor Agregado de Procesos**

Es un análisis que permite determinar la satisfacción del cliente tanto interno como externo respecto a las expectativas sobre el producto.

La evaluación del valor agregado es un análisis de cada actividad para determinar su aporte a la satisfacción de las expectativas del cliente interno o externo; en este análisis se tomó en cuenta el Valor Agregado para el cliente (son aquellas que visto por el cliente final son necesarias para proporcionar el producto). Valor Agregado para la empresa (Actividades que la empresa requiere, pero que no son evidentes para el cliente pero si para el producto); y

actividades sin valor agregado (Aquellas no aportan nada al cliente ni al proceso).

#### **2.3.7.9 Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto, también llamado curva 80-20 o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que éstos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades.

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica se coloca los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

El diagrama facilita el estudio comparativo de numerosos procesos dentro de las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales, como se puede ver en el ejemplo de la gráfica al principio del artículo.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos.

## **2.4 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE UNA LLANTA**

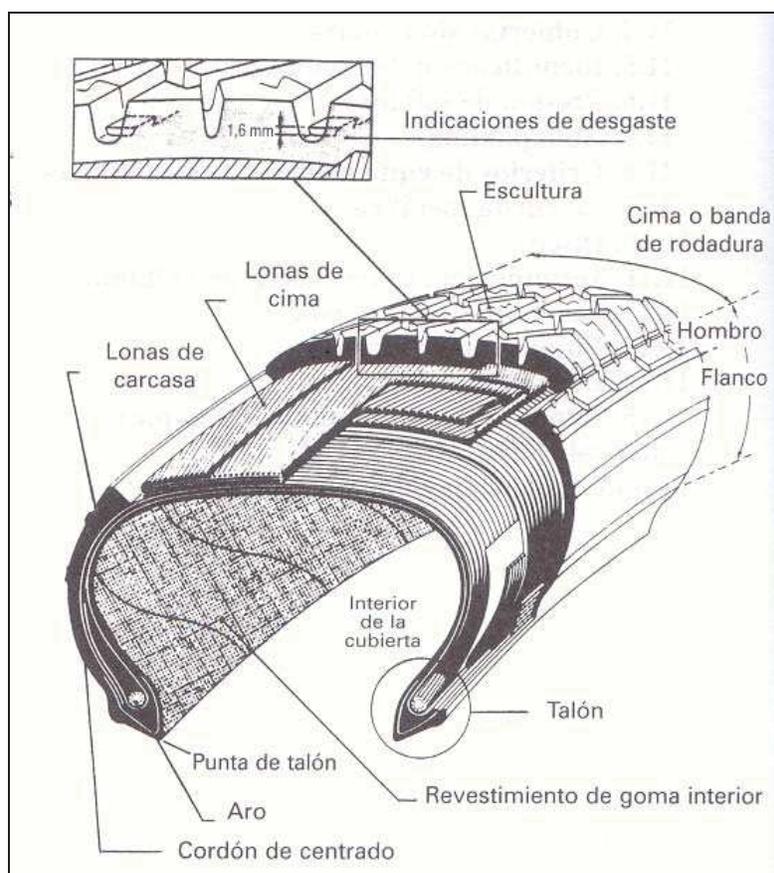
Una llanta es un objeto de forma anular, diseñada para contener aire y facilitar el desplazamiento de un vehículo, así como de sustentar la carga que lleve el mismo.

Una llanta consta de dos partes fundamentales, banda de rodamiento y carcasa, la banda de rodamiento es la que se encuentra en contacto con el

piso todo el tiempo por ese motivo su durabilidad es mucho menor a la de la carcasa, es por esto que la carcasa puede ser reencauchada, las partes de una llanta son las siguientes:

- Banda de rodamiento, cima o corona
- Labrado o escultura.
- Lona interna o *innerliner*
- Hombros
- Paredes o flancos
- Ceja, pestaña o talón
- Cinturones
- Chaffer

**Gráfico 5: Partes de una Llanta**



**Fuente:** Norma Técnica Colombiana, Reencauchadora Europea, 2005.

Una llanta está fabricada en gran parte de caucho, pero éste no es su único componente, en una llanta existen materiales como:

- Caucho natural
- Caucho sintético
- Acero
- Nylon
- Algodón
- Negro de humo
- Azufre
- Acelerones
- Rayón
- Aramida
- Ceras
- Conservantes

Existen dos tipos de llantas según su construcción.

- Radiales
- Convencionales o Diagonales

#### **2.4.1 Llantas Radiales**

Son aquellas en la que su estructura principal está formada por alambre de acero, y su cuerda principal está dispuesta en un ángulo de  $90^\circ$  con respecto a la banda de rodadura. Sus cinturones de trabajo y estabilidad están colocados uno sobre otro, en el mismo sentido que la banda de rodadura .como se indica en el gráfico 6.

**Gráfico 6: Llanta Radial**

**Fuente:** Norma Técnica Colombiana, Reencauchadora Europea, 2005.

### 2.4.2 Llantas Convencionales o Diagonales

Son aquellas en la que su estructura está fabricada de nylon, sus cuerdas están todas dispuestas en un ángulo de  $45^\circ$  una sobre otra. Como se indica en el gráfico 7.

**Gráfico 7: Llantas Convencionales**

**Fuente:** Norma Técnica Colombiana, Reencauchadora Europea, 2005.

### 2.4.3 Diferencias

Diferencias entre llanta radial y llanta convencional de transporte pesado.

**Tabla 3: Diferencias Llantas Radiales y Convencionales**

<b>RADIAL</b>	<b>CONVENCIONAL</b>
Estructura de alambre	Estructura de nylon
Cuerdas a 90° con respecto a la banda	Cuerdas a 45° con respecto a la banda
Llanta fría	Llanta caliente
Muy flexible	Poco flexible
La corona es plana	La corona es redonda
Mayor durabilidad y reencauchabilidad	Menor duración
Permite reparaciones mayores	No permite cortes grandes

**Fuente:** Los autores

Para diferenciar una llanta radial de una convencional, se debe examinar su nomenclatura. Es decir cuando una llanta lleva la letra R en su medida quiere decir que la llanta es radial, por otro lado si está escrita la letra X o D o el símbolo (-) la llanta es convencional.

También existen llantas llamadas *tube type* o *tubeless*. Esto indica si el neumático tiene la necesidad de utilizar una cámara (tubo) o no.

- ***Tube Type:***

Como su nombre lo indica este tipo debe ser montado en el rin con un tubo y una defensa, el tubo cumplirá la función de contener el aire con el que se va a inflar la llanta, y la defensa se encargará de crear una barrera física entre el rin y la cámara con el fin de evitar que esta última se vea afectada por alguna imperfección del rin, o por un calentamiento excesivo del mismo, lo cual puede resultar en un pinchazo y esto hará que la cámara pierda todo el aire.

- ***Tubeless:***

Este tipo de llanta no necesita de cámara (tubo) y defensa ya que la capa interior, está fabricada de un caucho llamado *butylo*, el mismo que tiene la capacidad de ser impermeable y por esta característica no permite que el aire escape, otra de las características de este tipo de llanta es que la construcción de la ceja o talón tiene una forma tal que permite su asentamiento total en el rin, y así logra sellar por completo el escape de aire.

Cabe recalcar que no todas las llantas radiales son *tubeless* existen muchas llantas radiales que son *tube type* como ejemplo se puede mencionar a las llantas *DOUBLE COIN*, las cuales son llantas radiales de alta calidad y sin embargo son *tube type*.

#### **2.4.4 Tipos de Labrado según la Aplicación**

Existen tres tipos de labrado según la aplicación a la cual van a ser sometidos, es decir que cada tipo de diseño tiene una aplicación y si se cumple con este parámetro de seguro se expresará al 100% el potencial de la llanta, tanto en duración como en agarre y confort.

Los tres tipos de labrado son:

- Tracción
- Direccional
- Mixto

##### **2.4.4.1 Tracción**

Este tipo de llantas deben estar ubicadas en los ejes de tracción de un vehículo, por lo general, su diseño es de barras o cuadros separados entre sí,

con perfiles cuadrados, los mismos que permiten un mayor agarre al piso, otra característica muy marcada en este tipo de labrados es que la profundidad del diseño es muy considerable alcanzando en muchos casos hasta 25 milímetros. Son muy utilizadas por cabezales, y vehículos de la construcción. Como se indica en grafico 8.

**Gráfico 8. Labrado ideal para tracción**



**Fuente:** Norma Técnica Colombiana, Reencauchadora Europea, 2005

#### **2.4.4.2 Direccional**

Este tipo de llanta está diseñada para montarse en los ejes de dirección de los vehículos, también está hecho para ser montado en los ejes libres, ya que son labrados con perfiles poco agresivos, incluso en muchas llantas de este tipo los hombros son redondos, para lograr una menor fricción el momento de realizar una curva tanto en dirección como en arrastre, la característica de estos neumáticos, es tener una profundidad de 13 a 15 milímetros, y su diseño es muy plano, y sin bordes agresivos. Como se hace referencia en el grafico 9.

**Gráfico 9: Labrado Direccional**

**Fuente:** Norma Técnica Colombiana, Reencauchadora Europea, 2005.

#### **2.4.4.3 Mixto**

Este tipo de labrados tiene la virtud de poder acoplarse a cualquier eje del vehículo, sea tracción, direccional, o libre, una característica de este tipo de labrado es que no tiene una excepcional durabilidad, pero puede ser utilizado en el eje de tracción y una vez que su labrado este en un 30% de su vida útil puede ser pasado al eje libre de arrastre (carreta) donde su vida útil aumentará y su rendimiento será muy bueno. Como se aprecia en el gráfico 10.

Gráfico 10: Labrado mixto



Fuente: Norma Técnica Colombiana, Reencauchadora Europea, 2005.

### 2.5 NOMENCLATURA

Una llanta brinda toda la información necesaria en el costado o pared de ella, esta información es de vital importancia ya que indica cómo debe ser cuidada. El grafico 11, especifica la nomenclatura de la llanta, y posteriormente una explicación de cada una de ellas.

Gráfico 11: Imagen donde se explica la Nomenclatura en la Llanta



Fuente: Manual de Reencauche Good Year, Reencauchadora Europea, 2005.

### 2.5.1 Tamaño de la Llanta

Se tiene en el tamaño de la llanta una letra al inicio, la cual indica de qué tipo de llanta se trata, esto por las iniciales en inglés.

- P.- pasajero
- LT.- camión ligero
- MT.- terreno lodoso.
- M+S.- lodo y nieve

Como ejemplo:

Una llanta 295/80R22.5 quiere decir:

- 295.- Es el ancho en milímetros de la parte de mayor sección de la llanta.
- 80.- Indica el porcentaje de altura es decir en esta llanta la altura del perfil es del 80% de 295 milímetros.
- R.- Indica que la llanta es radial.
- 22.5.- Indica el diámetro del rin.

Una llanta 12R22.5 quiere decir:

- 12.- El ancho en pulgadas de la parte de mayor sección de la llanta.
- R.- la llanta es radial.
- 22.5.- Diámetro de rin.

En este tipo de nomenclaturas en pulgadas se sobreentiende que el perfil de aspecto o altura es de 80% a 85% del ancho de la llanta para todos los casos.

12.00 X 20 quiere decir:

- 12.00.- El ancho de la parte de mayor sección de la llanta.
- X, d, (-).- Indica que la llanta es convencional.
- 20.- Diámetro del rin.

En este tipo de nomenclatura para llanta convencional el perfil de aspecto o altura es del 100% del ancho de la llanta, por lo que se entiende que la llanta tiene el mismo alto que ancho.

### **2.5.2 Índice de Carga**

Este indicador da a conocer cuál es la carga máxima que tiene la llanta, y cuantos kilogramos puede cargar inflada a su máxima presión de aire.

En una llanta de camión 12R22.5, que generalmente se encuentra pareada el índice de carga indica 152/148 lo que quiere decir 3350kg en simple y 3150kg en dual. Estos valores están dados por la tabla de índices de carga, tabla 4 La baja de capacidad de carga de una llanta en dual se debe al calor que se genera entre las 2 llantas, pero de igual manera al formar un dual tendríamos una capacidad de 6300 kg por dual.

A continuación se muestra la tabla de índices de carga:

Tabla 4: Índice de cargas

LI	Kg	LI	Kg	LI	Kg	LI	Kg	LI	Kg	LI	Kg
80	450	100	800	120	1,400	140	2,500	160	4,500	180	8,000
81	462	101	825	121	1,450	141	2,575	161	4,625	181	8,250
82	475	102	850	122	1,500	142	2,650	162	4,750	182	8,500
83	487	103	875	123	1,550	143	2,725	163	4,875	183	8,750
84	500	104	900	124	1,600	144	2,800	164	5,000	184	9,000
85	515	105	925	125	1,650	145	2,900	165	5,150	185	9,250
86	530	106	950	126	1,700	146	3,000	166	5,300	186	9,500
87	545	107	975	127	1,750	147	3,075	167	5,450	187	9,750
88	560	108	1,000	128	1,800	148	3,150	168	5,600	188	10,000
89	580	109	1,030	129	1,850	149	3,250	169	5,800	189	10,300
90	600	110	1,060	130	1,900	150	3,350	170	6,000	190	10,600
91	615	111	1,090	131	1,950	151	3,450	171	6,150	191	10,900
92	630	112	1,120	132	2,000	152	3,550	172	6,300	192	11,200
93	650	113	1,150	133	2,060	153	3,650	173	6,500	193	11,500
94	670	114	1,180	134	2,120	154	3,750	174	6,700	194	11,800
95	690	115	1,215	135	2,180	155	3,875	175	6,900	195	12,150
96	710	116	1,250	136	2,240	156	4,000	176	7,100	196	12,500
97	730	117	1,285	137	2,300	157	4,125	177	7,300	197	12,850
98	750	118	1,320	138	2,360	158	4,250	178	7,500	198	13,200
99	775	119	1,360	139	2,430	159	4,375	179	7,750	199	13,600

Fuente: Manual de Reencauche Goodyear, Reencauchadora Europea, 2010.

### 2.5.3 Índice de Velocidad

Este dato indica la máxima velocidad que la llanta puede rodar en el ejemplo del gráfico 3.7 se encuentra la letra H, lo cual quiere decir que la llanta puede girar hasta 210Km/h, para el ejemplo de llanta 12R22.5, por lo general el índice de velocidad es J es decir 100Km/h.

A continuación se presenta la tabla 5 represente los índices de velocidad:

**Tabla 5: Índices de Velocidad**

Índice de velocidad	Velocidad en km/h	Índice de velocidad	Velocidad en km/h	Índice de velocidad	Velocidad en km/h
A1	5	D	65	Q	160
A2	10	E	70	R	170
A3	15	F	80	S	180
A4	20	G	90	T	190
A5	25	J	100	U	200
A6	30	K	110	H	210
A7	35	L	120	V	240
A8	40	M	130	ZR	>240
B	50	N	140	W	270
C	60	P	150	Y	300

**Fuente:** Manual de Reencauche Good Year, Reencauchadora Europea, 2010.

Para hallar el índice de carga y velocidad, se realiza un experimento en laboratorio, que consiste en montar una llanta sacada de la línea de producción, en un máquina que va a ser inflada a su máximo límite de presión, una vez alcanzada la máxima presión de inflado se procede a cargar peso sobre la llanta, y a aumentar su velocidad, una vez que la llanta explota, en ese valor se fijan los índices máximos.

#### **2.5.4 Presión de Inflado**

En el costado de la llanta se especifica cuál es la máxima presión de inflado en frío de la llanta, esta presión máxima de inflado debe ser tomada en cuenta con respecto a la carga que lleve el vehículo, si la carga no es la máxima la presión tampoco deberá serlo.

### **2.5.5 DOT (Department of Transportation)**

Significa que la llanta ha aprobado los estándares impuestos por el departamento de transportación de los Estados Unidos de Norte América.

### **2.5.6 Matricula**

Es un número de cuatro dígitos en el cual se indica en la semana y el año de la llanta ej.:

2408.- producida la semana 24 del año 2008.

## **2.6 CUIDADOS DE UNA LLANTA**

Con la finalidad de ahorrar dinero, ya sea logrando un mayor rendimiento por parte de la banda de rodamiento o para tener carcassas sanas que puedan ofrecer hasta tres reencauches es muy importante cuidar las llantas del vehículo.

Las llantas son el segundo rubro más costoso después del combustible en una flota de camiones, ya que por el alto costo de las mismas y la falta de cuidado se vuelve realmente importante que se eduque a los transportistas sobre el cuidado de las llantas.

### **2.6.1 Presión de Inflado**

Se debe chequear la correcta presión de aire de los neumáticos antes de cada viaje y considerando la carga que el vehículo va a transportar, esta medición se la debe realizar en frío para obtener un dato real.

### **2.6.2 Límite de Desgaste**

Para poder salvar una carcasa a tiempo se tiene que saber que el desgaste máximo del labrado no debe pasar el indicador de desgaste, el cual no es más

que un pequeño pupo de caucho que se encuentra a 1,6 milímetros del piso del labrado, cuando llegue el labrado hasta esa profundidad, se sabrá que es momento de sacar de servicio las llantas y enviarlas a reencauche.

### **2.6.3 Alineación**

Es muy importante tener siempre alineadas las llantas del vehículo en todos sus ángulos, ya que si un ángulo falla, en la llanta se verá desgaste prematuro en alguna de sus zonas y esto le restará vida útil al labrado e incluso en condiciones extremas puede llegar a afectar a la carcasa. La alineación del vehículo consiste en regular los ángulos “camber, caster, toe”, es decir se debe colocar las llantas en los ángulos provistos por el fabricante del vehículo, se realiza en una alineadora, y hoy en día es un trabajo muy preciso ya que se utiliza maquinaria de alineación por láser.

### **2.6.4 Balanceo**

El balanceo consiste en colocar pesas en los puntos más livianos del rin y la llanta, estos puntos son dados por una máquina balanceadora. Un correcto balanceo, a más de brindar seguridad al manejar el vehículo, previene que las llantas se gasten de manera irregular, con el fin de que la llanta no tenga en un punto de la circunferencia 5 milímetros de labrado, y en el punto contrario se encuentre por debajo del límite de desgaste. Y de igual manera previene la vibración del volante del auto cuando se llegan a altas velocidades.

### **2.6.5 Rotación**

De igual manera este procedimiento asegura que el desgaste de las llantas sea homogéneo, para alargar el tiempo y el recorrido útil de los neumáticos.

Todos estos pasos se los debe realizar con el fin de que el rendimiento de las llantas sea el máximo posible, esto significará un gran ahorro, ya que si se

realiza un trabajo de veinte dólares, que es lo que cuesta una alineación y balanceo, este valor representará una ganancia de por lo menos un mes de duración de las llantas, y esto significa una cantidad importante de dinero, de igual manera se gana mucho en seguridad ya que el vehículo se torna mucho más controlable, y no tendrá ninguna reacción extraña.

## **2.7 PROCESO DE REENCAUCHE**

El reencauche de llantas hoy en día a más de ser considerado un gran negocio a nivel mundial, es también considerado un gran método de reciclaje y disminución de desechos. Las llantas son uno de los mayores contaminantes que existen en el mundo, ya que tardan alrededor de mil años en degradarse y es por este motivo que para volver a darles una nueva vida útil se utiliza el reencauche, a más de ahorrar dinero se está aportando con el medio ambiente y con la sociedad en general, ya que los neumáticos desechados en quebradas son el hábitat perfecto para la proliferación de plagas como ratas y mosquitos, las mismas que suelen ser portadoras de enfermedades.

El reencauche de llantas es un proceso en el cual intervienen varios subprocesos, y cada uno de ellos es de vital importancia para lograr una llanta reencauchada que cumpla con los estándares de calidad y seguridad que el cliente requiere.

Una carcasa que no se encuentre en óptimas condiciones, a más de ser un riesgo para el nombre de la empresa, puede poner en riesgo la vida del conductor del vehículo y sus tripulantes, en el caso que sea un vehículo de transporte de pasajeros. Es por esto que todos los trabajadores deben ser consientes y deben tener la capacidad de rechazar una llanta en cualquier etapa del proceso en caso de encontrarse un defecto en la carcasa.

Para completar el proceso de reencauche de una llanta se debe cumplir nueve subprocesos que son:

- Inspección inicial
- Raspado
- Craterización
- Reparación
- Cementado
- Relleno
- Armado (embandado)
- Vulcanización
- Inspección final.

El proceso de reencauche de una llanta tiene como objetivo, retirar la banda de rodamiento antigua de una carcasa, para poder colocarle a ésta una nueva banda de rodamiento, con la finalidad de devolverle a la carcasa usada una nueva vida útil. Con esto se obtienen beneficios tanto a nivel ambiental como a nivel económico, debido a que al reencauchar una carcasa usada se colabora con el medioambiente porque las llantas desperdiciadas son uno de los mayores contaminantes, y desde el punto de vista económico una llanta reencauchada cuesta apropiadamente un 40% del costo total de una llanta nueva.

### **2.7.1 Tipos de Reencauche**

Existen dos tipos de proceso de reencauche:

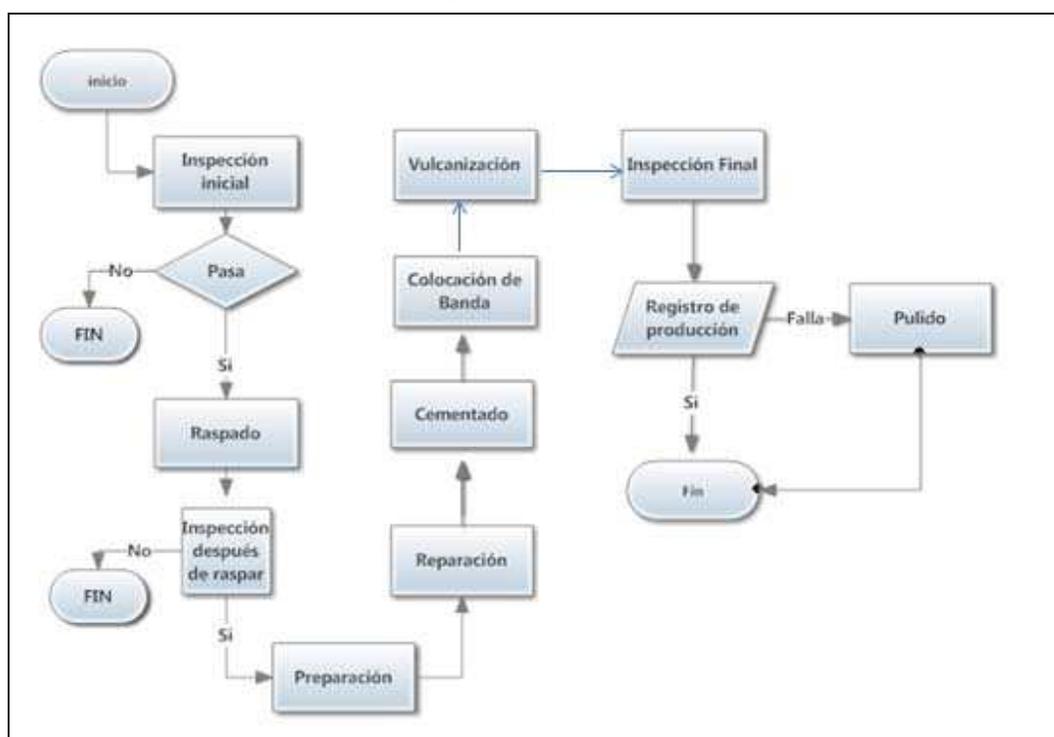
- Reencauche al frío
- Reencauche al caliente.

Para el fin de esta tesis se va trabajar en la mejora del reencauche al frío, ya que es más económico, más rápido, más flexible y ofrece mejores resultados que el reencauche al caliente. Además ocupa el 90% de la producción mensual de llantas en la empresa Reencauchadora Europea.

### 2.7.1.1 Reencauche al Caliente

El proceso de reencauche al caliente, es un reencauche que abarca desde la mitad de la pared de la llanta, pasando por la corona y termina en la mitad de la pared del otro lado. En este proceso se tiene como ventaja que la llanta no demuestra señal de haber sido reencauchada ya que abarca un 60% de la llanta. Con la finalidad de entender de qué se trata este tipo de reencauche se dará una breve explicación de los subprocesos del mismo, como se puede observar en el gráfico 12.

Gráfico 12: Diagrama de flujo del proceso de reencauche al caliente



Fuente: Los autores

- **Inspección Inicial:**

Tiene como objetivo principal seleccionar las carcasas que son aptas para reencauche.

- **Raspado:**

En esta etapa se empieza a diferenciar del proceso de reencauche al frío, ya que en el raspado de llantas al calor, el radio de raspado de la llanta es un raspado redondo ya que no solo se raspa la corona si no que también las paredes de la llanta, esta etapa tiene como finalidad remover todo el caucho quemado y oxidado, con el fin de brindar una textura adecuada para la adhesión del nuevo material de caucho que se convertirá en la futura banda de rodamiento.

- **Cardeo o Craterización:**

Se repara todas las zonas que no alcanzó el raspado, se limpia todas las reparaciones con el fin de eliminar puntas sueltas de nylon o de alambre y se remueve todo el óxido y partes de caucho que se hayan quemado, también se realiza una inspección profunda de la llanta, con el fin de no desperdiciar material en caso de que la carcasa no se encuentre en condiciones de continuar con el proceso.

- **Reparación:**

Se procede a parchar todos los daños que pueda presentar la llanta.

- **Armado:**

En esta etapa se ve una de las diferencias más grandes con el reencauche al frío, ya que a la llanta no se le aplica una banda pre curada, si no que se extruye una tira de caucho no vulcanizado llamado *Camelback*, el mismo que cuenta con las especificaciones de profundidad requeridas por cada llanta, y se la embanda en la misma máquina, el resultado obtenido es muy similar a una llanta *slick*, la cual se encuentra lista para entrar al molde.

- **Vulcanización:**

En esta etapa es realmente donde se diferencia todo el proceso, ya que estas llantas entran en moldes individuales, los cuales tienen en su interior el diseño a grabar en la llanta, la temperatura de estos moldes es de 150°C y cada llanta debe permanecer por una hora y media aproximadamente dependiendo de la medida de la llanta y de la profundidad del labrado.

### **2.7.1.2 Reencauche al Frío**

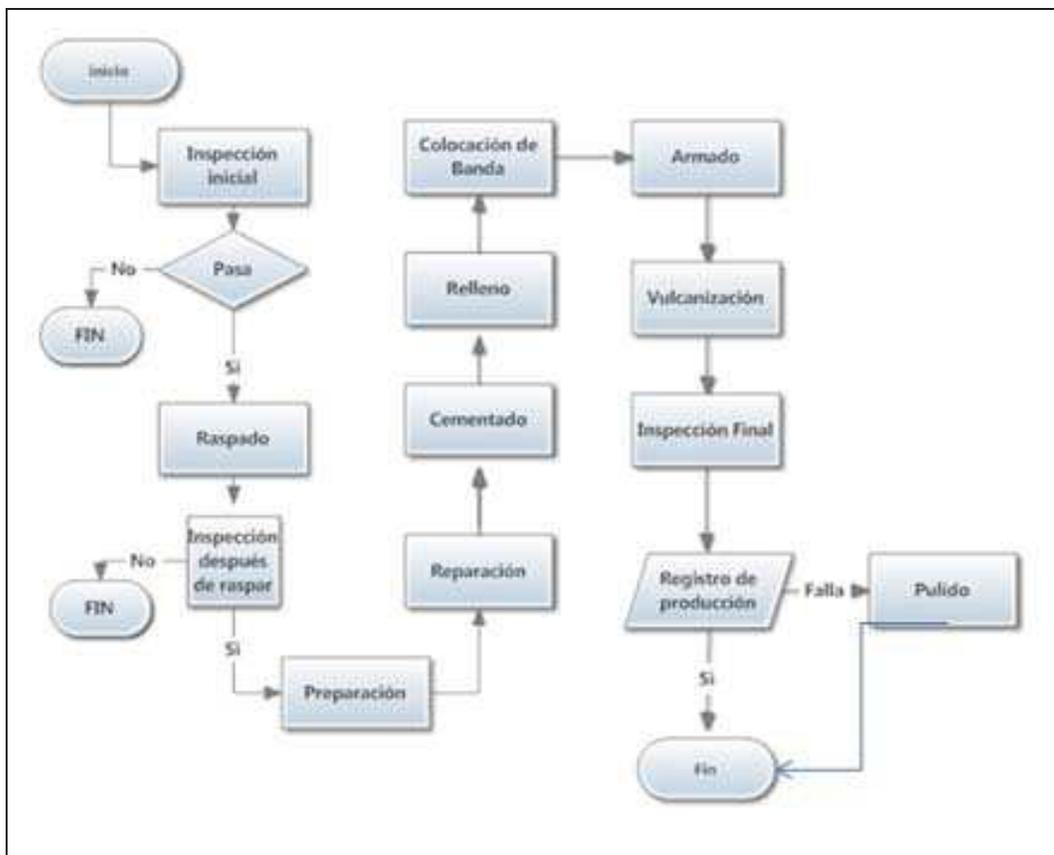
En este proceso se coloca una banda pre curada a la carcasa previamente trabajada.

El proceso de reencauche al frío en Reencauchadora Europea cumple con nueve pasos que son:

- Inspección inicial
- Raspado
- Craterizado
- Reparación
- Cementado
- Relleno
- Armado
- Vulcanización
- Inspección final

Como se puede apreciar en el grafico 13.

Gráfico 13: Diagrama de flujo del proceso de reencauche al frio



Fuente: Los autores

- **Inspección inicial:**

Se seleccionan las carcasas que son aptas para ser reencauchadas, se debe tomar en cuenta que las llantas deben estar en óptimas condiciones para poder soportar un reencauche.

- **Raspado:**

Se elimina todo el caucho antiguo de la banda de rodamiento, y se da un radio de raspado y una textura adecuada para que el material a ser colocado se adhiera correctamente.

- **Craterización:**

En esta etapa del proceso se trabaja todos los daños que no fueron alcanzados por el raspado, es un trabajo manual que requiere de mucho tiempo y destreza por parte de los obreros, y es un punto crítico en el proceso de reencauche.

- **Reparación:**

Se procede a aplicar unidades de reparación que se requiera con el fin de devolverle a la llanta las características que tenía antes de sufrir algún daño. Esta reparación se la realiza mediante la aplicación de parches, los cuales deberán ser colocados según la tabla de aplicación.

- **Cementado:**

Se procede a aplicar un cemento de composición especial a las llantas trabajadas con el objetivo de protegerlas de la oxidación y de igual manera para lograr una correcta vulcanización.

- **Relleno:**

Este subproceso busca tapar todas las reparaciones realizadas, se lo debe hacer con el fin de brindar una superficie uniforme donde apoyar la nueva banda de rodamiento, y de eliminar cualquier burbuja de aire que pueda llegar a afectar el proceso.

- **Embandado:**

Se procede a colocar la nueva banda de rodamiento sobre la carcasa trabajada.

- **Armado y Vulcanizado:**

Se forra las llantas armadas con un *envelop* (Cámara de cocedura externa) y se coloca una cámara de cocedura, luego se ingresan las llantas en autoclaves, los mismos que mediante temperatura y presión durante un tiempo determinado, vulcanizan las llantas con el fin de lograr una unión a nivel molecular de la carcasa y la nueva banda de rodamiento.

- **Inspección Final:**

Se revisa que todo el proceso haya resultado de la mejor manera y que las llantas que se van a entregar a los clientes cumplan con los estándares de calidad ofrecidos por la empresa.

## **2.8 DIFERENCIAS ENTRE REENCAUCHE AL FRÍO Y AL CALOR**

La principal diferencia entre los dos tipos de reencauche, es que el reencauche al frío se lo realiza colocando una banda de rodamiento precurada la cual esta previamente labrada, mientras que en el reencauche al caliente se le aplica a la llanta una banda de caucho crudo y se le da el labrado mediante moldes, otra de las diferencias importantes es que en el proceso de reencauche al frío se trabaja solo la corona de la llanta, mientras que al calor se trabaja la corona y los costados de la misma, incluso hay nuevos procesos al calor que reencauchan la llanta de talón a talón.

Otra de las diferencias importantes es que el reencauche al frío se lo realiza a máximo ciento diez grados centígrados (110° C), mientras que el reencauche al caliente se lo hace a ciento cincuenta grados centígrados (150° C).

### **3 CAPITULO III. LEVANTAMIENTO DE PROCESOS**

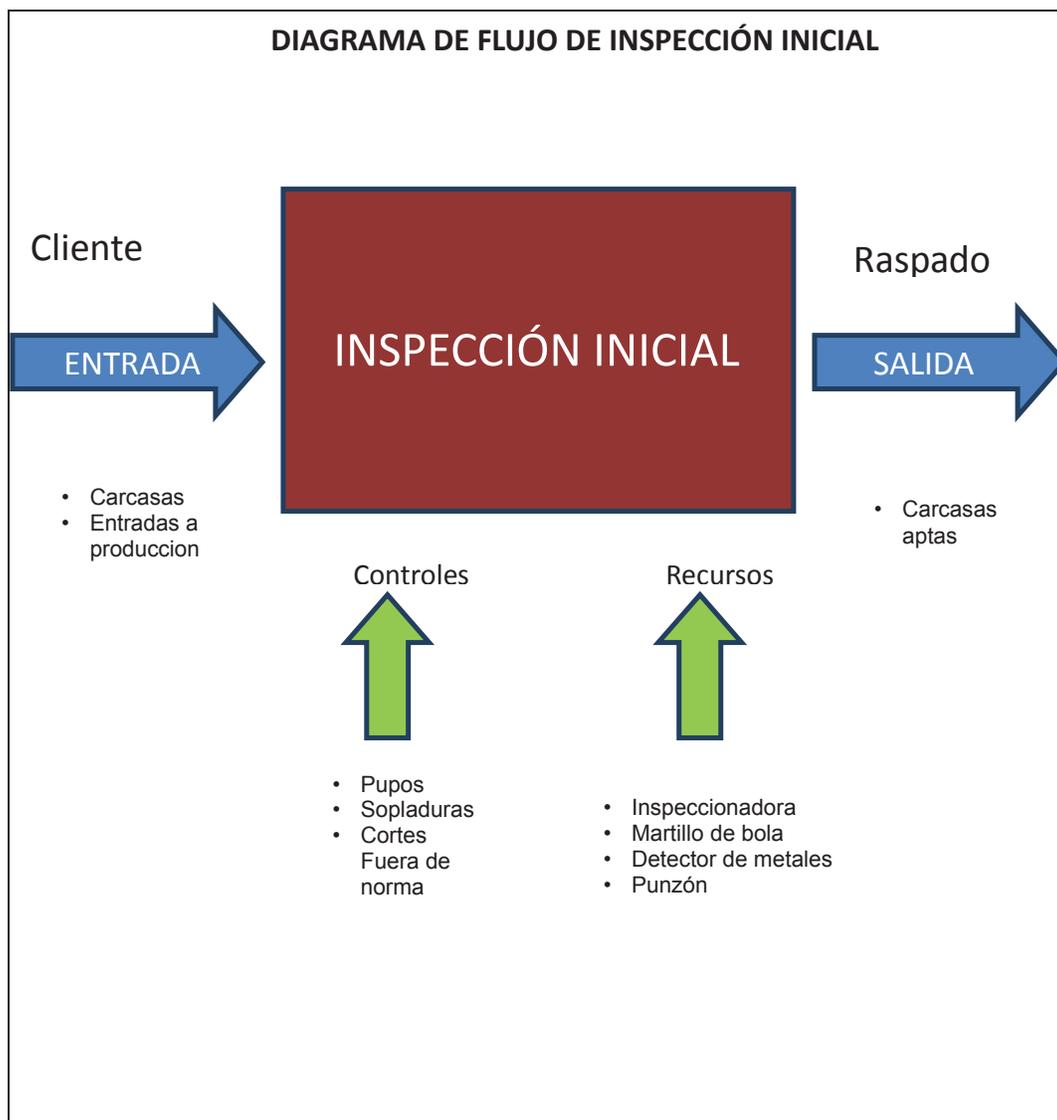
#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS**

##### **3.1.1 Inspección Inicial**

Este proceso tiene como finalidad seleccionar aquellas carcasas que estén aptas para ser reencauchadas, que no presenten defectos de fabricación, daños no reparables, edad excesiva, y en general que estén en condiciones de soportar una nueva vida útil.

Este proceso es de vital importancia ya que cada llanta aceptada lleva el nombre de la empresa, y si no hay una buena inspección inicial, el nombre de la empresa puede perder prestigio si las carcasas están en mal estado y no cumplen con su nueva vida de trabajo, y de igual manera pueden poner en riesgo la integridad y la seguridad física de los clientes.

Gráfico 14: Diagrama de flujo de inspección inicial



**Fuente:** Los autores

Entradas a producción son hojas de producción que se crean para iniciar el proceso.

Para el proceso de inspección inicial se requiere del siguiente equipo y herramienta:

- Máquina separadora de llantas
- Iluminación correcta

- Martillo de bola
- Punzón o lezna
- Pinza
- Detector de metales
- Crayón o tiza de cera.
- Taladro.

El proceso empieza cuando el trabajador monta la llanta en la máquina que procede a separar la llanta para permitirle al trabajador realizar una inspección visual, tanto al interior como al exterior de las llantas, una vez realizada la inspección visual de la llanta se procede a buscar sopladuras, que son separaciones entre lonas si la llanta es convencional, o pliegos de caucho y cinturones de acero, si la llanta es radial, para encontrar dicho defecto se procede a golpear repetitivamente con el martillo de bola en la parte interior de la llanta en la zona de los hombros y en ambos lados de la llanta. Esto se realiza ya que la única manera de encontrar una sopladura es por el sonido que produce, el cual es característico ya que una sopladura es una burbuja de aire.

Si la llanta a inspeccionar es una llanta radial se procede a buscar si la llanta tiene protuberancias en la pared, los más conocidos pupos, esto se realiza haciendo girar a la llanta y pasando los dedos por la pared de la llanta en la parte externa, en busca de protuberancias, una vez realizado y descartando la presencia de pupos se procede a utilizar el detector de metales, que producirá una chispa si se encuentra algún alambre expuesto, si la llanta pasa estos puntos es marcada y puede seguir el proceso.

Si la llanta es convencional, después de haber sido golpeada se procede a revisar la parte externa, donde se ve que no tenga cortes y si es apta se procede a ventilarla. Lo que se busca al ventilar la llanta es que no se produzcan sopladuras durante el proceso, ventilar una llanta no es más que realizar pequeñas perforaciones no pasantes en la pared de la llanta a la altura del hombro y unos 5 cm por encima de la ceja o cerco, al realizar estas

perforaciones se logra que el aire fluya y no quede atrapado dentro de la llanta, con el fin de que la llanta no se sople.

La llanta aprobada lleva la firma del inspector en su interior, y se señala cualquier defecto que pueda tener.

Las marcas utilizadas son las siguientes:

- #- Hueco de clavo.
- T.- Reparación mayor
- ( ).- Pupo

Los principales motivos para rechazar una carcasa son:

- Sopladuras
- Cortes fuera de especificación
- Daños en la zona no reparable
- Daños por sobrecarga o rodada a baja presión
- Contaminación por derivados de petróleo
- Oxidación excesiva
- Cejas cristalizadas
- Exposición de alambres en la ceja
- Presencia de pupos
- Exposición de cinturones de acero o lonas fuera de especificación

Una vez que la llanta ha sido aprobada se procede a archivarla en filas de 10 llantas de altura como máximo, las llantas que por los motivos antes mencionados no son aprobadas son entregadas al cliente para que se encargue de ellas.

La llanta es transportada del área de bodega hacia la planta de producción, en cada viaje de llantas grandes (rin 20 o 22.5) se llevan aproximadamente 60

llantas, las cuales al ser descargadas del camión de transporte, son inspeccionadas visualmente. Las llantas son clasificadas de acuerdo a su medida, cabe destacar que se realizan viajes por separado según el tipo de llantas, es decir se baja llantas radiales, convencionales y pequeñas (hasta rin 16) por separado.

Una vez clasificadas las llantas se procede a la siguiente etapa.

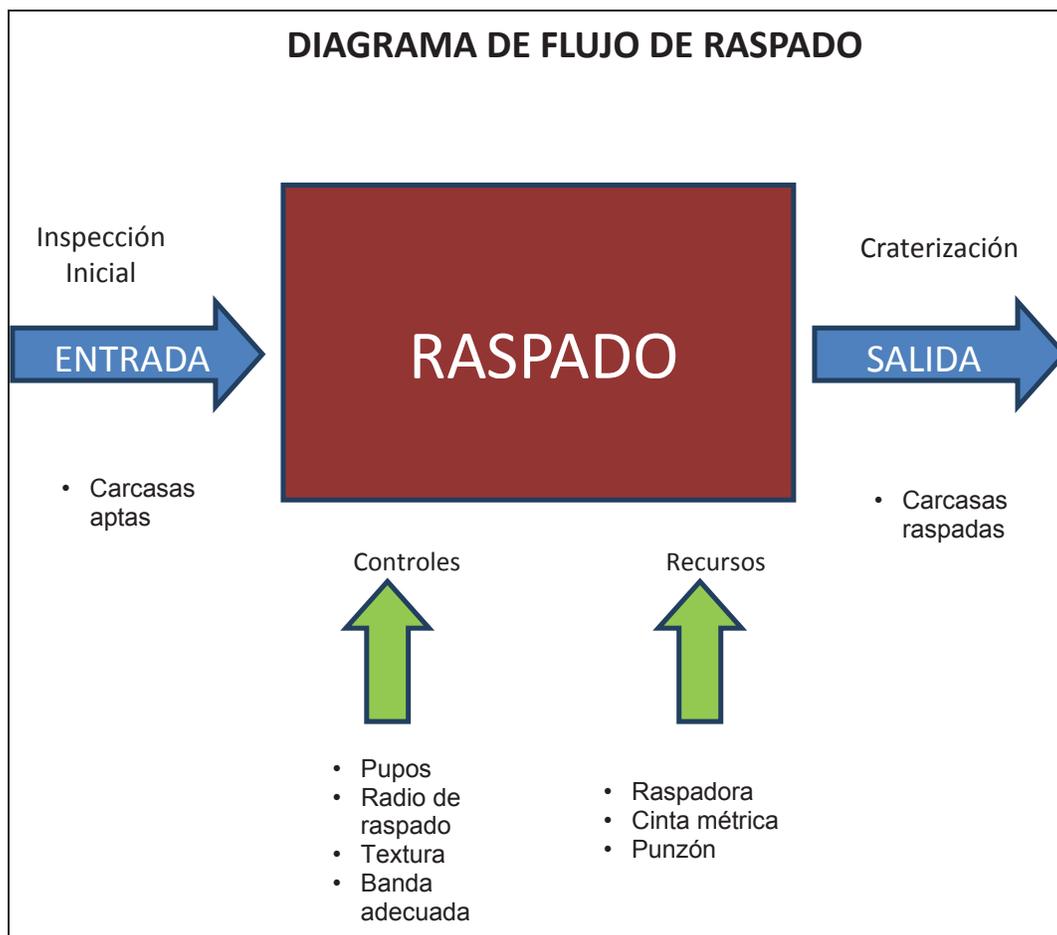
### **3.1.2 Raspado**

Para este proceso se requiere la siguiente maquinaria y herramientas:

- Raspadora
- Punzón
- Cinta métrica.
- Coche

Reencauchadora Europea cuenta con 3 raspadoras, una semiautomática en la que se raspan sólo llantas radiales; una manual grande en la que se raspan llantas convencionales, y se saca capas de protección de las llantas radiales si hace falta y una raspadora de llantas para ser procesadas al calor que es más pequeña y logra un radio casi completo de raspado.

Gráfico 15: Diagrama de flujo del raspado



Fuente: Los autores

El raspado se lleva a cabo en una máquina llamada raspadora, en la cual se monta la llanta en un aro expansible, en el caso de que la llanta sea radial se la raspa en una máquina semiautomática, lo primero que se realiza es inflar la llanta a una presión de trabajo real, 120PSI para luego hacerla girar con el fin de detectar pupos, si la llanta presenta dicho defecto es rechazada, si no presenta protuberancias se procede a desinflar hasta que llegue a una presión de trabajo de 30PSI. Una vez que se tiene la llanta en presión, se procede a rasparla, un cabezal con cuchillas de tungsteno se pone en contacto directo con la llanta girando que empieza a desbastar la superficie de la banda de rodamiento, una vez que se logró un contacto se hace recorrer al cabezal de un lado a otro de la corona de la llanta, cada vez que se hace una pasada se puede profundizar un milímetro en el desbaste. Esta operación se la debe

realizar las veces que sean necesarias, con el objetivo de dejar un bajo piso de aproximadamente 2 milímetros de caucho, este proceso se realiza con el objetivo de remover la suficiente cantidad de caucho de la superficie que va a recibir la nueva banda de rodamiento, también se busca dar a esta superficie la textura adecuada en este caso RMA3 o RMA4 (por sus iniciales en inglés RMA ***Rubber Manufacture Association***), con el fin de que se brinde máxima adhesión. Otro objetivo de este proceso es dar a la llanta una correcta curvatura en su corona, también llamado radio de raspado, esto se logra ya que la máquina tiene una matriz para cada medida de llantas.

Una vez que se ha conseguido la medida de 2 milímetros de caucho en la corona, se procede a medir la circunferencia de la llanta, esto se realiza fácilmente ya que la máquina cuenta con un vástago el cual da la medida de la llanta, una vez medida se anota su distancia en la pared de la misma llanta con el crayón de cera, de igual manera se compara el ancho de la corona con el tamaño de banda adecuado y de igual manera se anota, una vez raspada la llanta no puede ser rodada ya que en este punto se encuentra libre de suciedad e impurezas y la llanta se debe tener lo más limpia posible; este proceso se da para las llantas radiales.

Para las llantas convencionales, se lleva los neumáticos a otra raspadora que no es tan moderna ya que las llantas convencionales no requieren de tanto cuidado y exactitud como requieren las radiales.

La máquina a la que se la lleva es una raspadora manual, en la que el operador da el radio de raspado haciendo acercar o alejarse al aro expansible con la llanta, del cabezal de raspado, dependiendo del estado de la llanta, en este tipo de llantas se omite la búsqueda de protuberancias ya que en las llantas convencionales no se forman pupos. De igual manera se infla la llanta a 30PSI, y el proceso es similar, sólo que la aproximación de la llanta se la realiza manualmente.

Se debe dejar la misma textura RMA 3 o 4 y la misma medida de 2 milímetros de caucho en el bajo piso.

Una vez que las llantas han sido raspadas pasan a espera, son archivadas y luego seleccionadas por el personal para ser trabajadas.

Se separa las llantas radiales de las convencionales.

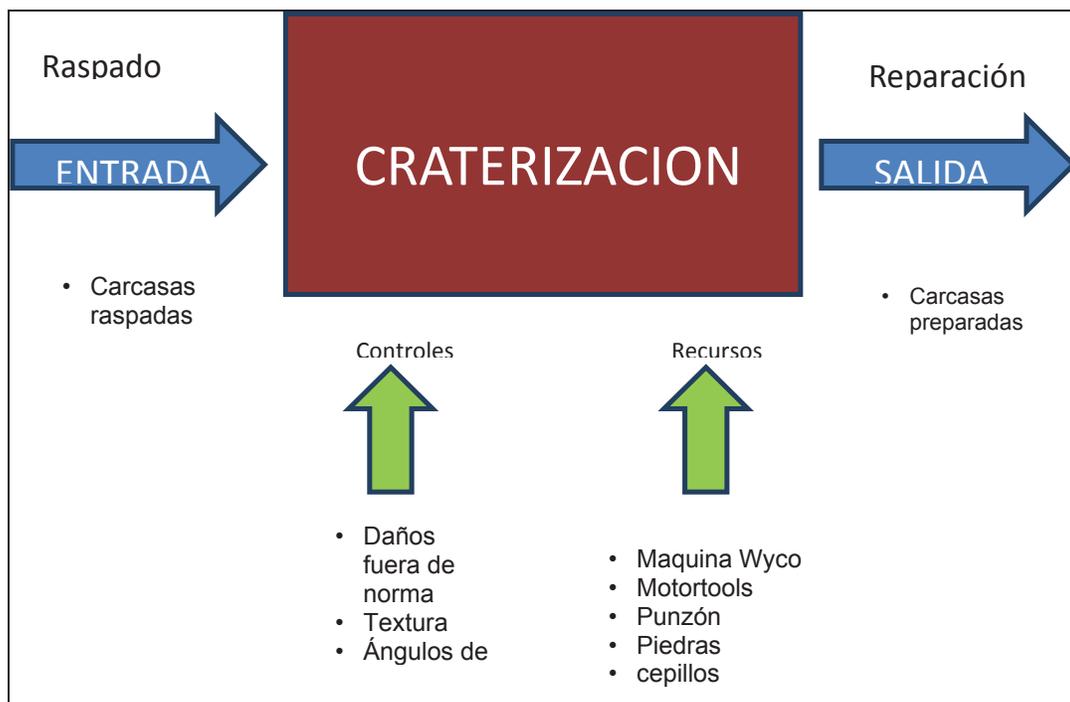
### **3.1.3 Craterización y Cardeo**

Para llevar a cabo esta operación se utiliza:

- Máquina Wico (*Motor tools* eléctricos de bajas revoluciones)
- *Motortools* de aire de altas revoluciones
- Piedras de corte
- Discos de corte
- Cepillos de alambre
- Cepillos encapsulados
- Porta clavos
- Clavos
- Punzón
- Cinta métrica

Esta etapa debe cumplirse tanto para llantas radiales como convencionales; y tiene el mismo objetivo para los dos tipos de llanta, el cual es reparar todas las imperfecciones de la llanta a las que no pudo llegar el raspado.

Gráfico 16: Diagrama de flujo del craterizado



Fuente: Ibarra, Andrea; Nastasi, Stefano, 2011.

Al ser seleccionada por el trabajador la llanta se lleva cargada hasta el stand de trabajo que no es más que rodillos donde se introduce la llanta. La llanta después de haber sido raspada no debe ser rodada para no ensuciarla.

Una vez que la llanta ha sido montada en el stand se procede a realizar una inspección con el punzón, que se realiza introduciendo el punzón en todos los daños que se encuentren con el objetivo de identificar daños no reparables, si la llanta es apta se procede a destapar todos los puntos de la llanta donde se observen alambres o lonas sueltas según sea el tipo de llanta. Esta primera fase se la realiza utilizando la máquina Wico, a bajas revolución es y con la herramienta de corte llamada porta clavos, la cual es muy agresiva y desbasta rápidamente el caucho para llegar al daño. Una vez que se llegó al daño, se cambia de herramienta a la piedra de corte y el *motortool* de alta velocidad, con esta herramienta se procede a cortar todas las puntas de alambres sueltos con el fin de no dejar ningún espacio vacío donde pueda quedar aire atrapado.

Este proceso quema mucho caucho alrededor de donde se realiza el corte de alambres, y cabe recalcar que el caucho quemado pierde todas las características de adherencia, es por esto que se procede a eliminar todo el caucho quemado con la máquina de bajas revoluciones, pero ahora en vez de utilizar los clavos se procede a utilizar un cepillo de alambre, o de igual manera un cepillo de alambre encapsulado, que remueve el caucho quemado y texturiza el área trabajada, en este caso la textura remanente en las reparaciones debe ser RMA 2 (que es una textura muy fina).

Una vez que las llantas han sido trabajadas, se debe colocar una solución metálica, que permite una adherencia entre el caucho y el alambre en el caso de las llantas radiales, mientras que en las llantas convencionales es suficiente la solución que se produce en la planta.

#### **3.1.4 Reparación**

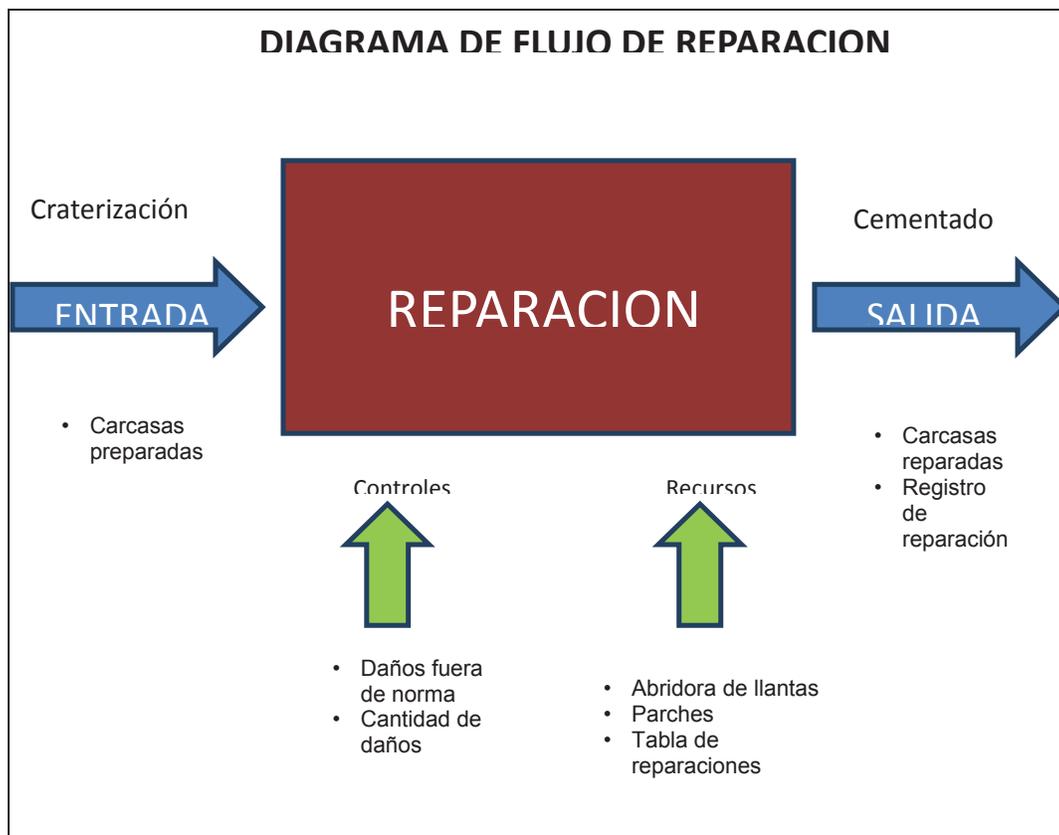
Para esta etapa del proceso se requiere:

- *Motortool* de aire de bajas revoluciones,
- Piedra de grano grueso.
- Piedra de grano fino.
- Unidades de reparación (parches).
- Stitcher.
- Tijeras.
- Cojín.

El objetivo de esta etapa es colocar las unidades de reparación (parches) que la llanta requiera, cabe recalcar que una unidad de reparación no solo cumple la función de evitar la pérdida de aire, sino devolver a la llanta las características estructurales que tenía cuando no presentaba perforaciones. Para la correcta instalación de un parche se debe consultar qué parche se

debe utilizar, recurriendo a una tabla de parches en la cual se indica el tamaño del daño y la zona de la llanta en la que se encuentra.

Gráfico 17: Diagrama de flujo de reparación



Fuente: Los autores

En el caso de que la llanta sea radial se debe colocar un parche específico para este tipo de neumático, que debe ser colocado de talón a talón siguiendo el sentido de las cuerdas afectadas.

Si la llanta es convencional se debe utilizar un parche diagonal siguiendo el ángulo de las lonas. Cuando se trata de simples perforaciones realizadas por clavos, en las que no se ha provocado un daño estructural, simplemente se coloca un parche para este tipo de daño. En la planta se utilizan dos marcas de parches:

- Vipal
- Vulcaflex

Cabe recalcar que ambas marcas son de fabricación brasilera, y brindan soporte técnico como son: cursos de parchado y reparación.

Una vez que la llanta ha pasado estas etapas se lleva un registro del tipo de parche utilizado en cada llanta.

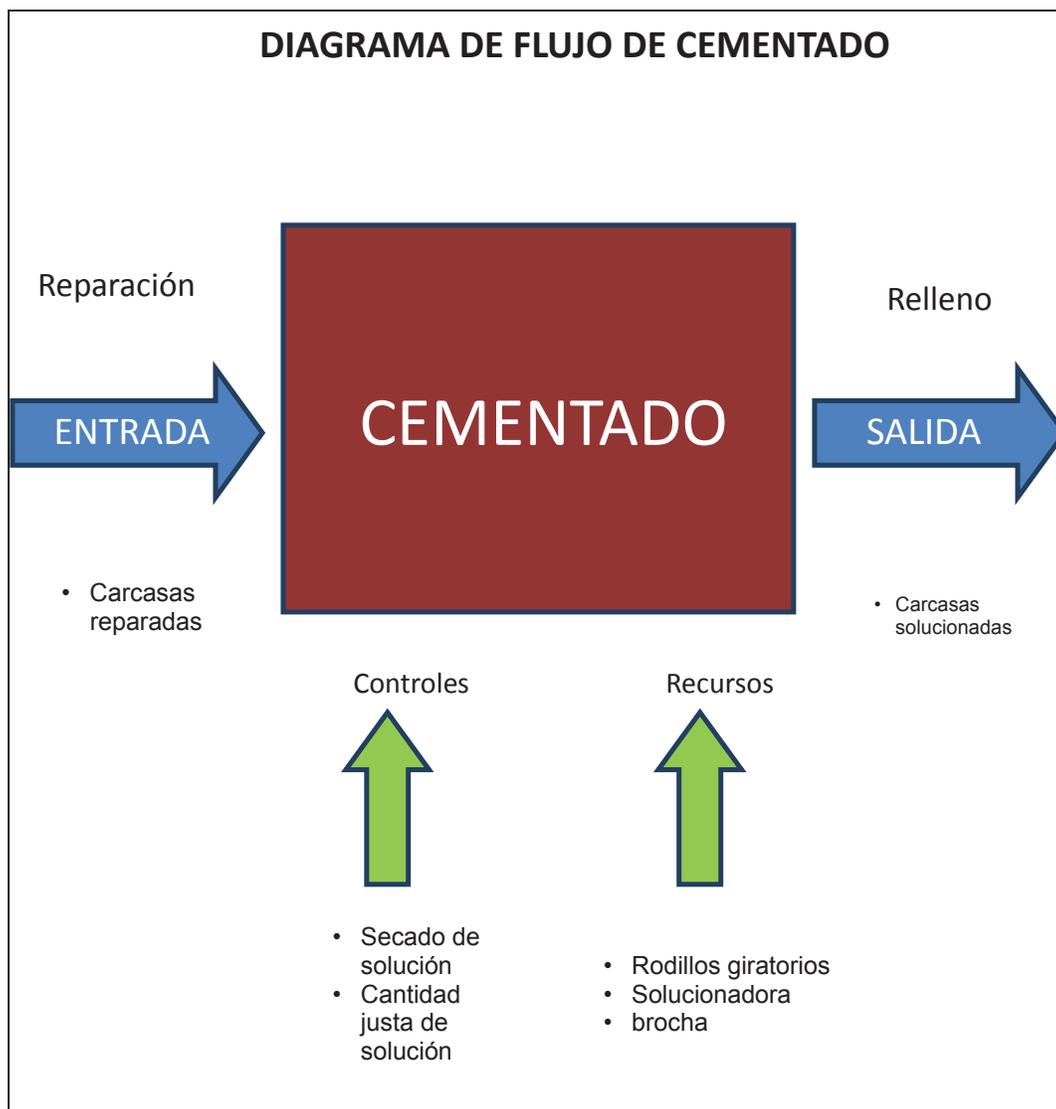
### **3.1.5 Cementado**

Para esta etapa se utilizan las siguientes herramientas:

- Rodillos giratorios
- Soplete
- Cemento
- Brocha

Esta etapa tiene como objetivo principal brindar a la llanta previamente trabajada una capa de protección contra la oxidación en las cuerdas expuestas de la llanta.

Gráfico 18: Diagrama de flujo de cementado



**Fuente:** Los autores

Otro factor importante del cementado es brindar adherencia a los materiales que se van a utilizar posteriormente y de igual manera ayuda a obtener una correcta vulcanización.

Este proceso empieza con la fabricación del cemento que lo realiza la misma empresa con el objetivo principal de tener disponibilidad inmediata y en las cantidades necesitadas (la composición del mismo es un secreto empresarial). Una vez que el cemento se encuentra listo se monta las llantas en un caballete

giratorio y se rocía el cemento sobre la corona de éstas con un soplete; el exceso se remueve con una brocha, cabe recalcar que el cemento debe ser colocado sobre todas las aéreas que hayan sido trabajadas y que se encuentre caucho fresco expuesto, es decir se debe cementar también las áreas de reparación que se encuentren en los costados de la llanta.

Una vez colocado el cemento se lo debe dejar secar. El tiempo se debe tomar en cuenta según la humedad de ambiente, pero se considera como estándar 15 minutos en la ciudad de Quito.

Una vez que se ha secado el cemento se coloca las llantas en caballetes para proceder al siguiente paso.

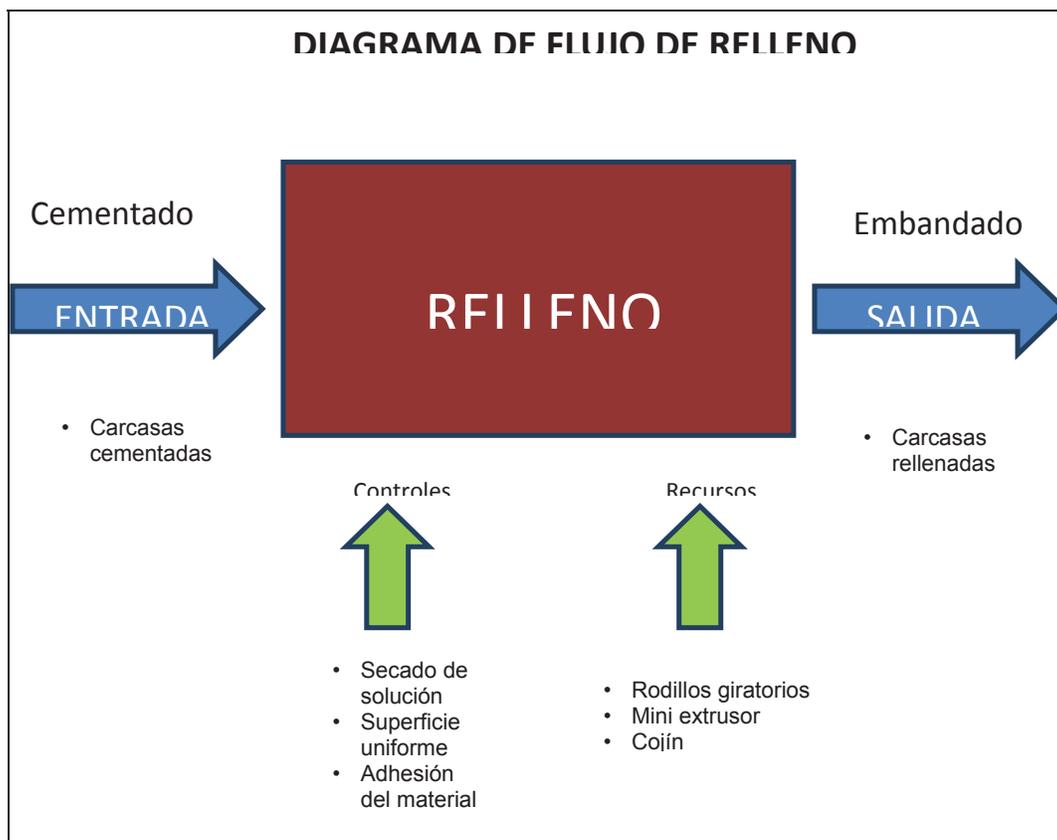
### **3.1.6 Relleno**

En esta etapa se utilizan las siguientes herramientas:

- Mini extrusor
- Cordón de relleno
- Caballete con rodillos giratorios

Este punto tiene como objetivo rellenar todas las excavaciones que se hicieron en la llanta con el fin de obtener una superficie uniforme para asentar la nueva banda de rodamiento; y de igual manera para evitar que pueda quedar alguna burbuja de aire en alguna de las excavaciones.

Gráfico 19: Diagrama de flujo del proceso de relleno



Fuente: Los autores

Para este proceso se utiliza un mini extrusor manual, alimentado con cojín (llamado cordón de relleno), ya que su presentación es diferente al cojín de vulcanización, pero se trata del mismo material.

El operario debe colocar la llanta previamente solucionada (cementada) en un caballete, y aquí procede a hacer una inspección visual rápida para asegurarse que la llanta es apta para seguir con el proceso; una vez que la llanta es inspeccionada y es considerada apta el operario procede a rellenarla.

El trabajador calienta el mini extrusor hasta 70°C con el fin de que el cojín llegue al punto en donde se encuentra muy flexible, una vez obtenida la temperatura se procede a aplastar la boquilla del extrusor contra las excavaciones, se presiona un gatillo que activa el mini extrusor para empezar a

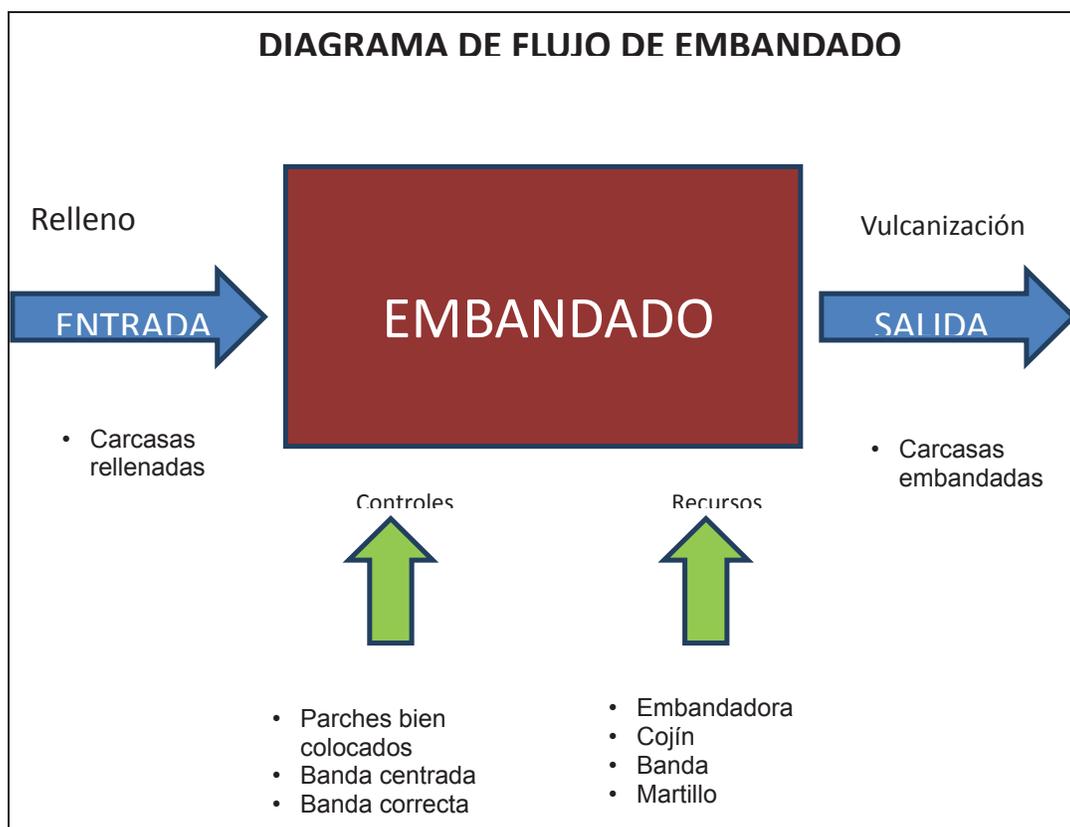
sacar material, una vez que comienza a salir el material el operario hala el mini extrusor siempre manteniendo la presión y logra la superficie uniforme y el recubrimiento de las excavaciones.

### 3.1.7 Embandado

Esta etapa tiene como objetivo la colocación de la nueva banda de rodamiento en la llanta trabajada.

Lo primero que se hace en esta etapa, es cortar y preparar la banda seleccionada para la llanta, esto se lo realiza en una mesa de corte, donde se ve en la llanta el labrado que ha sido seleccionado por el cliente, y se mira de igual manera el largo de banda y el ancho de la misma que ha sido escrito en el costado de la llanta por el raspador.

Gráfico 20: Diagrama de flujo del proceso de embandado



Fuente: Los autores

En Reencauchadora Europea hay dos procesos de armado:

- Llanta pequeña hasta rin 17.
- Llanta grande hasta rin 22.5.

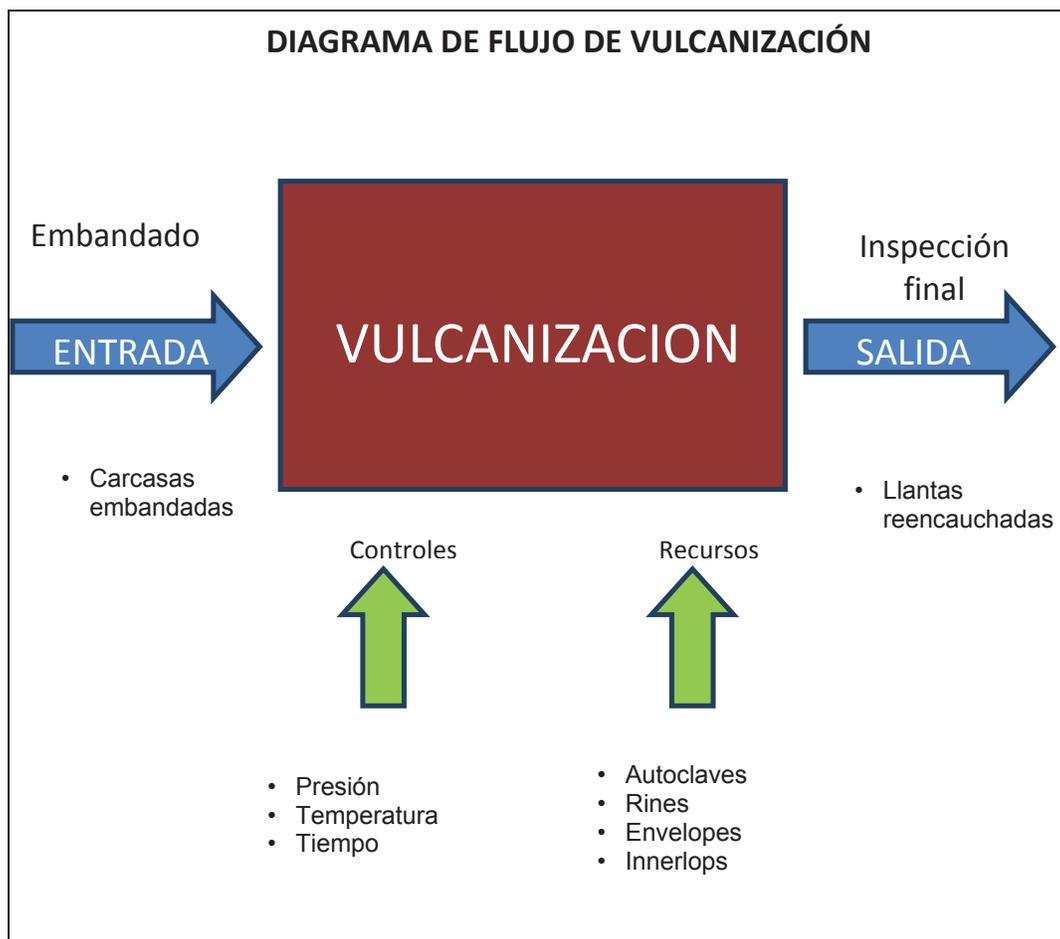
### **3.1.7.1 Llanta Pequeña**

Esta operación se realiza en una embandadora manual, para ello la banda debe ser previamente cortada a medida y se debe colocar el cojín de vulcanización en la banda. Con la banda lista el operario procede a colocar la llanta sobre un aro expansible, que se abre hasta el rin de la llanta. Se infla la llanta hasta 30PSI y se coloca la banda sobre la llanta pero ubicando un plástico de protección ya que esta primera pasada es simplemente una prueba para ratificar que la banda está cortada con la medida adecuada. Una vez que se ha comprobado esto se procede a retirar el plástico. Se coloca una punta de la banda sobre la llanta y empieza a girar el aro expansible y el trabajador centra visualmente la banda con el fin de que se encuentre recta, una vez que se ha colocado correctamente la banda, se presiona a la llanta contra un rodillo fijo, para asentarla correctamente y sacar el aire que haya podido quedar atrapado. Una vez realizada la rodillada se coloca un plástico sobre la llanta, que recibe cortes de ventilación, y de igual manera se coloca un trapo en la ventana principal del plástico, que ayuda a remover los envelopes una vez que la llanta ha sido vulcanizada.

### **3.1.8 Vulcanización**

Esta etapa es la más importante del proceso de reencauche ya que si la vulcanización no es perfecta todos los procesos anteriores no servirán de nada, porque no se logrará vulcanizar todo el caucho colocado.

Gráfico 21: Diagrama de flujo del proceso de vulcanización



Fuente: Los autores

Reencauchadora Europea cuenta con tres autoclaves, dos de estas utilizan el sistema con aros, mientras que el tercero utiliza el sistema de *innerlops*.

### 3.1.8.1 Sistema con Aros

Los trabajadores deben colocar el *envelop* a la llanta armada, esto se coloca a manera de una funda; luego se coloca la cámara (tubo) en la parte interna de la llanta con el fin de inflar la misma y se procede a armar la llanta en un aro, el mismo que es de cierre rápido es decir que el aro tiene dos partes que se acoplan para lograr un cierre. Una vez montada la llanta en el aro se procede a montarla en un monorriel a la espera de entrar a la autoclave.

Cuando las llantas empiezan a entrar en la autoclave se debe comprobar el correcto armado de las mismas mediante una bomba de vacío, las llantas armadas deben mantener el vacío.

Una vez que las llantas ingresan a la autoclave se procede a colocar las presiones de aire y temperatura adecuadas, por el tiempo requerido.

Cabe recalcar que al armar la llanta en el *envelop* se coloca un plástico protector alrededor de toda la corona de la llanta y hasta la mitad de la pared, y de igual manera se coloca un trapo de 20 cm cuadrados, el trapo facilita la retirada del aire que se encuentre dentro del *envelop* con el fin de facilitar el sellado al vacío, y el plástico evita que el *envelop* se pegue a la llanta.

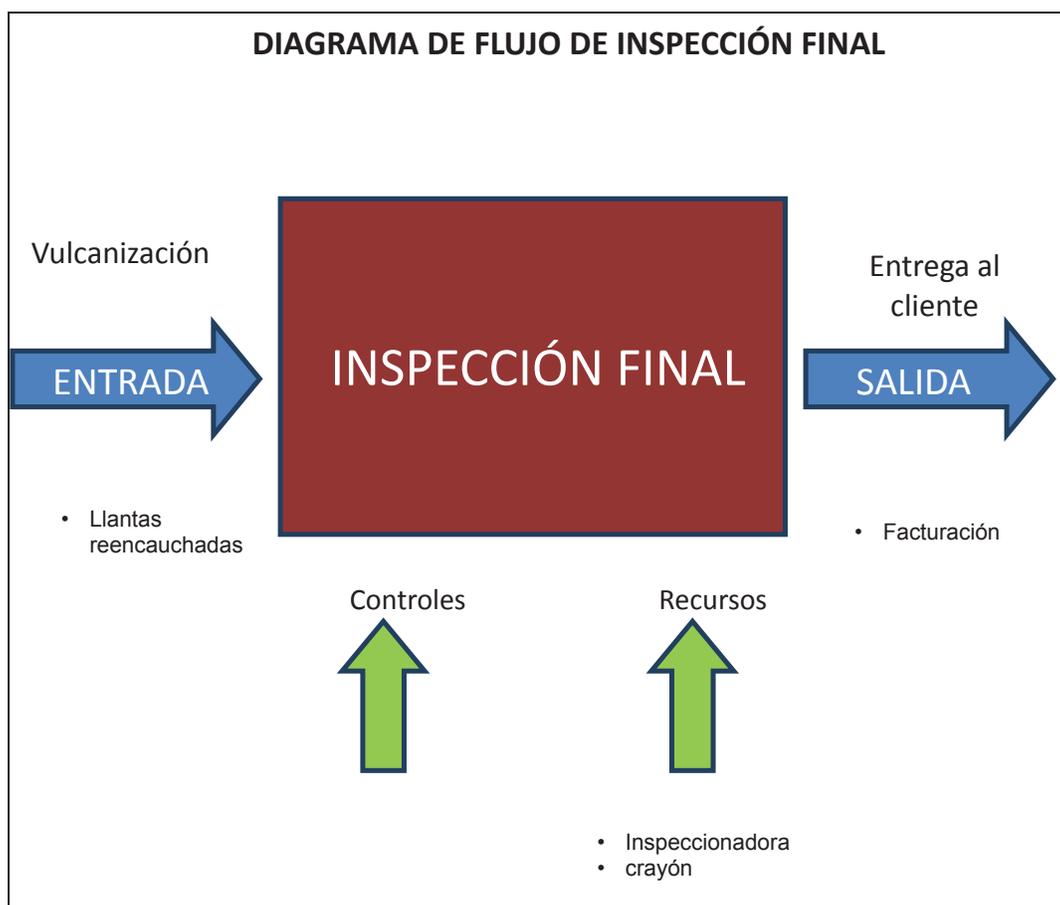
### **3.1.8.2 Sistema Innerlops**

En este sistema no se utilizan aros, simplemente se coloca un *envelop* y un *envelop* interno también llamado *innerlop*, este sistema tiene la ventaja de que no requiere tanto tiempo para realizar la vulcanización, ya que la transferencia dentro del autoclave es más rápida y por ende el tiempo de vulcanización disminuye, la falencia de este método es que sólo sirve para llantas radiales y que ocupa mucho espacio, ya que las llantas deben ser montadas sobre una plataforma que ocupa un gran espacio dentro del autoclave y disminuye en tres llantas la capacidad del mismo; es decir, si en un autoclave con capacidad para veinte llantas se aplica este sistema, sólo se podrán colocar diecisiete gomas.

### **3.1.9 Inspección Final**

Esta es la última etapa del proceso de reencaucha el frío.

Gráfico 22: Diagrama de flujo del proceso de inspección final



Fuente: Los autores

El operario encargado retira el plástico de las llantas que salieron de la autoclave y las transporta rodándolas hasta la máquina inspeccionadora, donde debe verificar los siguientes puntos:

- Que la llanta se encuentre correctamente vulcanizada
- Que la banda haya sido bien colocada
- Que la unión de la banda esté correctamente realizada.
- Que los parches se hayan vulcanizado adecuadamente
- Que la llanta no haya sufrido una sopladura durante el proceso
- Que los rellenos en las reparaciones laterales y de cercos estén correctamente vulcanizados.

Si la llanta incumple alguno de estos puntos, dependiendo de la falla, la llanta debe ser enviada a reparación o a raspar (reproceso).

En la inspección final se marcan todas las áreas que deban ser pulidas.

Una vez inspeccionadas las llantas pasan por el lector de código de barras para su conteo e ingreso en inventario.

Las llantas son clasificadas: se colocan las llantas libres de desperfectos en un sitio, las llantas que han sido reparadas y necesitan ser pulidas son llevadas al área de pulido donde un trabajador las pule con una máquina de bajas revoluciones, las llantas que requieran de alguna reparación extra son llevadas a otro lugar donde un trabajador se encarga de repararlas adecuadamente, los daños que pueden presentar estas llantas son:

- Falta de relleno en los laterales
- Reparación de cerco
- Rayar(Se da cuando el hombro no se vulcaniza adecuadamente)
- Reproceso.

## **3.2 MAQUINARIA**

Debido a que el reencauche de llantas es un proceso complicado se requiere de una cantidad considerable de maquinaria y herramientas de trabajo, así como un *stock* de repuestos y herramientas para realizar el correspondiente mantenimiento de las mismas. A continuación se realiza un listado de maquinaria utilizada en cada puesto de trabajo y con una explicación de su funcionamiento.

### **3.2.1 Inspección Inicial**

Para este trabajo se cuenta con una máquina inspeccionadora de llantas de marca *Matteuzzi* que cumple la función de abrir la llanta para poder revisar su

interior, a la vez que la hace girar con la finalidad de revisar con facilidad todo el interior y exterior de la llanta, de igual manera tiene una luz para alumbrar la parte interna, Esta máquina facilita mucho el trabajo ya que las llantas se pueden manipular manualmente pero no se lograría la misma efectividad ya que esta máquina evita el trabajo pesado al operario.

**Gráfico 23: Máquina Inspeccionadora Matteuzzi**



**Fuente:** Ibarra, Andrea; Nastasi, Stefano, 2011.

De igual manera se requiere de herramientas manuales como son:

- **Punzón o Lezna.-** Esta herramienta es nada más que un desarmador terminado en punta el mismo que ayuda a revisar cualquier corte que pueda presentar la llanta, esta herramienta se la utiliza en todo el proceso de reencauche y se podría decir que es la herramienta del reencauchador.
- **Martillo de bola.-** Esta herramienta se utiliza para golpear todo el contorno de llanta por el interior con el fin de buscar sopladuras, que son

separaciones de lona, y que se encuentran y al ser golpeadas producen un sonido muy característico que es como golpear una burbuja de aire.

- **Taladro con punta.-** Esta herramienta es muy importante ya que sirve para ventilar las llantas convencionales, es decir se realiza un pinchazo no pasante en la llanta a la altura del hombro y una pulgada por encima del talón con la finalidad de crear canales de ventilación y no permitir que el calor sople la carcasa.
- **Marcador de calor.-** Es un marcador por calor el cual permite marcar las llantas que han sido rechazadas con el fin de que no vuelvan a ser ingresadas en ninguna planta de reencauche con el fin de salvaguardar la seguridad física del cliente.

Gráfico 24: Herramientas de inspección



Fuente: Los autores

### **3.2.2 Raspado**

Reencauchadora Europea cuenta con tres raspadoras que sirven para realizar el mismo trabajo pero cada una está destinada a un tipo de llanta. La raspadora es una especie de torno, en el que la llanta es montada sobre un mandrin o aro expansible y es inflada a una presión de trabajo de 2 Atm, y empieza a girar, es en este momento donde un porta-cuchillas armado con cuchillas de acero, que gira a una velocidad estándar, se acerca y topa la llanta en el centro de la corona y aquí empieza un trabajo de traslación longitudinal del carro con el porta-cuchillas el mismo que empieza a retirar la banda de rodamiento antigua. Se debe retirar la cantidad necesaria de caucho y dar la textura adecuada a la corona de la llanta para permitir la adhesión de nuevo material que va a ser colocado. El raspado de la llanta permite conseguir el radio de curvatura de la corona adecuado para la nueva banda de rodamiento.

#### **3.2.2.1 Raspadora Matteuzzi RAS-30**

Esta máquina es utilizada para raspar llantas radiales, el sentido de raspado de esta máquina es vertical y el carro transportador de la cuchilla es el que realiza todos los movimientos ya que la llanta se encuentra fija, realizando la rotación, que permite una mayor duración de las cuchillas, de igual manera este sentido de giro permite que la cuchilla no entre en contacto con las cuerdas de acero de las llantas ya que gira en el mismo sentido y no permite que la cuchilla se enrede y resulte un arrancamiento de la cuerda superior. Esta máquina es semiautomática porque se rige a una matriz seleccionada dependiendo la medida de la llanta que da la característica del radio de curvatura de la corona adecuado. Una característica práctica de esta máquina es que no utiliza mandrines o aros expansibles, sino platos que requieren de menor mantenimiento y tienen una vida útil más larga.

Gráfico 25: Máquina Raspadora Matteuzzi



Fuente: Los autores

Gráfico 26: Máquina Raspadora Matteuzzi RAS-30



Fuente: Los autores

### 3.2.2.2 Raspadora Italmatic PL-50

Esta máquina está destinada raspar llantas convencionales, el sentido de las cuchillas de raspado es horizontal. Esta máquina es manual, ya que el radio de curvatura se da manualmente, la llanta va montada sobre un mandrin o aro expansible el mismo que se acerca o se aleja de la cuchilla mediante un tornillo transportador mientras la cuchilla se traslada longitudinalmente y esta acción es la que permite crear el radio de curvatura adecuado para la llanta que está siendo trabajada. Esta máquina brinda una textura adecuada para las llantas convencionales, no es aconsejable raspar llantas radiales en ella, ya que por el sentido de giro de las cuchillas se corre el riesgo de dañar la carcasa.

Gráfico 27: Máquina Raspadora Italmatic PL-50



Fuente: Los autores

### 3.2.2.3 Raspadora Italmatic PL-75

Esta máquina se utiliza para raspar llantas destinadas a reencauche al calor, entrega un radio de curvatura mucho más pronunciado, de hombro a hombro. Las características de esta máquina son muy similares a la PL-50 en la que difiere sólo en su tamaño y la matriz de raspado.

Gráfico 28: Máquina Raspadora Italmatic PL-75



Fuente: Los autores

### 3.2.3 Craterización

En esta etapa del proceso no se utiliza una máquina, sino varias herramientas que permiten realizar excavaciones en la corona raspada de la llanta con la finalidad de reparar pequeños daños que se encuentren en esta. Las herramientas utilizadas son:

- Motortool wyco
- Motortool de aire
- Portaclavos
- Cepillos Encapsulados
- Piedras
- Cepillos de alambre
- Buril

#### **Motortool Wyco**

Esta herramienta es un motor eléctrico acoplado a un flexible en donde se pueden insertar varias herramientas giratorias. La característica de esta herramienta es que trabaja a bajas revoluciones y tiene mucha fuerza, su función principal es la de realizar la excavaciones.

**Gráfico 29: Motortool Wyco**

Fuente: Los autores

### **Motortool de Aire**

Estas herramientas tienen la finalidad de cortar y pulir los alambres sueltos que resulten de las excavaciones, trabajan a altas revoluciones 25000 RPM, con el fin de evitar quemar el caucho alrededor del alambre removido.

**Gráfico 30: Motortool de Aire**

Fuente: Los autores

### **Porta Clavos**

Se acopla a la herramienta Wyco es una herramienta de forma circular que consta de dos partes que se acoplan, se colocan clavos dejando sus puntas hacia afuera. Con esta herramienta ensamblada se procede a realizar las excavaciones más agresivas, ya que por sus características son perfectos para desbastar grandes cantidades de caucho e incluso de alambres sueltos. Una ventaja de este tipo de herramienta es que los clavos se pueden reemplazar y su duración es de muchos años.

### **Cepillos Encapsulados**

Son como su nombre lo indica, son cepillos de alambre de acero encapsulados en un recubrimiento de caucho, estos cepillos cumplen la misma función que los porta clavos, pero a diferencia de ellos queman una menor cantidad de caucho y brindan un mejor acabado pero a cambio de estos beneficios su costo es muy superior.

### **Piedras**

Se utilizan en los *motortools* de aire de altas revoluciones y sirven para cortar todas las puntas sueltas de alambre, al rotar a un régimen alto de revoluciones por minuto queman muy poco caucho y son altamente efectivas en lo referente a remoción de alambre.

### **Cepillos de Alambre**

Se los conecta a la Wyco y su función es texturizar y retirar el caucho quemado al finalizar todo el proceso de excavación y pulido.

## Buril

Es una herramienta con la forma de un clavo pero tiene en sus lados bordes cortantes los mismos que sirven para brindar una textura al momento que este pasa por una penetración.

Gráfico 31: Herramientas de craterización



Fuente: Los autores

### 3.2.3 Reparación

En esta etapa del proceso se utiliza una abridora de llantas de menor complejidad que la inspeccionadora, esta máquina sirve para abrir la llanta tomándola por ambos lados del cerco y al abrirla crea el espacio suficiente para que el trabajador proceda a aplicar los parches que la llanta requiera, para este efecto existen varias herramientas que son:

### **Motortool de Aire**

Este es un *motortool* giratorio de bajas revoluciones el cual sirve para pulir la superficie de *innerliner* y así conseguir una superficie limpia y texturizada para aplicar los parches.

### **Piedra de Tungsteno de Grano Fino**

En una piedra de forma circular, que cuenta con incrustaciones finas de tungsteno que conectada al *motortool* brinda la textura requerida para la adhesión de las unidades de reparación.

### **Metro**

Se debe utilizar una cinta métrica para poder tomar las medidas exactas del daño que se encuentre en la llanta.

### **Tabla de Parches**

Una vez que se obtiene la medida del daño se debe consultar en la tabla para saber exactamente qué unidad se requiere según el tipo de daño y la ubicación de esta en la carcasa.

Gráfico 32: Parches



Fuente: Los autores

### Stitcher

Es una rueda de hierro conectada a un mango de madera la cual cumple la función de presionar el parche para lograr eliminar todo el aire que pueda quedar atrapado durante la colocación del mismo y con este fin se evita que el parche pueda fallar durante el proceso de vulcanización.

Gráfico 33: Herramientas de reparación



Fuente: Los autores

### 3.2.4 Cementado

Para esta operación se requieren dos máquinas la primera es un rodillo automático donde se colocan las llantas sobre un vástago que empieza a girar y hace que las llantas roten.

**Gráfico 34: Rodillo Automático**

Fuente: Los autores

La segunda máquina que se requiere en esta etapa es una solucionadora que no es más que un tanque con una pequeña bomba la misma que se encarga de rociar la solución sobre las llantas que se encuentran girando sobre el rodillo.

**Gráfico 35: Solucionadora**

Fuente: Los autores

### 3.2.5 Relleno

Para rellenar todas las excavaciones que se produjeron en la llanta se utiliza un mini extrusor manual, el cual se encarga de calentar un hilo de cordón de relleno el cual consiste en una tira de cojín, que al ser calentado hasta los 70°C se vuelve muy maleable y es extruido por un tornillo sin fin y aplicado sobre las excavaciones. Esta es una herramienta muy parecida a una pistola por su forma y su funcionamiento es muy simple.

Gráfico 36: Mini Extrusor Manual



Fuente: Los autores

### 3.2.6 Corte de Banda

Para realizar un correcto corte de banda y preparación de la misma se recurre a una mesa de trabajo, la cual cuenta con una guillotina neumática en uno de

sus extremos, que permite realizar el corte de la banda de rodamiento a aplicar de manera fácil y precisa.

**Gráfico 37: Mesa de trabajo con Guillotina**



Fuente: Los autores

### **3.2.7 Embandadora**

Reencauchadora Europea cuenta con dos embandadoras, la primera es una máquina Italmatic manual destinada para la colocación de bandas de llantas pequeñas, la cual consta de un mandrin o aro expansible donde se monta la llanta y se infla a una presión de trabajo de 2 Atm. En dicha máquina el rodillo es fijo y lo que se acerca y hace presión es el mandrin con la llanta, cuando se está colocando la banda se acerca el coche donde está la llanta armada hacia un rodillo fijo, el cual gira y ejerce presión sobre la banda mientras hace que

esta gire. Esta máquina es muy útil ya que es de bajos requerimientos de mantenimiento y logra una excelente presión de armado.

**Gráfico 38: Máquina Embandadora Italmatic**



**Fuente:** Los autores

La segunda máquina con la que cuenta la planta es de la marca Matteuzzi y está destinada a embandar llantas grandes RIN 20-22.5. Esta máquina cuenta con un sistema diferente, la llanta es montada sobre un mandrin fijo y el coche del rodillo se acerca a la llanta para presionarla. Cuenta con dos rodillos pequeños que recorren la corona con la banda colocada desde el centro hacia los hombros con la finalidad de eliminar cualquier burbuja de aire, una de las ventajas de esta máquina es que no requiere que la banda sea cortada previamente ya que cuenta con un fin de carrera que indica cuando toda la llanta ha recibido la banda y procede a cortar la banda automáticamente a medida.

**Gráfico 39: Máquina Embandadora Matteuzzi**

Fuente: Los autores

### 3.2.8 Vulcanización

Con el fin de vulcanizar la banda a la carcasa se requiere un trabajo de cocción el mismo que se lo realiza en autoclaves, que mediante presión, temperatura y tiempo logran que todos los elementos que se colocaron en la llanta se unan a nivel molecular. Las presiones, temperaturas y tiempos que se manejan en cada uno de los autoclaves son un secreto industrial motivo por el cual no pueden ser revelados. El funcionamiento del autoclave es sencillo ya que se infla la llanta a una presión requerida y se inyecta presión de aire dentro de la cámara del autoclave mientras que por un radiador circula vapor, un ventilador se encarga de hacer circular todo el aire caliente dentro de la cámara y después de un tiempo estandarizado las llantas empiezan el ciclo de vulcanización, una vez que este tiempo de ciclo se cumple, las llantas están listas y pasan a la siguiente etapa.

La planta cuenta con tres autoclaves con capacidad para veinte y dos llantas cada uno y dos de ellos funcionan con un sistema tradicional de aros mientras que el tercero funciona con sistema de *innerlops* sin aros lo cual permite un menor tiempo de vulcanización, lo que genera más curas al día y un ahorro de energía.

**Gráfico 40: Autoclaves**



**Fuente:** Los autores



**Gráfico 41: Autoclave con *Innerlops***



**Fuente:** Los autores

### 3.2.9 Inspección Final

Para esta parte del proceso se utiliza una máquina similar a la de inspección inicial, con la diferencia de que en esta etapa sólo se realiza una inspección muy breve y simplemente visual de la llanta.

### 3.2.10 Caldera

Ya que el proceso de vulcanización tanto en el reencauche al frío como al calor requiere de temperatura, Reencauchadora Europea cuenta con una caldera vertical de tubos alimentada por diesel, la misma que se encarga de proveer del vapor necesario a las autoclaves y a los moldes del calor.

Gráfico 42: Caldera



Fuente: Los autores

### 3.2.11 Compresores

Gran parte del trabajo se realiza con herramientas neumáticas, se requiere de compresores de gran capacidad. La planta cuenta con tres compresores marca

Ingersoll-Rand, que proveen de aire para las herramientas y para lograr las presiones de aire requeridas en la etapa de vulcanización. El sistema de aire de la planta es de vital importancia para el funcionamiento de la misma.

**Gráfico 43: Compresor Ingersoll-Rand**



Fuente: Los autores

### **3.2.12 Extractor de Polvo**

En el proceso de raspado y craterización se desprende una gran cantidad de partículas de caucho muy finas, que son muy perjudiciales para la salud. Se ha instalado un extractor de polvo con ventilador y torbellino que consigue una extracción considerable de polvo dentro de la planta y ayuda a que el ambiente de trabajo sea lo más cómodo y fresco posible.

**Gráfico 44: Extractor de Polvo**

Fuente: Los autores

### **3.2.13 Mandrines**

Los mandrines o aros expansibles son cercos para montar las llantas que cambian su medida para acoplarse a varios tipos de llantas, se utilizan para inflar la llanta a presión de trabajo y poder utilizarla. Su interior cuenta con cilindro neumático.

## **3.3 PRODUCTOS**

La empresa Reencauchadora Europea RENEU S.A. se dedica a la producción y venta de llantas reencauchadas tanto al frío como al calor, se tiene una gran variedad de productos, ya que se procesa una cantidad de medidas de llantas

muy significativa y se les aplica una alta variedad de labrados según sean los requerimientos del cliente.

Las medidas de llantas que la planta está en capacidad de producir son:

- RIN 13
- 6.00X14
- 6.50X14
- 7.00X15
- 7.00X16
- 7.50X16
- 8.25X16
- 215/75R17.5
- 9.5R17.5
- 7.50X20
- 8.25X20
- 9.00X20
- 10.00X20
- 11.00X20
- 12.00X20
- 11R22.5
- 12R22.5
- 275/70R22.5
- 275/80R22.5
- 295/75R22.5
- 295/80R22.5
- 315/80R22.5
- 11/12R24.5
- 12.00X24

Estas medidas de llantas aplican tanto para llanta convencional como para llanta radial, como se puede observar la variedad de llantas que se pueden reencauchar es bastante significativa, y a cada una se le puede colocar una gama de labrados disponibles.

## **4 CAPITULO IV. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **4.1 SITUACIÓN ACTUAL**

Con el fin de entender la situación actual del proceso de reencauche en la empresa, se va a proceder a separar el proceso en dos partes:

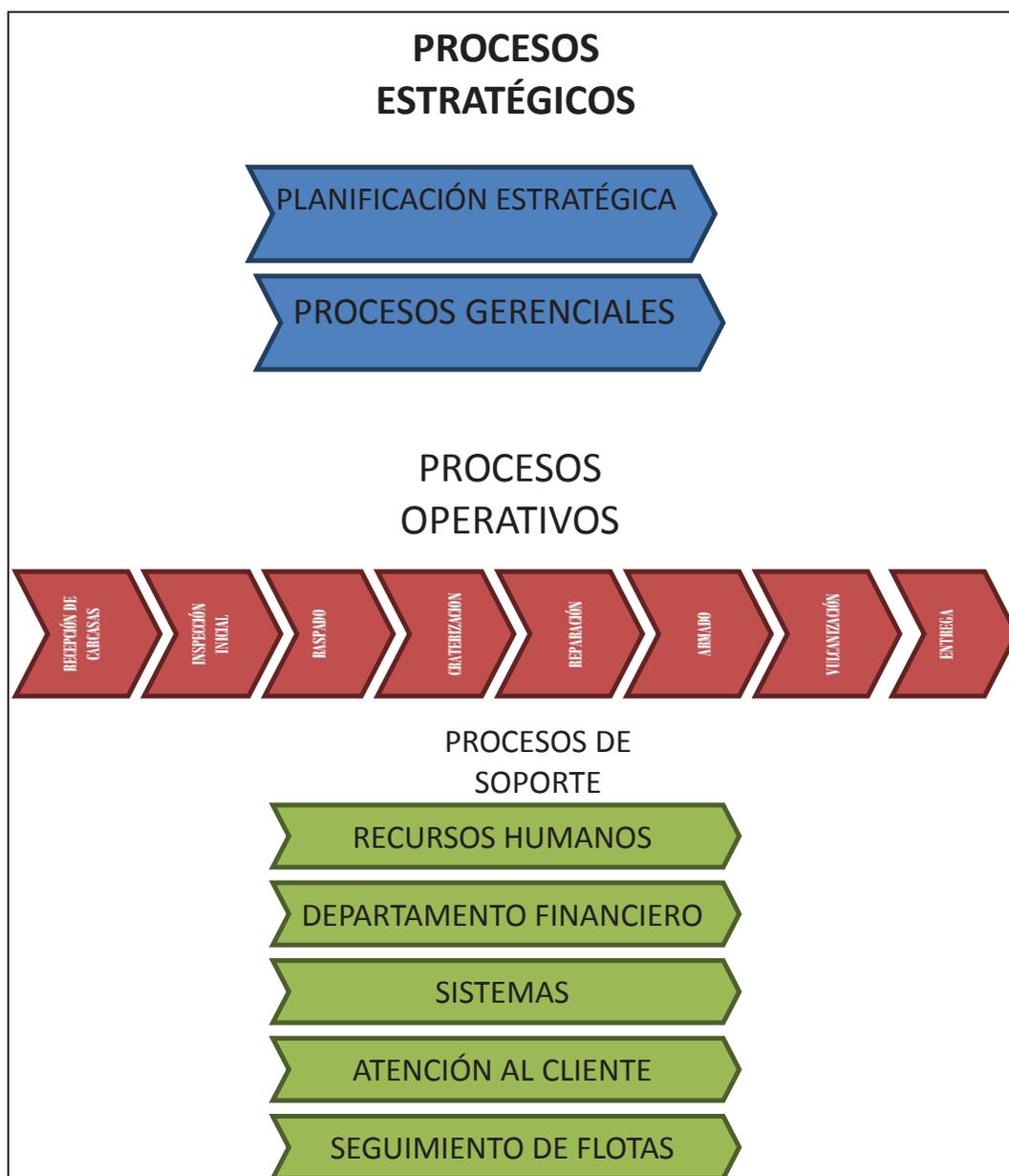
- Proceso administrativo
- Proceso productivo

El proceso administrativo genera demoras que escapan de las manos de la empresa como son: demoras en pagos por parte de los clientes, falta de liquidez que permita un flujo productivo adecuado, sobre oferta de carcasas. El presente trabajo se enfoca en lo que la empresa si puede influir y actuar, es decir, en el proceso productivo.

#### **4.1.1 Fase Definir**

En esta fase se definen los parámetros clave a trabajar en el proyecto de mejora. En el gráfico 45 se puede apreciar el macroproceso de la empresa, compuesto por los procesos: estratégicos, operativos y de soporte.

Gráfico 45: Macroproceso



**Fuente:** Los autores

Dentro del proceso de reencauche (proceso operativo), también se realizan actividades administrativas correspondientes al área de bodega, tanto de llantas procesadas como llantas por producir, punteado y clasificación. Todo trabajo realizado en la planta de producción será considerado como proceso productivo. Para el proyecto de investigación las propuestas de mejora se aplican solamente en el área de producción y se realiza recomendaciones para

mejorar el área administrativa, ya que aquí, las demoras y tiempos muertos por lo general son debidos a factores externos como: falta de materia prima, clientes morosos. Cierta cantidad de llantas deben esperar hasta ser producidas, ya que por políticas de la empresa y por normas técnicas las llantas que se encuentren en estado de duda no podrán ser transportadas al área de producción.

Para el proyecto se realizó una toma de tiempos y un análisis para definir las esperas críticas y los subprocessos que creen cuellos de botella en el proceso de producción. Una vez que se encontró los problemas se procedió a aplicar las mejoras. Se definió , claramente el alcance del proyecto para enfocarse en las areas críticas del proceso proponiendo una mejora para la el proceso de reencauche al frio en Reencauchadora Europea Reneu S.A.

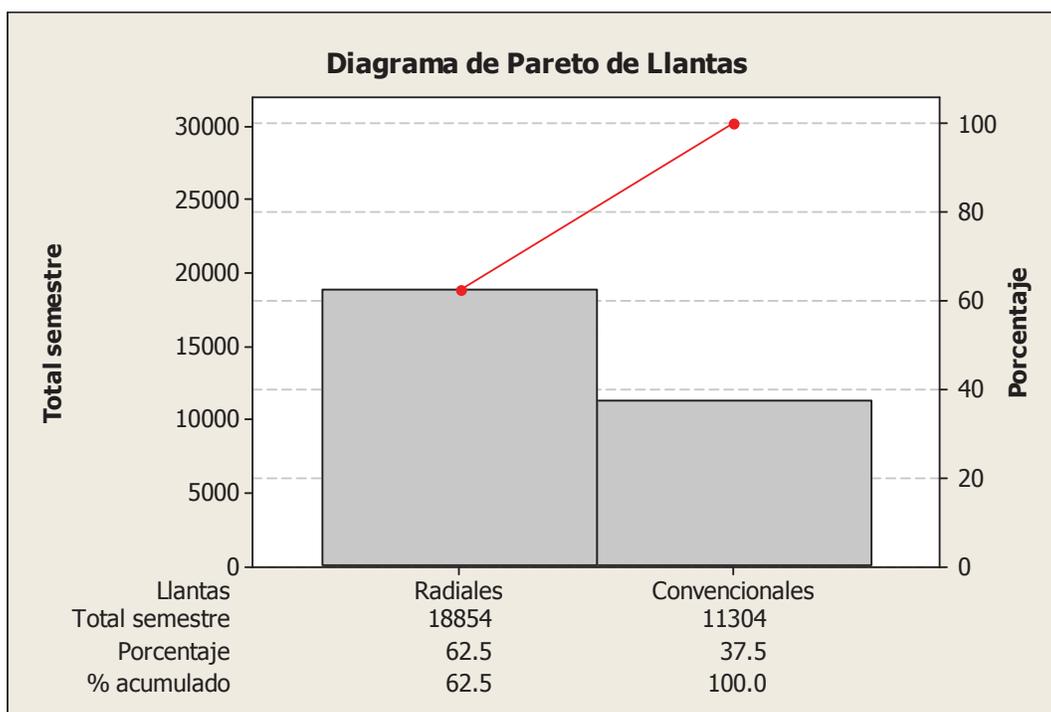
Para poder definir correctamente en qué puntos se debía atacar el problema lo primero fue definir qué tipo de llanta es la que más se trabaja en la empresa, esto se realizó tomando en cuenta datos históricos de la empresa, la tabla con los datos utilizados se encuentra en el Anexo #2.

Se tomó en cuenta un periodo de un año, y con los datos se elaboró un diagrama de Pareto con el fin de conocer el tipo de llantas sobre el que se llevaría a cabo la investigación.

#### VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.

En el grafico 5.1 se puede apreciar el volumen de llantas radiales y de llantas convencionales.

Gráfico 46: Diagrama de Pareto de Llantas



Fuente: Los autores

Tabla 6: Porcentajes

<b>MATRIZ DE COMPARACIÓN</b>	
Tipo de llanta	Volumen de Producción
Radial	62.50%
Convencional	37.50%

Fuente: Los autores

Se tomo al azar ciertas medidas de llantas con el fin de comparar cual es el precio de venta al publico en la misma medida, pero diferenciando si la llanta es radial o si la llanta es convencional, y se encontró que el precio de venta de la llanta radial es superior en un 12% al precio de venta de la llanta convencional, el costo de producción de la llanta radial es el mismo que el de la llanta convencional, este es un motivo mas para seleccionar las llantas radiales como muestra para la realización de este proyecto.

Tabla 7: Diferencia de precios

TABLA DE DIFERENCIAS DE PRECIO		
Medida	labrado	Precio
1200R20	RD	200.78
1200X20	RD	167.58
1100R20	DC	181.93
1100X20	DC	169.12
900R20	QS	153.42
900X20	QS	129.35
11R22.5	RD	198.14
11X22.5	RD	178.32

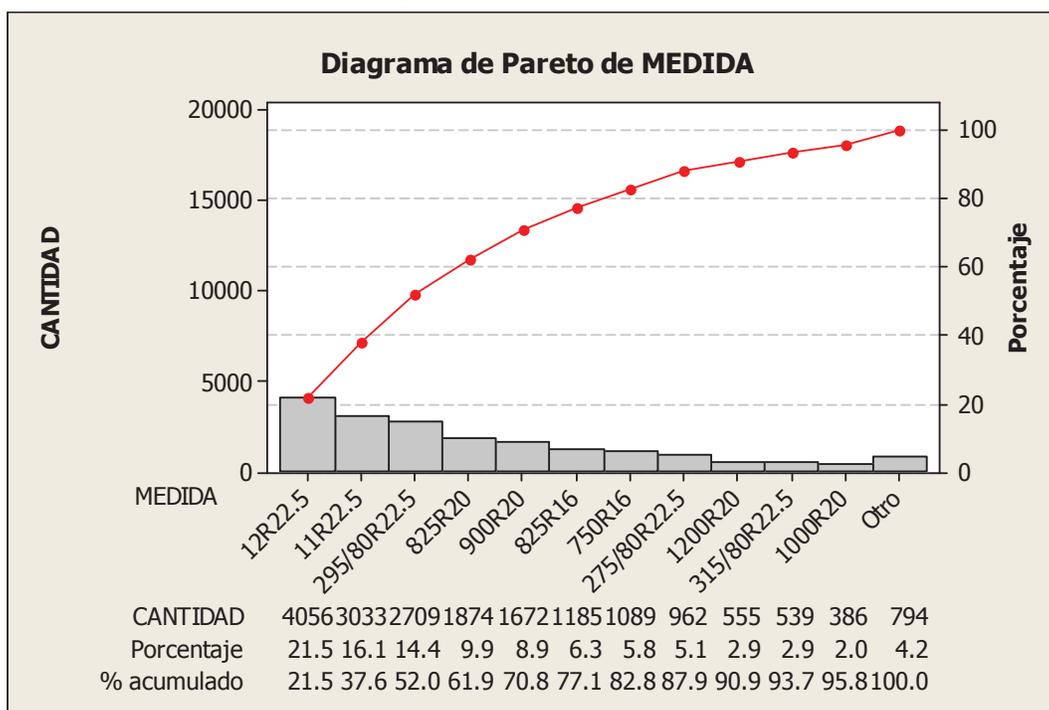
Fuente: Los autores

Como se puede apreciar en la tabla 7, las llantas radiales corresponden al 62.5% de la producción anual de llantas en Reencauchadora Europea, esta es una tendencia que era de esperarse ya que por sus ventajas la utilización de llantas radiales a nivel mundial está creciendo a pasos agigantados.

Como se puede apreciar en la tabla 7 la diferencia de precio entre la llanta radial y la convencional es de aproximadamente 12% costando más para el cliente la llanta radial, Adicionalmente se debe considerar que el tiempo de producción y los recursos utilizados para las llantas radiales y convencionales, son los mismos. De este análisis se decidió trabajar en las llantas radiales.

A continuación se realizó un análisis de Pareto para determinar las medidas de llantas que son más significativas para el proceso de producción, con el fin de saber cuáles son las llantas que deben ser monitoreadas a partir de una muestra representativa del proceso productivo. Se seleccionaron todas las llantas radiales. Los resultados se pueden apreciar en el gráfico 47.

Gráfico 47: Diagrama de Pareto de Medidas de Llantas a ser estudiadas



Fuente: Los autores

Como se puede observar en el gráfico 47, las medidas que ocupan el 80% de la producción anual son:

Tabla 8: Medidas y Porcentajes

MEDIDA	PORCENTAJE
12R22.5	21.5%
11R22.5	16.1%
295/80R22.5	14.4%
825R20	9.9%
900R20	8.9
825R16	6.3

Fuente: Los autores

La llanta 12R22.5 es la que más se ha reencauchado durante el periodo de un año, esto se debe a que la gran mayoría de automotores de transporte pesado y volquetas, utilizan esta medida de llanta debido a que ofrece una gran capacidad de carga.

La llanta 11R22.5 también tiene un volumen de producción muy importante, esta medida de llantas es utilizada en camiones medianos de dos ejes, y en buses urbanos. Finalmente se puede observar que la llanta 295/80R22.5 ocupa el tercer lugar de producción, esta llanta es muy utilizada en transporte pesado y en buses interprovinciales, en el mercado nacional es utilizada también por los buses de la “Eco vía” y de la “Metro vía”.

Es importante indicar que las principales características críticas para el cliente son:

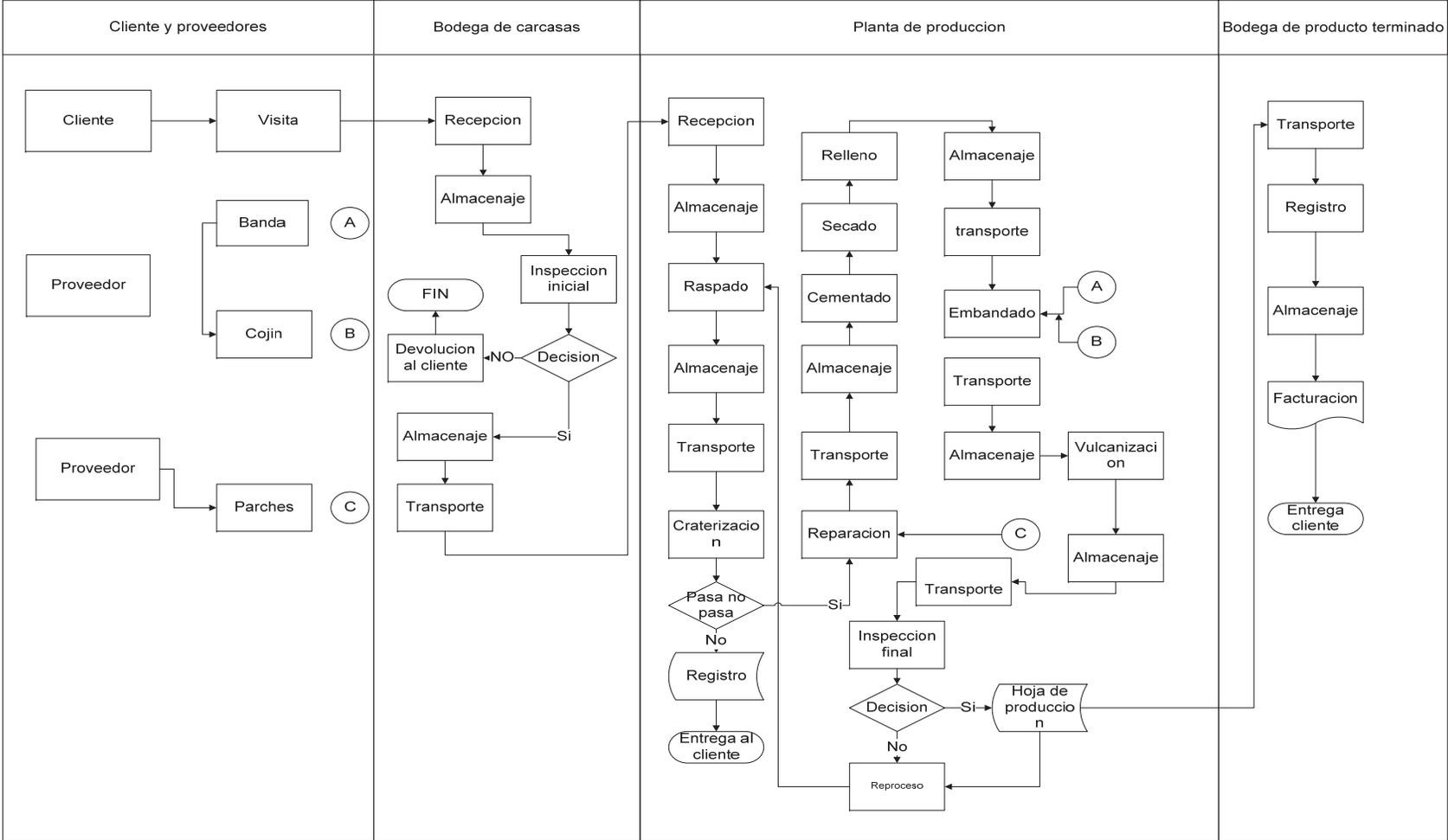
- Tipo de aplicación de la llanta
- Durabilidad
- Costo.
- Costo por Kilometro
- Seguridad

#### **4.1.2 Fase Medir**

Para esta fase se requiere conocer exactamente el tiempo que toma realizar cada una de las etapas del proceso correspondientes a las llantas anteriormente señaladas. En el gráfico 48 se puede apreciar el diagrama SIPOC del proceso global de reencauche; y en el gráfico 48 se aprecia el proceso detallado (cambiar la numeración del gráfico 48)

Se encontró que hay esperas críticas en las etapas del proceso administrativo de bodega, y cuellos de botella y tiempos muertos en el proceso de producción.

Gráfico 48: Diagrama SIPOC



Fuente: Ibarra, Andrea; Nastasi, Stefano, 2011.

Para poder caracterizar el proceso se requiere realizar un muestreo de los tiempos de las etapas de proceso, que refleje lo que está sucediendo realmente, a través de una muestra estadística. La muestra será tomada sobre llantas radiales.

- **Tamaño de Muestra:**

El tamaño de muestra fue definido a partir de la información que consta en la tabla 9.

**Tabla 9: Tamaño de la muestra**

Tamaño de la muestra:		
Símbolos	Detalle	Valores
1- $\alpha$	Nivel de confianza	90%
N	Tamaño de la Población	721
E	Error	6%
P	Probabilidad de éxito	30%
N	Tamaño de la muestra	129

**Fuente:** Los autores

La fórmula para hallar el tamaño de muestra es:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2} \quad (4.1)$$

Para encontrar el tamaño de muestra se tomó una población de 721 llantas que es el número total de llantas que se producen semanalmente y aplicando la fórmula se llegó a establecer el tamaño de muestra  $n$  de 129 llantas, tomadas al azar y la medición del tiempo aplicada desde que se crea el *sticker*, es decir desde que ingresa la orden de trabajo.

Una vez tomados los tiempos se procedió a separarlos en tiempo, en proceso administrativo, y tiempo en proceso de producción. Se presenta

una tabla de toma de tiempos y dos histogramas, el trabajo de mejora se realizó en el proceso de producción. La tabla de la medición de tiempos se encuentra ubicada en el Anexo 1

En los siguientes histogramas se presentan los resultados tanto del proceso administrativo como del proceso de producción. La tabla de tiempos tomados se encuentra en el Anexo #3.

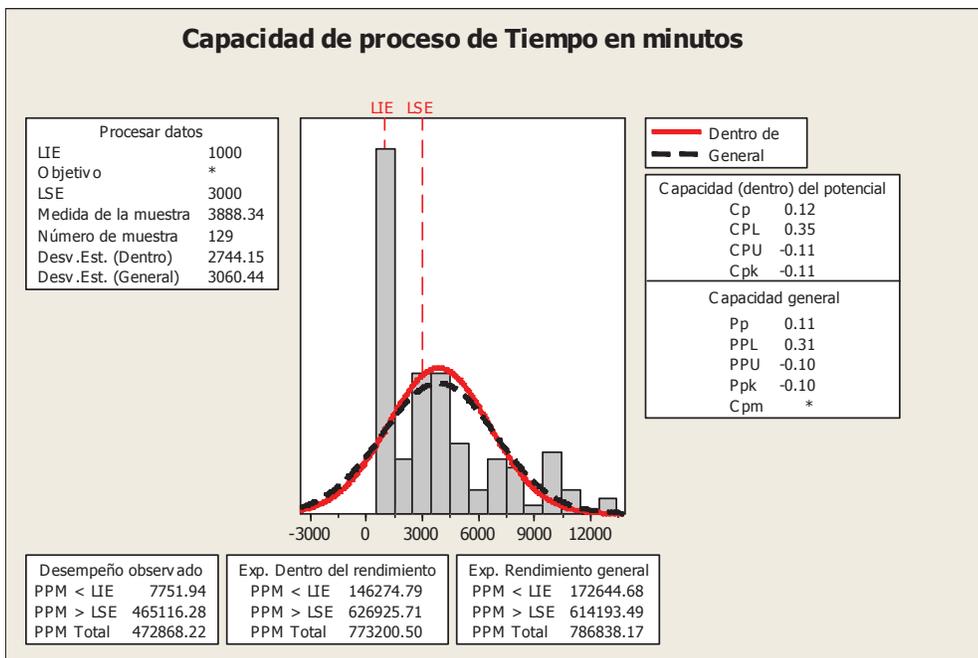
El tiempo se cronometró desde que el obrero empezó su labor (toma la llanta) hasta que el obrero cogió la próxima llanta a ser trabajada. Para la mejor comprensión de los datos se realizaron histogramas.

- **Histogramas:**

Los datos obtenidos de una muestra sirven como base para decidir sobre la población. Mientras más grande sea la muestra, más información se obtendrá sobre la población. Sin embargo, un aumento en el tamaño de la muestra también implica un aumento en la cantidad de datos, y esto puede llegar a dificultar la comprensión de los mismos, aún cuando se organicen en tablas, es por esto que se requiere de un mecanismo que permita apreciar las variaciones en un vistazo.

Histograma del Proceso Productivo:

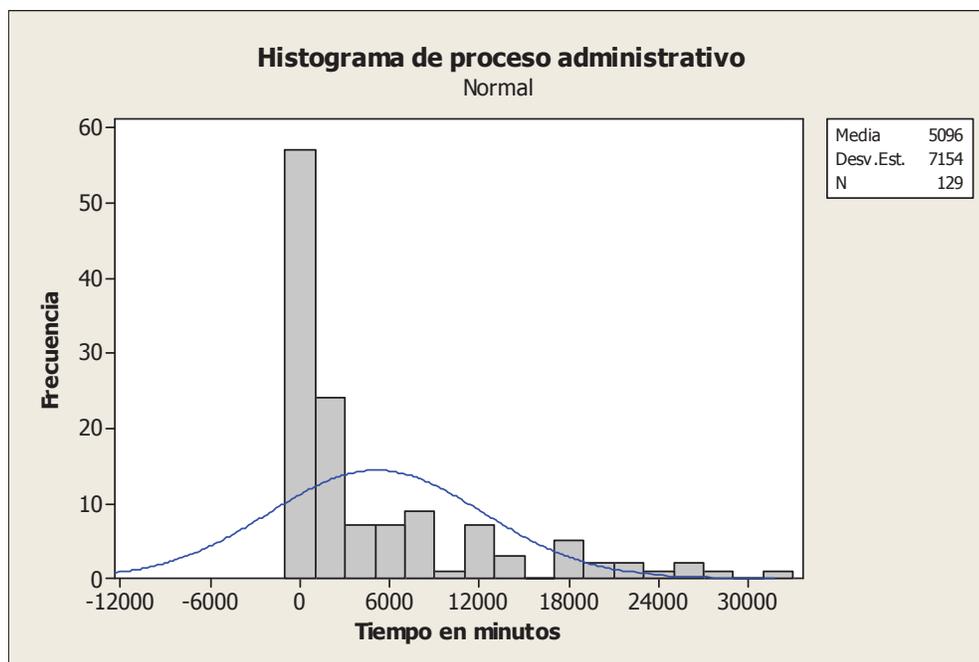
Gráfico 49: Histograma del Proceso Productivo



Fuente: Los autores

## Histograma del Proceso Administrativo:

Gráfico 50: Histograma de Proceso Administrativo



Fuente: Los autores

Los límites inferior y superior de control han sido definidos en 1000 y 3000 minutos respectivamente; esto obedece a condiciones de proceso. En las figuras 4.5. y 4.6 se puede apreciar claramente que la capacidad del proceso es muy baja y que existen datos tanto dentro de los límites de control como fuera de ellos, también se puede apreciar que la media está desplazada hacia la derecha del límite superior de control y la desviación estándar es bastante grande, Esto indica que el proceso no está controlado, El proyecto se orientó a aumentar la capacidad del proceso y mejorar los valores dentro de los límites de control, aplicando una metodología basada en el DMAIC, pero con mucha menor rigurosidad que un proyecto Seis sigma, ya que para poder ingresar en esta metodología es necesario primero caminar por un tiempo en la ruta de la calidad y el mejoramiento continuo.

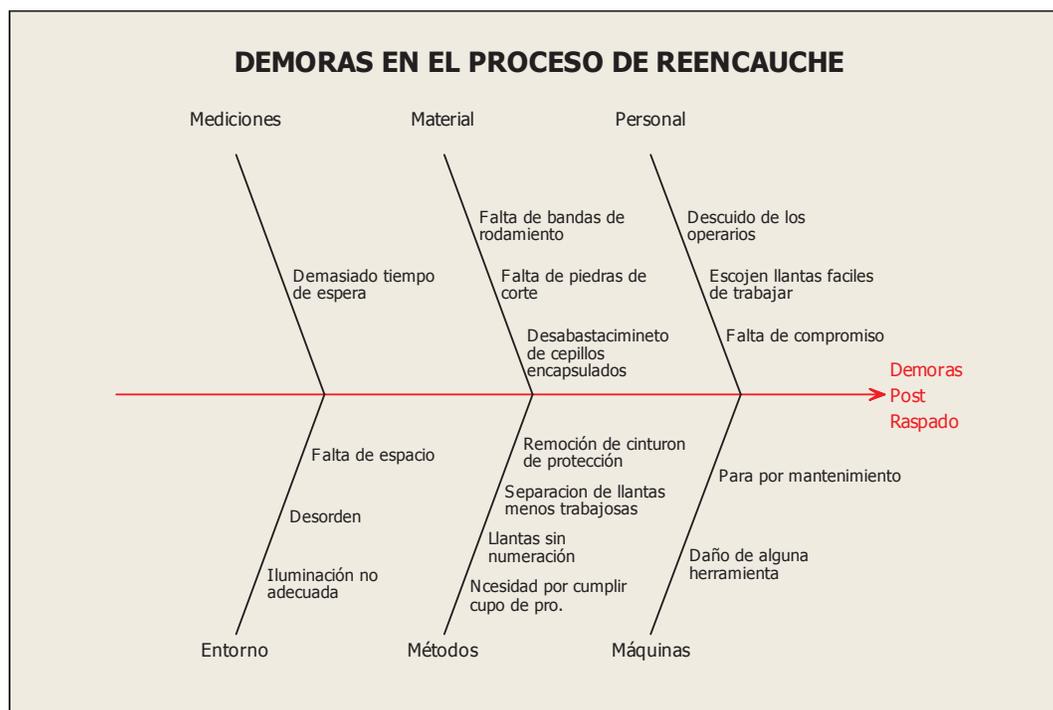
### 4.1.3 Fase Analizar

El objetivo de esta fase es identificar las causas primarias del problema observando los datos obtenidos en la fase de medición. Para el efecto se utilizó la herramienta Espina de Pescado.

#### Diagrama de Espina de Pescado:

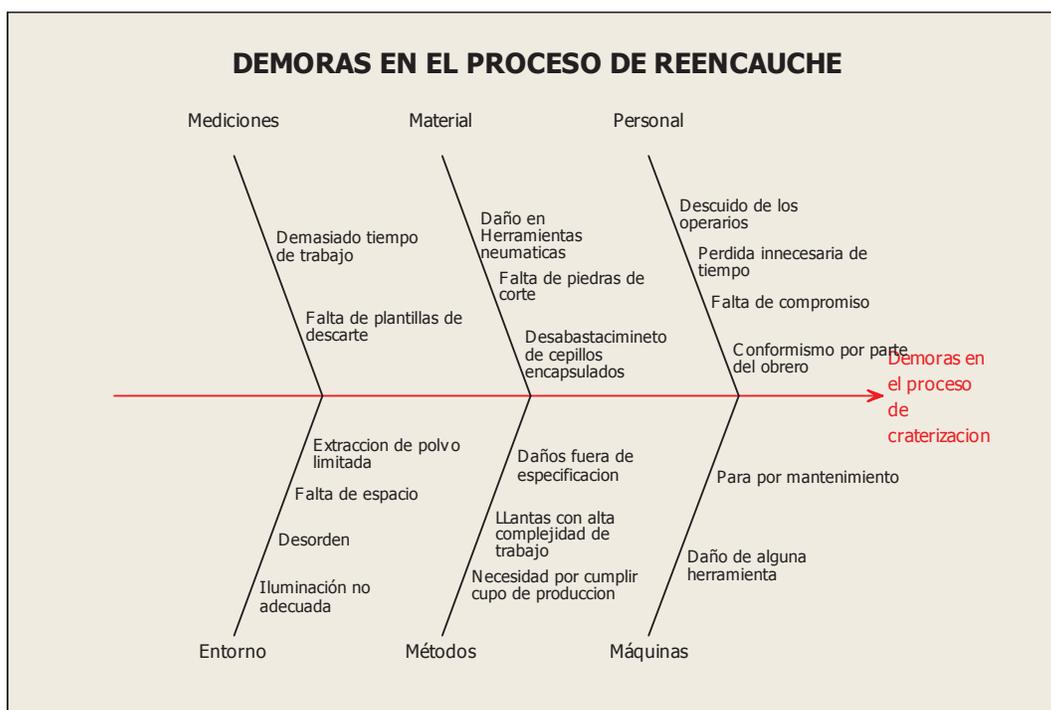
En el gráfico 51 y 52 se pueden observar los diagramas causa-efecto realizados para identificar las causas del problema en las demoras

Gráfico 51: Diagrama Causa-Efecto de las Demoras en el Proceso de Reencauche



Fuente: Los autores

Gráfico 52: Diagrama causa-efecto Demoras en el Proceso de Craterización



Fuente: Los autores

A continuación se realizó una evaluación del valor agregado de las diferentes actividades del proceso, con el objeto de identificar oportunidades de mejora. Las consideraciones en este análisis fueron: Agrega valor al cliente, agrega valor al proceso, no agrega valor.

Para este Análisis se realizó el flujo grama de procesos de la empresa para saber exactamente qué procesos y subprocesos agregan valor y cuáles no.

- **Análisis de Valor Agregado.**

La evaluación del valor agregado es un análisis de cada actividad para determinar su aporte a la satisfacción de las expectativas del cliente interno o externo; en este análisis se tomó en cuenta el Valor Agregado para el cliente (son aquellas que visto por el cliente final son necesarias para proporcionar el producto). Valor Agregado para la empresa (Actividades que la empresa requiere, pero que no son evidentes para el cliente pero si para el producto); y

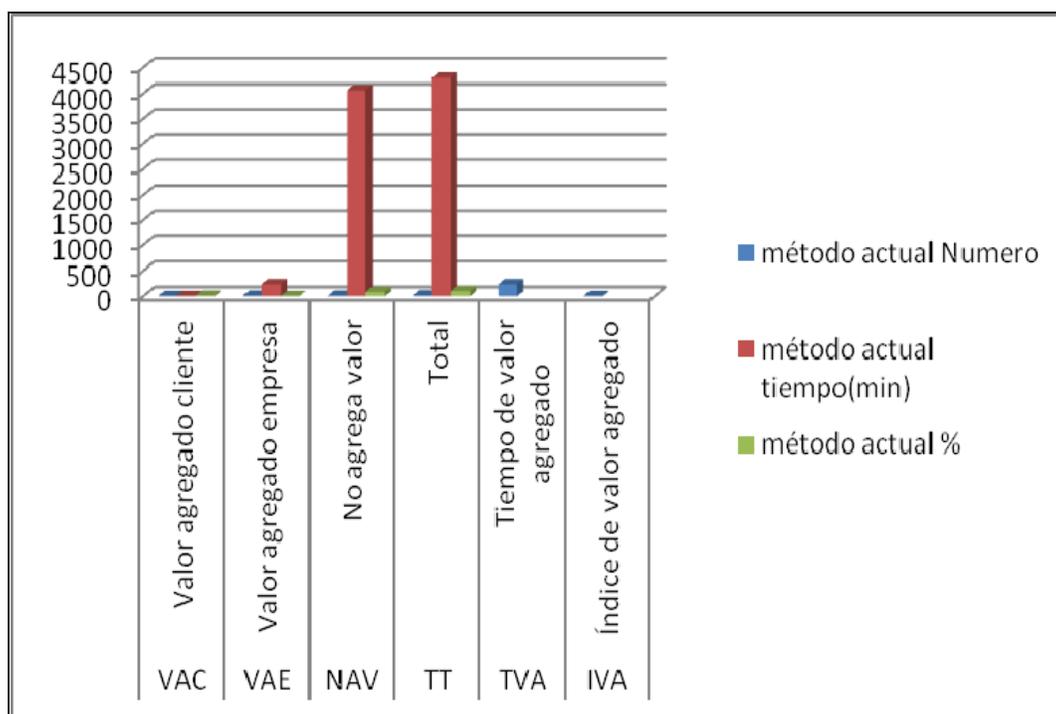
actividades sin valor agregado (Aquellas no aportan nada al cliente ni al proceso). En la tabla 10 se puede apreciar el análisis de valor agregado realizado.

**Tabla 10: Análisis de Actividades que Agregan Valor**

#	Actividad	Subproceso	Tiempo Efectivo (min)	VAC	VAE	NAV
1	Raspado	Transporte	10			X
		Almacenaje	30			X
		Espera	359			X
		Transporte	1			X
		Raspado	3.29		X	
		Transporte	1			X
		Espera	2741.46			X
2	Craterizado	Transporte	1			X
		Craterizado	38.62		X	
		Transporte	1			X
		Espera	60.47			X
3	Reparación	Transporte	1			X
		Reparación	3.32	X		
		Transporte	1			X
		Espera	66.44			X
4	Cementado	Transporte	1			X
		Cementado	3.07		X	
		Secado	15		X	
5	Relleno	Relleno	3.63		X	
		Espera	4.03			X
		Transporte	1			X
6	Embandado	Armado	3.28		X	
		Espera	55.04			X
		Armado pre vulcanización	2.06		X	
7	Vulcanización	Vulcanización	164.42		X	
		Espera	720			X
8	Inspección final	Transporte	1			X
		Inspección final	1		X	
		Pulido	1	X		
		Transporte	10			X
		Tiempos Totales	4304.13	2	9	19

**Fuente:** Los autores

Gráfico 53: Porcentaje de Actividades que Influyen en el V.A.



Fuente: Los autores

Como se puede observar claramente el mayor inconveniente que tiene el proceso es de esperas. Existen sólo dos actividades generadoras de valor para el cliente; es importante entonces atacar a fondo las pérdidas de tiempo y esperas innecesarias ya que estas representan un costo muy elevado, debido a los largos periodos de espera y por tanto almacenamiento en proceso.

A partir del análisis de causa-efecto y del análisis de valor agregado, se identifican las causas de demora en el proceso de reencauche.

## **5 CAPITULO V. PROPUESTA DE MEJORA TEÓRICA**

### **5.1 FASE IMPLEMENTAR**

Una vez que concluida la fase de análisis, se identificaron fuentes de demora en el proceso de reencauche al frío.

En la fase mejorar de la metodología DMAIC se identificaron soluciones a los problemas definidos. En el presente proyecto se buscó disminuir tiempos de espera y tiempos muertos que podían transformarse en cuellos de botella.

En la fase de implementación se identificaron alternativas viables que permitían resolver el problema. La viabilidad tiene que ver con aspectos: técnicos, económicos y ambientales.

Entre las opciones consideradas están: la aplicación del sistema japonés de las 5s, y la implementación de código de colores en espera post raspado.

### **5.2 APLICACIÓN DE LA 5S DENTRO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE REENCAUCHADORA EUROPEA RENEU S.A.**

Con el fin de mejorar el proceso productivo, la calidad y la pérdida de tiempos innecesarios se han optado por la aplicación de las 5 s ya que esta técnica es la base de la mejora continua y entrega muy buenos resultados a corto plazo.

#### **5.2.1 Aplicación de las 5s en la Bodega de Carcasas por Producir**

El alcance de la tesis corresponde a la elaboración de un plan de mejora para el proceso de la empresa; sin embargo, se han implementado algunas acciones. A continuación se explican algunas acciones que se pueden implementar en la empresa y en algunos casos las implementadas.

### **1. Seiri (Clasificación y Descarte):**

Para cumplir con este punto se debe colocar de un lado todas las llantas rechazadas que deben ser desechadas o entregadas a los dueños, con esta práctica se logra una mayor cantidad de espacio disponible para las llantas aptas que requieren espacio . De igual manera se deberá separar y eliminar cualquier desecho que se encuentre en la bodega como pueden ser llantas rechazadas de clientes que no las han retirado y llantas de reclamo que han sido inspeccionadas y valoradas.

### **2. Seiton (Organización):**

Para lograr cumplir con la segunda S se propone la creación de letreros y delineación de espacios para cada cliente, así se logrará una bodega ordenada y se tendrá un rápido acceso a las llantas que tienen luz verde para ser procesadas, La aplicación de esta S permitirá disminuir los tiempos de producción de llantas que pueden ser trabajadas ya que no tendrán que esperar en bodega, También se podrá tener más espacio físico ya que las llantas al estar ordenadas por cliente tendrán su espacio delimitado. Otra de las ventajas de organizar la bodega es que se tendrá la opción de clasificar las llantas no sólo por cliente, sino que también se las podrá ordenar por número de entrada, esto representará un gran beneficio ya que se podrá enviar a producción las llantas en orden de entrada, con esto se realizará la entrega de lotes completos al cliente, con el objetivo de lograr mayor satisfacción del mismo.

**Antes**

**Gráfico 54: Organización Antes**



**Fuente:** Los autores

**Después**

**Gráfico 55: Organización Después**



**Fuente:** Los autores

### 3. Seiso (limpieza):

El personal de bodega de carcasas será responsable de limpiar la misma, esta operación se la realizará por las mañanas con el fin de poder brindar una atención mejor al cliente y de contar con un ambiente de trabajo más pulcro, libre de polvo y suciedad. Esta etapa es de vital importancia ya que a más de brindar una mejor imagen para el cliente crea un espacio de comodidad para el trabajador.

#### Antes

Gráfico 56: Limpieza Antes



Fuente: Los autores

**Después**

**Gráfico 57: Limpieza Después**



**Fuente:** Los autores

#### **4. Seiketsu (Higiene y Visualización):**

Debido a que el personal de la bodega de llantas por producir es quien está en contacto directo con el cliente, se recomienda la creación de una oficina de recepción al cliente la misma que deberá ser totalmente pulcra y el personal de esta oficina deberá tener toda la señalización del caso para esta oficina como son: precios, tipos de labrados, etc. De igual manera se deben señalar las áreas de la bodega de carcasas, es decir, se deben señalar los lugares de recepción de llantas, almacenamiento, revisión y lugar de entrega de llantas rechazadas.

Gráfico 58: Higiene Antes



Fuente: Los autores

Gráfico 59: Higiene Después



Fuente: Los autores

## **5. Shitsuke (Compromiso y Disciplina):**

Se debe realizar cursos de preparación al personal para lograr una disciplina de trabajo esto se logrará mediante cursos de motivación personal ya que un obrero que no se siente importante para la empresa trabaja de mala manera y no se sentirá comprometido con las disposiciones que se quieran implementar.

Adicionalmente se establecerán políticas, instructivos que permitan estandarizar el cambio

### **5.2.2 Código de Colores en Espera Post Raspado**

Como se puede apreciar claramente en la tabla (Anexo #3) de tiempos tomada, la espera que más tiempo consume dentro del proceso de reencauche al frío es la espera post raspado, es decir, el tiempo que las llantas raspadas esperan antes de ser trabajadas en el área de craterización o cardeo.

Este es un grave problema que tiene el proceso en Reencauchadora Europea ya que a más de hacer que las llantas se demoren mucho tiempo en ser procesadas, es también una de las causas principales de llantas de reclamo, ya que según las normas técnicas internacionales, como se especifica en la Norma Técnica Colombiana y en los manuales de reencauche de *Good Year* y Hules banda, que se han consultado para realizar este trabajo de investigación, una llanta raspada (que se ha removido la banda de rodamiento antigua y se ha expuesto el caucho fresco del bajo piso, el cual es muy delicado y propenso a la oxidación) no puede permanecer desprotegida por más de ocho horas, ya que en el caucho oxidado no existe adherencia.

Es por este motivo que aplicar una disminución de tiempo en esta espera es de vital importancia para el proceso de reencauche de la planta ya que no sólo se logrará una disminución drástica del tiempo de entrega de las llantas a los

clientes, sino que también se va a lograr una mejora considerable en la calidad del producto, y por ende se pretende también disminuir en cierta manera el porcentaje de reclamos por despegue. Cabe recalcar que si una llanta tiene que esperar por más de ocho horas, esta debe ser solucionada y posteriormente repulida antes de ser trabajada.

Las llantas no deben esperar más de ocho horas para ser trabajadas, el problema es que existen llantas con todo tipo de daño y es por este motivo que los trabajadores seleccionan las llantas en mejor estado para ser trabajadas, ya que como se puede observar en la tabla de tiempos (Anexo #3) las llantas en peor estado requieren hasta de una hora de tiempo para ser trabajadas, y esto representa a más de mucho tiempo un esfuerzo físico considerable para los trabajadores quienes irresponsablemente no cumplen con estas llantas y las dejan esperar hasta que no tengan otra opción, es por esto que se propone una instauración de un código de colores por día de la semana:

- Lunes: Rojo
- Martes: Verde
- Miércoles: Amarillo
- Jueves: Blanco
- Viernes: Azul

Si las llantas han sido raspadas el día lunes se deberá colocar una señal con la marca de color rojo en la llanta, para que los operarios sepan que deben trabajar las llantas de ese día y no dejarlas para el día siguiente o peor aun para varios días después; de igual manera se establecerá una política de no raspar ninguna llanta hasta que se hayan terminado de trabajar las llantas con el color del día indicado, también se deberá aplicar sanciones al personal que deje llantas remanentes para días posteriores a menos de que sea por un motivo de causa mayor, como puede ser:

- Desabastecimiento de banda, en cuyo caso los trabajadores del área de craterización deberán solucionar la llanta con el fin de evitar la oxidación de la misma.
- Llantas que requieran de remoción de cinturón de protección.

Mediante la utilización de este código de colores se espera lograr una reducción de tiempo muy importante en el proceso de producción, ya que se limitaría a que las llantas que son raspadas tengan que ser trabajadas ese mismo o máximo al día siguiente en la mañana si la llanta ha sido raspada en la noche, este efecto se verá reflejado en una entrega más ágil de las llantas al cliente, y se espera también una disminución de las llantas que regresan por reclamo.

### **5.2.3 Plantillas de Radio de Raspado y de Texturas**

Esta mejora está más enfocada hacia la calidad del producto entregado, ya que en la optimización del proceso no únicamente se busca una disminución del tiempo, sino también una mejora de calidad importante.

El radio de raspado en una llanta no es más que el radio que debe resultar en la corona de la llanta después de haber sido raspada. El correcto radio de raspado asegura que toda la banda de rodamiento se va a asentar sobre la superficie raspada sin tener que crear ángulos pronunciados que provocarían esfuerzos innecesarios, pudiendo llegarse a un despegue de la banda.

Con el fin de mejorar la calidad en el producto final se recomienda la utilización de las plantillas de comprobación de radio de raspado, las que se pueden fabricar en Duralon y son una guía muy sencilla para el obrero, el cual, una vez raspada la llanta tiene que colocar sobre la corona de la misma la plantilla que requiera según la medida de la llanta y así comprobar que se haya dado un radio de raspado correcto. Estos radios de raspado deben ser respetados según la medida de la llanta y según el tipo de construcción de la misma. En

las tablas 11 y 12 se puede apreciar los radios de raspado para llantas convencionales y radiales

**Tabla 11: Radios de Raspado Llanta Convencional**

<b>Llanta Diagonal</b>	
Medida	Radio de Raspado
750X16	16"(410mm)
8.25X20	18"(460mm)
9.00X20	18"(460mm)
10.00X20	18-22"(460-560mm)
11.00X20	18-22"(460-560mm)
12.00X20	18-22"(460-560mm)

**Fuente:** Los autores

**Tabla 12: Radios de Raspado para llanta Radial**

<b>Llanta Radial</b>	
Medida	Radio de Raspado
7.50R20	18-20"(460-510mm)
8.25R20	18-20"(460-510mm)
9.00R20	18-20"(460-510mm)
10.00R20	22"(560mm)
11.00R20	22"(560mm)
12.00R20	22"(560mm)
11R22.5	22"(560mm)
12R22.5	22"(560mm)
275/80R22.5	24-26"(610-660mm)
295/80R22.5	24-26"(610-660mm)
315/80r22.5	24-26"(610-660mm)

**Fuente:** Los autores

Con la consecución de un correcto radio de raspado se obtendrá una mejora en la calidad de la llanta ya que se esperan menores porcentajes de reclamo, también se debe tomar muy en cuenta la tabla de texturas; como se explicó anteriormente la textura que debe resultar del raspado es RMA 3 o RMA 4,

estas texturas son dadas por la *Rubber Manufacturer Association*, y se las debe respetar ya que es la textura adecuada para que se logre una correcta adhesión del material a ser colocado sobre la llanta. En el gráfico 60 presenta la tabla de texturas.

**Gráfico 60: Texturas de Raspado**



Fuente: Rubber Manufacturer Association, 2000

#### **5.2.4 Reducción de Tiempos en Craterización**

Con la ayuda de tabla de tiempos se puede apreciar claramente que este subproceso es un cuello de botella altamente importante en el proceso de reencauche ya que puede demorarse hasta diez veces el tiempo que se demora en cualquier otra etapa del proceso. Esto se debe a que hay muchas llantas que presentan fallas grandes pero que no son motivo de rechazo y es por esto que se las debe trabajar ya que son llantas aptas para ser reutilizadas.

Una solución viable para disminuir este cuello de botella es colocar un trabajador mas en área de cardeo con todos los implementos que este necesite, de esta manera no se bajará el tiempo por llanta, pero si se podrá

realizar más llantas al día y esto significará un aumento considerable de la producción, ya que los otros puestos de trabajo no están exigidos al 100% y se podría lograr un aumento de producción de hasta un 10% con el aumento de un trabajador.

Otra solución para este subproceso es la de implementar plantillas de control, ya que en muchas ocasiones el trabajador pierde veinte minutos trabajando una llanta para luego llegar a la conclusión de que la llanta no es apta.

Es por esto que se propone la creación en *duralon* de plantillas con los tipos de daños y las medidas máximas permitidas de los mismos, con el fin de que el trabajador tenga un criterio rápido de si la llanta pasa o no pasa y de esta manera evita pérdidas de tiempo innecesarias.

Para que las mejoras se puedan aplicar y sean de beneficio para la empresa se debe lograr un total compromiso por parte de los trabajadores y jefes de grupo, para que estos realicen un chequeo constante de que se cumplan las disposiciones, de igual manera se deberá colocar las reglas claras para el personal ya que si ellos no cumplen con lo establecido la mejora será simplemente teórica.

**Tabla 13: Tabla de mejoras propuestas**

<b>Mejoras propuestas</b>
Sistema japonés de las 5Ss
Código de colores para el raspado
Plantillas de radio de raspado y texturas
Reducción de tiempos en craterización

**Fuente:** Los autores

## **6 CAPITULO VI. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA**

Mediante todos los análisis y mediciones realizadas se llegó a la conclusión de que el proceso tiene fallas importantes y por lo tanto requiere de soluciones puntuales y de fácil aplicación, es por este motivo que se va a realizar un plan de seguimiento y de implementación de las mejoras propuestas.

### **6.1 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA LA ESPERA POST RASPADO**

Se requiere de muy poco material para realizar esta mejora, lo que es de vital importancia es que se dé un seguimiento exhaustivo a los trabajadores, tanto al personal de raspado, como al personal de craterización ya que ellos son los directamente afectados en esta mejora, se tendrá que vigilar muy de cerca que los obreros cumplan con la labor de trabajar las llantas producidas en ese día, y los jefes de grupo no deben permitir que llantas de alta complejidad de trabajo queden relegadas, y esperen más del tiempo establecido en la propuesta de mejora teórica.

De igual manera en lo referente a la utilización de plantillas. Es por este motivo que se propone la creación de hojas de verificación del trabajo.

#### **6.1.1 Creación de Hojas de Verificación**

El objetivo de las hojas de verificación es asegurar al empleado que recibe la llanta, que todos los trabajos estén realizados correctamente. Esta hoja se entregará a cada trabajador en cada lugar de trabajo y cada obrero que reciba la llanta deberá verificar que se hayan cumplido todas las actividades.

Gráfico 61: Registro de Procesos

	<b>REGISTRO GENERAL DE LOS PROCESOS</b> PROCESO:	FECHA Y TURNO
---	---	---------------

OBSERVACIONES

NUMERO	MATRICULA	MARCA	MEDIDA	#DE ENTRADA

Fuente: Los autores

Esta práctica puede tomar un poco de tiempo pero es muy útil ya que evitará que las llantas salgan al reproceso o peor aun regresen como reclamo.

Se propone principalmente dos hojas de verificación, la primera será entregada en el puesto de reparación; en esta hoja se verificaría que:

- Las craterizaciones se encuentren dentro de los límites de trabajo.
- Las texturas sean las adecuadas.
- Que los cercos y los costados de la llanta estén reparados si estos lo requerían.

Y la segunda se entregará en el proceso de embandado, y esta constará de los siguientes puntos.

- Todas las reparaciones estén rellenas.
- Las unidades de reparación estén correctamente colocadas.
- La banda de rodamiento tanto en elección del cliente como en ancho de la misma sea correctamente seleccionada.

Este simple proceso de control está dispuesto con el fin de evitar realizar trabajos en exceso en la llanta ya que todo los subprocesos son reajustables antes de que la llanta sea vulcanizada, una vez que la llanta se ha vulcanizado cualquier reparación significará entrar nuevamente al autoclave y es un gasto significativo de recursos energéticos y de tiempo, los mismos que se traducen en un costo para la empresa, ya que a más de ser un reproceso el espacio que significa una llanta de este tipo en el autoclave significa el espacio que pudo haber sido utilizado por otra llanta.

### **6.1.2 Creación de Políticas de Trabajo**

Con el fin de poder aplicar todas estas recomendaciones se debe implementar políticas de trabajo por parte de los jefes de grupo de la empresa, los trabajos

de mejora propuestos necesitan ser cumplidos con el fin de bajar en una medida considerable los tiempos de producción y mejorar la calidad, es por este motivo que se recomienda la adaptación de políticas estrictas para el cumplimiento de las mejoras propuestas.

**Tabla 14: Actividades y Responsabilidades**

<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Plazo</b>	<b>Recursos</b>
Aplicación de las 5S's en Bodega de Carcasas.	Javier Balseca	1 Mes	Implementos de limpieza, Rótulos, Ayuda de personal.
Utilización de plantillas de textura y radio de raspado.	José Usiña	3 Semana	Plantillas
Utilización de plantillas de tamaño de daño en Craterización.	Sergio Serna Franklin Pinargote	3 Semana	Plantillas
Aplicación de código de Colores en espera Post Raspado.	José Usiña	1 Mes	Conos de Colores

**Fuente:** Los autores

Cabe recalcar que se debe hacer un seguimiento estricto de estas recomendaciones, este control debe ser llevado a cabo por el Sr. Javier Haro y el Sr. Luis Andrade, los mismos que son jefes de grupo y ellos serán los responsables con gerencia de que los trabajos propuestos se lleven a cabo, y tendrán la potestad de colocar sanciones cuando no se realice el trabajo, así como tienen la obligación de hacer cumplir con las disposiciones.

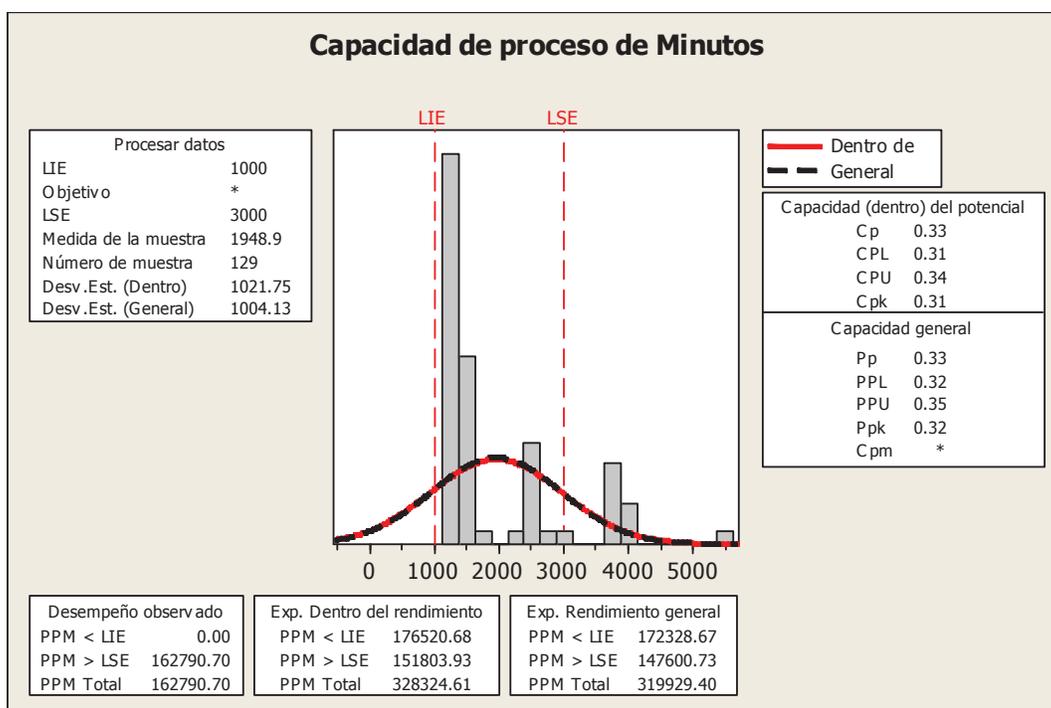
## **6.2 FASE DE CONTROL**

Una fase importante del ciclo DMAIC es el control, que permite verificar que las actividades son ejecutadas y que los resultados se están logrando.

Una vez que se han aplicado las mejoras se ha realizado una nueva medición en los tiempos de producción, respetando el mismo número de llantas

muestreadas y atacando únicamente a las medidas requeridas. La tabla completa de tiempos se encuentra en la sección de los anexos. (Anexo 3). En el gráfico 62 se presenta el histograma del proceso luego de realizadas algunas de las implementaciones sugeridas en el plan de acción.

**Gráfico 62: Histograma de Tiempos de Producción en Minutos**



**Fuente:** Los autores

Como se puede apreciar en la gráfica se ha obtenido una agrupación en los tiempos de producción de cada llanta, y se nota claramente una disminución de la media de los tiempos de producción en casi un día, este logro es de vital importancia para la empresa ya que con este resultado se ha conseguido la disminución de tiempos de espera de las llantas que han ingresado a la planta de producción. En el gráfico 63 se hace una comparación entre la situación inicial y final referida a los tiempos de producción.

**Gráfico 63: Gráfica de Agrupación de los Tiempos de Producción de cada llanta**

Fuente: Los autores

**Gráfico 64: Gráfica de Agrupación de los Tiempos de Producción de cada llanta**

Fuente: Los autores

En los gráficos anteriores se pueden apreciar los resultados prácticos de la aplicación de las medidas planteadas. Se redujeron los tiempos de proceso de 3900 minutos a 1949 minutos, sin cambios en la calidad; lo que representa un

mejoramiento del 50%, aplicando medidas simples. En lo que se refiere a la desviación estándar, se disminuyó de 3122 a 1004 minutos, representando un mejoramiento del 67,84%.

Es importante lograr que los cambios se mantengan en el tiempo.

### 6.2.1 Factibilidad Económica

Todas las mejoras que se implementaron y las que se quiere implementar a futuro tienen un costo, y es muy importante analizar si éste es justificable ante el beneficio que se espera obtener; para ello se realizó un análisis económico que permite establecer si las mejoras propuestas son viables, y en caso de serlo será la Tasa Interna de Retorno TIR, el Valor Actual Neto VAN y el periodo de recuperación de la inversión los que hablen de la viabilidad económica del proyecto. Con el fin de entender el análisis económico, se deberá entender ciertos conceptos.

#### 6.2.1.1 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR de una inversión está definida como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para reinvertir. Para calcular la TIR se aplica la siguiente fórmula:

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i \cdot F_i} \quad (7.1)$$

Fi= valor del flujo de caja del período t

N= número de períodos

I= inversión inicial

### 6.2.1.2 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Consiste en actualizar mediante una tasa los flujos de caja futuros de un proyecto y se resta la inversión inicial, de manera que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. Para calcular el VAN se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (7.2)$$

$V_t$ =flujos de caja en el período t

$I_0$ = valor de la inversión inicial

$N$ = número de períodos

### 6.2.1.3 Período de Recuperación de la Inversión

El periodo de recuperación de la inversión, PRI, es uno de los métodos que en el corto plazo puede tener el favoritismo de algunas personas a la hora de evaluar sus proyectos de inversión. Por su facilidad de cálculo y aplicación, el Período de Recuperación de la Inversión es considerado un indicador que mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo, pues permite anticipar los eventos en el corto plazo.

Es importante anotar que este indicador es un instrumento financiero que al igual que el VAN y la TIR, permite optimizar el proceso de toma de decisiones.

El PRI es un instrumento que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos de caja netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

Para calcular el flujo neto de efectivo se debe acudir a los pronósticos tanto de la inversión inicial como del estado de resultados del proyecto, la inversión inicial supone los diferentes desembolsos que se harán en el momento de ejecutar el proyecto (año cero).

El principio en que se basa este método es que, en tanto más corto sea el plazo de recuperación y mayor la duración del proyecto, mayor será el beneficio que se obtenga. El período de recuperación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Período de Recuperación} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Utilidad anual Promedio (sin depreciación)}} \quad (7.3)$$

## 6.2.2 Análisis Económico para Proyectos de Producción más Limpia

Debido a que en el presente proyecto se han considerado elementos de Producción más Limpia, se realizará la evaluación económica del mismo, con este enfoque. Los cálculos contemplan los conceptos de TIR, VAN y Período de Recuperación de la Inversión.

Para el caso del presente proyecto se consideran las diferencias de costos entre la situación inicial y la final referidas principalmente al gasto mensual en recursos energéticos (que es lo que diferencia a la situación inicial y final), para un valor establecido de inversión inicial)

### 6.2.2.1 Costo de Energía Mensual

El proyecto involucra directamente un mejoramiento en el consumo energético debido a un aumento de productividad y uso más eficiente de los recursos. Los principales insumos de energía que se consumen en la empresa mensualmente son: energía eléctrica y diesel para alimentar al caldero. A

continuación se presenta una tabla con el valor mensual promedio de los últimos 12 meses, consumido en estos dos rubros y los valores anualizados.

**Tabla 15: Valor Mensual Promedio de Recursos**

<b>Recurso</b>	<b>Consumo anual</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total Anual</b>
Energía Eléctrica	281.412Kw/h	0,083\$/Kw/h	23.535,27\$
Diesel	24.000Gal/mes	0,99\$	23.760\$

**Fuente:** Los autores

Las inversiones previstas para la implementación del proyecto se pueden apreciar en la tabla a continuación:

**Tabla 16: Valores Correspondiente a las Inversiones Requeridas**

<b>Ítem</b>	<b>Costo</b>
Cursos Motivación	\$1.500
Cursos Técnicos	\$2.000
Plantillas de Radio de Raspado	\$500
Plantillas de Tamaño de Daño	\$250
Plantillas de Textura	\$300
Plan Estratégico	\$15.000

**Fuente:** Los autores

Los cursos serán realizados por la Fundación OMY, la misma que ya ha dictado cursos en la empresa y han sido muy bien aceptados por los trabajadores y han dejado una muy buena imagen hacia el personal administrativo, el valor aproximado de los Cursos de motivación es de 1.500 USD, y los cursos técnicos, serán dictados por el personal de Auto mundial Colombia, los mismos que son proveedores de la empresa. Los cursos dictados por su personal técnico es de 2.000 USD.

Por otro lado la Empresa Imaneumagic puede proveer de las plantillas, las mismas que en total tienen un valor de 1.050 USD.

Se ha considerado adicionalmente la realización de la planificación estratégica de la empresa, tomando en cuenta que se deben establecer nuevos parámetros de trabajo y objetivos, para el aumento de productividad que se logrará. La planificación estratégica permitirá a la empresa orientarse de una manera más segura al futuro al establecer su filosofía corporativa, objetivos, estrategias, etc. al buscar posicionar al reencauche como una alternativa económica y ambiental de mucha importancia.

El horizonte establecido para el presente proyecto es de 10 años.

Los valores para la TIR y el VAN obtenidos son extremadamente elevados debido a que se requiere realizar inversiones muy pequeñas comparadas con el beneficio económico alcanzado; esto es bastante común en proyectos de Producción más Limpia cuando una empresa empieza a aplicarla. Estos resultados no son comunes en proyectos de inversión donde valores de la TIR sobre el 20% son muy buenos, pero no se esperan nunca valores tan elevados. El periodo de recuperación de la inversión es de 0,21 meses, esto se debe a que la inversión es muy baja y los beneficios que se proyectan son muy altos, es por este motivo que se espera una recuperación de inversión muy rápida. En el anexo 11 se pueden apreciar los cálculos correspondientes.

EL valor resultante del VAN es de 5`562.486. El valor resultante de la TIR es de 5.670,3%.

### **6.3 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL**

Uno de los problemas más grandes de la humanidad en la última época ha sido el deterioro del medio ambiente, ya sea el aire, el suelo o el agua.

Las llantas son uno de los peores contaminantes, tienen un tiempo de degradación muy elevado, que puede tardar hasta mil años, lo cual significa que pueden contaminar por mucho tiempo hasta volverse inofensivas.

Los principales componentes de una llanta son:

**Tabla 17: Materiales Contaminantes**

<b>Materiales</b>	<b>Autos Livianos</b>	<b>Transporte Pesado</b>
Caucho y Elastómeros	48%	42%
Negro de Humo	22%	24%
Metal	15%	27%
Textiles	5%	5%
Oxido de Zinc	1%	2%
Azufre	1%	1%
Aditivos	8%(1% de Cloro)	6%(1% de Cloro)

**Fuente:** Norma técnica Colombiana, Reencauchadora Europea, 2005

Una de las soluciones que se encontró hace algún tiempo atrás era incinerar todas estas llantas, con el fin de hacerlas desaparecer. Pero lo único que se logro fue limpiar el suelo, para contaminar el aire, ya que la quema produce grandes cantidades de dióxido y monóxido de azufre, así como también cantidades muy importantes de dióxido y monóxido de carbono, mismos que producen un daño extremadamente grande a la atmosfera y a la capa de ozono ya que produce muchos de los gases que son conocidos como gases invernadero.

Debido a que las llantas tienen el 1% de su peso en cloro (considerando que una llanta de camión pesa en promedio 50Kg), se forma otro compuesto ambientalmente nocivo al quemar llantas, y son las dioxinas.

Las que generalmente se producen cuando se queman las llantas en las cementeras, al ser utilizadas como combustible para sus hornos. Esto es algo muy grave por que producen grandes cantidades de dioxinas, mercurio, hidrocarburos, y metales pesados como Plomo, Zinc, Níquel y Vanadio. Esto es muy grave ya que no únicamente contamina el aire, sino que también se contamina el suelo y las aguas subterráneas con los residuos que resultan de la incineración, y también el cemento que se produce puede llegar a ser nocivo.

Existen 2 tipos de dioxinas:

- Policarbonatos di benceno p dioxinas
- Policarbonatos di benceno forano.

Existen más de 220 compuestos en la composición química de las dioxinas, muchos de los cuales producen toxinas en los mamíferos.

Las intoxicaciones pueden ser:

- Agudas y subagudas.- Lesiones en la piel iguales a quemaduras, cloracne, anorexias, irritabilidad, diarreas.
- Crónicas.- cefalea, hiperpigmentación, alteraciones en el metabolismo hepático y hasta mutaciones.

Según estudios se encontró que el problema de las dioxinas puede ser eliminado si el horno donde se realiza la incineración se encuentra sobre los 1450° C.

Debido a la quema de llantas se pueden dar enfermedades como irritación de los ojos, irritación de las membranas mucosas, y afección al sistema respiratorio.

Con la quema de llantas el riesgo de enfermedades mutagénicas es 16 veces mayor que con la quema de madera.

Otro de los problemas de la quema de llantas es que no solamente se contamina el aire en grandes cantidades, si no que al quemar las llantas, también producen desechos líquidos y sólidos, los cuales también contaminan el suelo y las aguas superficiales, las mismas que al filtrarse contaminan también las aguas subterráneas.

En una planta que incinera llantas, por 7.000 llantas/año se midieron los siguientes valores de emisiones al aire:

**Tabla 18: Emisiones de Contaminantes**

<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD(Kg/Año)</b>
Partículas	20.286Kg/Año
Cloruro de Hidrogeno	689Kg/Año
Dióxido de Azufre	5.489Kg/Año
Oxido de Nitrógeno	26.404Kg/Año
Monóxido de Carbono	35.098Kg/Año

**Fuente:** Ministerio de medio ambiente, 2011.

Esta medición se realiza tomando en cuenta todos los filtros y sistemas de purificación respectivos que tienen las plantas de reciclaje de llantas utilizando el método de la pirolisis (incineración). Este método es el método más sencillo de llevar a cabo, y logra reciclar el caucho de una manera bastante efectiva.

El principal problema de este método es que como se puede observar en las tablas de datos, es un método el cual afecta muchísimo al medio ambiente, ya que produce demasiadas emisiones al aire y además los restos que resultan de la incineración son muy contaminantes para el suelo y las aguas.

Además se encontró que por cada llanta que se incinera se obtiene 1.13 Kg de escoria metálica, 0.49Kg de Yeso, y 0.27Kg de ceniza con alto contenido de Zinc (aproximadamente 45%). Según datos del ministerio de medio ambiente

A continuación se presenta un listado con los contaminantes que se dan por la quema al aire libre de neumáticos:

- Monóxido de Carbono
- Dióxido de Carbono
- Dióxido de azufre
- Oxido de nitrógeno

- Oxido de Zinc
- Oxido de Plomo
- Hollín
- Furanos
- Tolueno
- Xileno
- Fenoles

La quema al aire libre de llantas es la amenaza más grave para el medio ambiente ya que en este tipo de quema no existen filtros, ni medios de purificación que retengan a los elementos más peligrosos, si no que estos son liberados al aire causando un daño aun más grave, y también los residuos que resultan de la quema de la llantas contaminan directamente al suelo y a las aguas superficiales.

Muchas de las llantas son consideradas basura y son desechadas en ríos, quebradas, y espacios verdes, sin tener en cuenta que se demoran más de mil años en biodegradarse, también al estar desechadas se convierten en fuentes de propagación de plagas, ratas y al llenarse de agua son el lugar propicio para la proliferación de mosquitos que pueden ser portadores de enfermedades.

Es por este motivo que la opción del reencauche es muy importante ya que muchas de estas llantas no serán desechadas, si no que podrán cumplir un nuevo ciclo de vida, y también es una opción a largo plazo de frenar la fabricación de llantas nuevas, donde se utiliza mucho caucho natural obtenido de los árboles de caucho y de caucho sintéticos obtenido de la extracción de petróleo. Dependiendo del cuidado que se le dé a una carcasa y de la aplicación que sufra la misma, una llanta se puede reencauchar hasta cinco veces, en aplicaciones mineras de baja velocidad y poco recorrido en caminos de tercer orden, mientras que en aplicaciones de recorridos largos una llanta muy bien cuidada puede ser reencauchada hasta tres veces, la vida útil promedio de una carcasa en nuestro país es de un reencauche y en pocas

oportunidades dos. Lo cual significa que el promedio de vida de una llanta en el país es de 250.000Km.

Este apartado es de vital importancia para la comunidad y humanidad en general, el reencauche de por sí es un método de reciclaje que ayuda en gran medida con el problema de contaminación, al suelo.

para poder llevar a cabo el proceso de reencauche se utiliza una gran cantidad de combustible, el mismo que produce CO<sub>2</sub> que es expulsado al aire, es por esto que al resultado final de emisiones se ha mejorado considerablemente ya que al disminuir el tiempo promedio de proceso por llanta, se baja también el tiempo que tiene que estar encendido el caldero, y por lo tanto se reduce la cantidad total de emisiones de CO<sub>2</sub> debido a que se restringe la utilización de combustible para el caldero. Sumado a esto, se elimina la posibilidad de que la llanta sea botada en algún lugar (contaminación del suelo) o sea incinerada (contaminación del aire), aportando indirectamente a cuidar el ambiente.

El CO<sub>2</sub> o Dióxido de Carbono es uno de los gases que se producen al quemar combustible, y es uno de los principales gases de efecto invernadero, la quema de diesel aporta con 2,6 Kg/litro según el sitio de Internet [www.ecolo.org](http://www.ecolo.org), esta es una cantidad muy alta si se considera que la empresa utiliza 2.000 galones de diesel al mes.

**Tabla 19: Contaminación por Diesel**

<b>Tabla de Contaminación por Diesel</b>			
<b>Tiempo</b>	<b>Galones de Diesel</b>	<b>Litros de Diesel</b>	<b>Cantidad de CO<sub>2</sub> emitida Kg</b>
1 Mes	2.000	7570,00	19.682
1 Año	24.000	90840,00	236.184

**Fuente:** Los autores

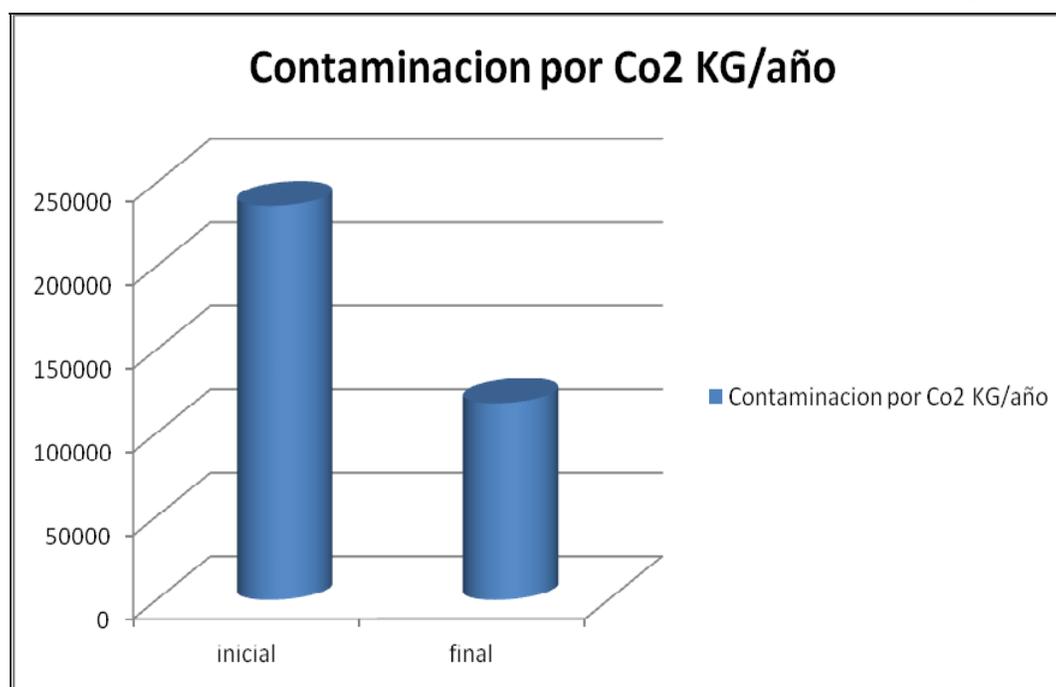
Con los cambios propuestos se puede reducir estos valores a la mitad y aumentar la producción y de esta manera se lograría que una mayor cantidad de llantas puedan ser reencauchadas.

Tabla 20: Contaminación por Diesel

Tabla de Contaminación por Diesel			
Tiempo	Galones de Diesel	Litros de Diesel	Cantidad de Co2 emitida Kg
1 mes	1.000	3.785,00	9.841
1 año	12.000	45.420,00	118.092

Fuente: Los autores

Gráfico 65: Gráfica de comparación de Kg de Co2



Fuente: Los autores

En promedio se utilizaba inicialmente un promedio de 0,66 Galones de diesel por llanta producida, pero al reducir los tiempos de producción a la mitad se utilizaría un promedio de 0,33 galones de diesel por llanta producida, lo mismo que se traduce en una menor contaminación ambiental.

Como se puede apreciar los consumos de combustible se podrían reducir a la mitad del lo habitual y este sería un aporte muy importante con el medio ambiente, cabe recalcar que el caldero de la empresa se encuentra en óptimas condiciones y es revisado una vez al mes por una empresa consultora ambiental. Como se indica en el gráfico 6.5.

## **7 CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación se detallan las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron a lo largo de la aplicación del proyecto. La intención es que se implemente el plan de mejora en la planta de producción de Reencauchadora Europea y que las recomendaciones permitan la estandarización de las mejoras en todos los productos.

### **7.1 CONCLUSIONES**

La implementación de la mejora permitió una drástica reducción de tiempos en el proceso de reencauche y también una reducción considerable de costos de producción.

A través de la ejecución del proyecto se logró aumentar la capacidad del proceso de 0.12 a 0.33 y disminuir el tiempo promedio de procesamiento, de 3888 minutos a 1948 minutos.

Se desarrollaron herramientas de fácil aplicación para los operarios, que permitió mejorar el desempeño del proceso. Herramientas como: los códigos de colores por día, hojas de registro de proceso.

- El plan de mejora propuesto es viable, ya que en el análisis Beneficio-Costo realizado, los valores de TIR y VAN son mayores a 0, haciendo rentable para la empresa la implementación del proyecto y logrando la recuperación de la inversión en un periodo de 0,21 meses.
- Se logró un beneficio ambiental muy importante, debido a que se bajó la producción de Kg de Co<sub>2</sub>/año de 250000 a 150000
- Se inició con la implementación del plan de acción, obteniendo resultados muy positivos como una disminución del 50% en la media del tiempo de

producción y del 50% en la desviación estándar del proceso que permiten ver las bondades de la Producción Más Limpia y del método DMAIC y que se ven reflejados en el aumento de la capacidad del proceso, disminución del tiempo promedio, mejoramiento del ambiente de trabajo a través de la aplicación de las 5 S's

## **7.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda para la planta de producción la continuidad de la implementación de la mejora, y la aplicación de las demás mejoras propuestas para el propio beneficio de la empresa.
- Se debe realizar encuestas a los distribuidores para conocer cuál es su percepción de la disminución de tiempos de producción y conocer si se logró mejorar la satisfacción del cliente.
- Realizar un análisis para verificar la potencia de las herramientas que se entregó a los obreros y la facilidad de su uso
- Seguir con la implementación de este proyecto, ya que según el análisis económico representa una baja inversión y entrega resultados.
- Se recomienda hacer un estudio de partículas flotantes en la empresa para lograr un mejor ambiente de trabajo para el personal, así como un estudio del nivel de ruido interno que se relaciona directamente con riesgos de trabajo y salud ocupacional.
- La capacitación al personal debe ser constante y se debería evaluar el nivel de aprendizaje con el fin de tener personal altamente técnico.
- Realizar mantenimiento planificado de la maquinaria, y no esperar a que sea un mantenimiento correctivo.

- Se recomienda que la empresa imponga como política la implementación del Kaizen, es decir de la mejora continua en todos los procesos.
- El plan de Mejora propuesto cumple con las necesidades de la planta de reencauche para la optimización de procesos y pérdidas innecesarias de tiempo, así como para el mejor desempeño de sus empleados. Es cuestión de la empresa implementar las mejoras propuestas para llegar a obtener un nivel mayor de productividad.
- Es importante prestarle mucha atención a la fase de control del método DMAIC, a través de actividades que impidan volver a la situación inicial, Esto puede realizarse por medio del establecimiento y aplicación de procedimientos, capacitación y entrenamiento y seguimiento periódico, hasta que se transforme en parte de la cultura organizacional.
- La empresa debería realizar la planificación estratégica, incluido el seguimiento y medición correspondientes, para lo cual puede aplicar conceptos de *Balanced Scorecard*, que ha demostrado ser una herramienta útil y práctica para lograr este fin.

## TERMINOLOGÍA

**6σ.-** Símbolo utilizado para representar la metodología Seis Sigma.

**CAD.-** Diseño asistido por Computador.

**Cp.-** Capacidad Potencial del Proceso.

**Cpk.-** Capacidad Real del Proceso.

**CTS.-** Características críticas para la satisfacción.

**CTX.-** Características críticas para el Proceso.

**CTY.-** Características críticas para el Producto.

**DMAIC.-** Fases de la Metodología Seis Sigma.

**MINITAB.-** Programa de computación diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas.

**SEIS SIGMA.-** Metodología de mejora centrada en la reducción de la variabilidad de los procesos.

**Llanta.-** Objeto de forma anular, el cual contiene aire y tiene el fin de sustentar la carga y facilitar el movimiento del vehículo.

**Carcasa.-** Refiriéndose a llantas la carcasa es la llanta que ya cumplió con su primer ciclo de vida y es apta para ser reencauchada.

**Reencauche.-** Dar una vida útil a la carcasa, mediante la colocación de una nueva banda de rodamiento.

**Reencauche al frío.-** Proceso en el que se coloca una banda procurada y se trabaja hasta máximo con temperaturas de 110° C

**Banda de Rodamiento.-** segmento de caucho precurado el cual lleva labrado un diseño en su cara superior, la misma que va a estar en contacto con el suelo.

**Cojín (Cushion).-** Lamina de caucho natural, el cual permite la vulcanización entre la carcasa y banda de rodamiento.

**Producción.-** Se relaciona con la actividad de producir bienes y servicios.

**Trazabilidad.-** Es el historial de la elaboración de un producto donde por medio de muestreos se obtiene su fallo.

**Productividad.-** Se relaciona con la eficacia y la eficiencia con los cuales se obtienen los productos.

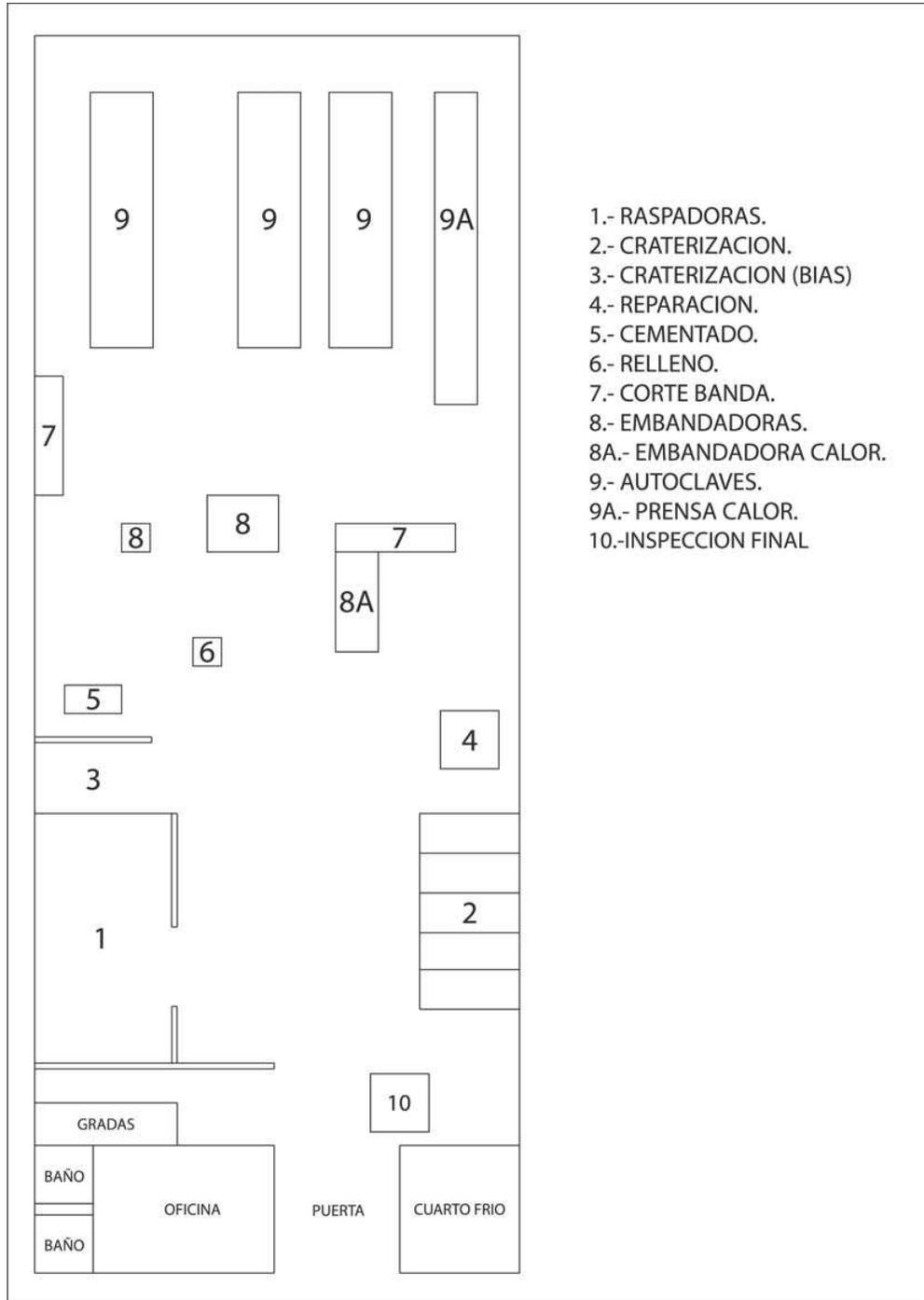
## REFERENCIAS

- DE MOURA, Eduardo, Formación de Especialistas Six Sigma, Moura Quali, Quito, 2009.
- ECKES, George, El six sigma para todos, Grupo Editorial Norma, 2004.
- GALINDO, Edwin, Estadística Métodos y Aplicaciones, Prociencia, 2da. Edición, Quito, 2006.
- Manual de Reencauche Auto mundial, Edición 2008.
- Manual de Reencauche Good Year, 1990.
- Manual de Reencauche Hules Banda, Edición 1996.
- Norma Técnica Colombiana, Edición 1995.
- PANDE, Peter, ¿Qué es Seis Sigma?, McGraw Hilll Profesional, España, 2002.

# ANEXOS

## ANEXO 1

### Lay out de planta producción de Reencauchadora Europea



## ANEXO 2

**LISTADO DE PRODUCCION SEMESTRAL 2DO SEMESTRE 2010 1 ER SEMESTRE 2011**

MEDIDA	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL AÑO	PROMEDIO	PROMEDIO SEMANAL
RIN13	4	3	5	1	2	2	17	3	1	2	3	1	4	31	3	1
RIN14	4	5	1	6	1	4	21	6	2	4	3	1	5	42	4	1
600X14	91	97	97	105	83	133	606	97	82	128	142	95	103	1253	104	26
E78X14	0	1	4	4	1	2	12	1	0	2	4	3	5	27	2	1
205X14	20	33	27	29	6	9	124	31	20	26	15	30	21	267	22	6
205X15	23	18	28	29	14	8	120	24	9	14	27	21	19	234	20	5
225X15	23	34	38	28	15	21	159	19	12	36	31	23	39	319	27	7
700X15	125	95	131	38	90	62	541	115	84	109	98	131	111	1189	99	25
L78X15	4	7	2	0	0	0	13	2	0	3	1	6	3	28	2	1
650X16	32	25	33	25	38	29	182	26	17	31	28	24	38	346	29	7
H78X16	14	15	24	24	3	5	85	16	9	17	13	15	19	174	15	4
700X16	63	37	39	40	50	37	266	38	28	46	39	57	63	537	45	11
750X16	367	394	291	298	298	217	1865	315	209	285	340	362	375	3751	313	78
750R16	94	82	105	90	72	76	519	96	75	104	88	112	95	1089	91	23
825X16	61	67	48	52	44	33	305	59	48	65	69	52	75	673	56	14
825R16	113	45	140	89	93	51	531	112	83	96	115	156	92	1185	99	25
750X20	54	49	75	39	50	56	323	53	33	56	41	53	48	607	51	13
750R20	5	1	8	7	2	2	25	5	1	8	4	7	13	63	5	1
825X20	77	108	101	81	98	57	522	75	60	115	107	98	82	1059	88	22
825R20	161	171	175	110	204	150	971	102	95	115	208	194	189	1874	156	39
900X20	97	87	118	80	109	66	557	91	85	103	108	112	119	1175	98	24
900R20	183	165	207	123	168	66	912	70	88	119	103	207	173	1672	139	35
1000X20	72	103	129	86	87	75	552	83	70	119	126	108	123	1181	98	25
1000R20	38	32	31	34	31	15	181	34	26	31	38	37	39	386	32	8
1100X20	99	86	91	80	99	48	503	53	47	86	79	61	97	926	77	19
1100R20	14	30	23	22	15	15	119	17	19	21	16	28	20	240	20	5
1200X20	174	194	161	162	166	113	970	120	100	132	169	211	197	1899	158	40
1200R20	48	57	43	60	37	28	273	48	29	39	52	69	45	555	46	12
1100X22	9	2	0	0	3	0	14	1	0	3	5	8	2	33	3	1
1100R22	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	1	6	1	0
10R22.5	20	10	14	3	9	2	58	4	3	8	16	5	7	101	8	2
11R22.5	237	295	298	306	314	149	1599	215	202	256	249	273	239	3033	253	63
12R22.5	412	370	337	440	306	251	2116	225	198	352	372	408	385	4056	338	85
275/70R22.5	55	18	29	29	45	15	191	23	13	36	42	38	41	384	32	8
275/80R22.5	100	88	97	116	87	42	530	37	32	89	93	78	103	962	80	20
295/80R22.5	191	222	203	245	242	184	1287	216	197	238	241	269	261	2709	226	56
315/80R22.5	48	63	39	69	35	37	291	37	38	42	31	48	52	539	45	11
<b>TOTAL</b>	<b>3132</b>	<b>3110</b>	<b>3193</b>	<b>2950</b>	<b>2917</b>	<b>2060</b>	<b>17362</b>	<b>2469</b>	<b>2015</b>	<b>2937</b>	<b>3118</b>	<b>3401</b>	<b>3303</b>	<b>34605</b>	<b>2884</b>	<b>721</b>

MEDIDA	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL AÑO	PROMEDIO	PROMEDIO SEMANAL
750R16	94	82	105	90	72	76	519	96	75	104	88	112	95	1089	91	23
825R16	113	45	140	89	93	51	531	112	83	96	115	156	92	1185	99	25
750R20	5	1	8	7	2	2	25	5	1	8	4	7	13	63	5	1
825R20	161	171	175	110	204	150	971	102	95	115	208	194	189	1874	156	39
900R20	183	165	207	123	168	66	912	70	88	119	103	207	173	1672	139	35
1000R20	38	32	31	34	31	15	181	34	26	31	38	37	39	386	32	8
1100R20	14	30	23	22	15	15	119	17	19	21	16	28	20	240	20	5
1200R20	48	57	43	60	37	28	273	48	29	39	52	69	45	555	46	12
1100R22	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	1	6	1	0
10R22.5	20	10	14	3	9	2	58	4	3	8	16	5	7	101	8	2
11R22.5	237	295	298	306	314	149	1599	215	202	256	249	273	239	3033	253	63
12R22.5	412	370	337	440	306	251	2116	225	198	352	372	408	385	4056	338	85
275/70R22.5	55	18	29	29	45	15	191	23	13	36	42	38	41	384	32	8
275/80R22.5	100	88	97	116	87	42	530	37	32	89	93	78	103	962	80	20
295/80R22.5	191	222	203	245	242	184	1287	216	197	238	241	269	261	2709	226	56
315/80R22.5	48	63	39	69	35	37	291	37	38	42	31	48	52	539	45	11
	1719	1650	1750	1743	1660	1083	9605	1241	1099	1555	1670	1929	1755	18854	1571	393

### ANEXO 3

Tabla de tiempos de producción (en minutos) con muestra de 129 llantas

TABLA DE TIEMPOS													tomada en minutos	
MEDIDA	TURNO	NOMBRE	LL1	LL2	LL3	LL4	LL5	LL6	LL7	LL8	LL9	LL10	LL11	LL12
Punteado			0,11	0,15	0,12	0,14	0,07	0,23	0,13	0,21	0,26	0,15	0,21	0,13
Espera			300	240	300	180	4320	7200	300	5820	12960	6480	1440	2880
total administrativo			300,11	240,15	300,12	180,14	4320,07	7200,23	300,13	5820,21	12960,26	6480,15	1440,21	2880,13
Raspado			4,34	3,58	3,52	5,56	5,47	3,58	5,40	2,45	3,49	3,33	4,05	3,47
Espera			60	180	120	150	2880	60	60	2400	1440	2880	240	360
Cráterizado			20,47	38,59	38,50	50,34	31,42	33,58	41,15	20,52	36,53	47,18	46,18	52,38
Espera			35	20	60	30	30	30	120	60	120	45	60	45
Reparacion			5,16	4,42	5,37	4,47	5,01	5,38	4,42	3,52	5,27	5,12	4,36	5,16
Espera			25	15	20	120	30	60	45	120	15	60	45	60
Cementado			3,26	3,14	3,52	3,16	3,38	3,07	3,52	3,49	3,32	3,48	3,36	3,17
Secado			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Relleno			4,39	1,51	1,36	3,04	1,04	4,35	1,57	2,16	1,23	2,45	3,15	4,06
Corte de banda			2,59	4,4	3,01	4,43	1,49	4,03	2,58	3,14	5,32	4,01	3,54	5,12
Enbandado			4,50	4,50	4,31	4,03	4,31	4,25	4,03	4,32	3,46	4,32	3,57	4,37
Espera			60	45	40	30	60	30	15	180	45	60	45	15
Armando Prevulcanizacion			2,45	2,30	2,51	2,42	2,56	2,44	2,37	2,52	2,31	2,48	3,26	4,08
Vulcanizacion			180	150	180	150	160	150	180	150	180	160	180	150
Espera			720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
Inspeccion Final			0,45	0,47	0,51	0,49	1,14	0,45	1,07	1,40	2,09	1,38	1,12	1,42
Pulir			0,47	0,5	0,38	0,42	0,54	0,36	0,43	0,28	0,45	0,31	0,38	0,37
tiempo proceso			1143,08	1208,41	1217,99	1293,36	3951,36	1126,49	501,54	3688,8	2598,47	4014,06	1377,97	1448,6
tiempo total minutos			1443,19	1448,56	1518,11	1473,5	8271,43	8326,72	801,67	9509,01	15558,73	10494,21	2818,18	4328,73
	tiempo Dias		1,00	1,01	1,05	1,02	5,74	5,78	0,56	6,60	10,80	7,29	1,96	3,01
	Dias aproximados		1	1	1	1	6	6	1	7	11	7	2	3

LL13	LL14	LL15	LL16	LL17	LL18	LL19	LL20	LL21	LL22	LL23	LL24	LL25	LL26	LL27	LL28	LL29	LL30
1,60	0,17	0,31	0,17	0,14	0,25	0,17	0,12	0,17	0,23	0,21	0,17	0,19	0,31	0,19	0,27	0,31	0,38
1140	5760	60	5760	2880	4320	900	5940	2880	2880	720	4880	14745	60	120	720	20400	8860
1141,6	5760,17	60,31	5760,17	2880,14	4320,25	900,17	5940,12	2880,17	2880,23	720,21	4880,17	14745,19	60,31	120,19	720,27	20400,31	8860,38
3,28	4,17	4,36	5,15	5,46	5,31	3,27	4,32	3,42	4,27	3,48	4,27	3,48	4,21	3,38	4,42	5,28	5,52
2200	720	360	780	2880	900	720	1820	2880	5700	480	1440	2400	120	120	1860	7260	4320
23,17	31,52	46,41	28,53	33,12	37,64	54,32	47,38	38,53	48,39	43,21	54,37	31,56	36,18	44,31	57,41	39,42	38,18
30	180	45	60	180	120	60	480	30	60	120	45	60	45	60	120	120	60
4,52	3,52	4,37	4,32	5,38	3,48	4,12	4,36	3,48	4,28	5,12	4,43	3,52	4,13	5,01	4,38	3,55	4,27
45	300	15	720	60	480	60	360	45	15	120	45	480	120	60	60	60	15
60	3,08	3,59	3,47	4,03	3,56	3,26	3,45	3,57	4,18	3,31	3,47	4,31	3,57	4,03	3,49	4,58	3,31
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
3,54	4,28	2,53	3,37	4,16	2,19	4,32	4,39	3,06	2,38	3,01	3,47	4,32	3,59	4,18	3,15	4,02	3,42
4,38	2,54	2,43	3,21	3,19	4,37	4,59	4,42	3,53	2,58	3,42	4,32	4,11	3,57	3,42	5,45	3,27	4,19
4,36	4,5	4,37	3,59	5,03	4,47	3,52	4,27	4,38	3,59	4,34	4,47	3,58	4,38	3,57	4,12	4,26	4,31
60	120	15	180	60	130	60	150	45	30	180	60	60	45	60	120	60	45
3,37	3,17	3,01	2,45	2,59	3,18	3,03	2,57	2,37	3,05	2,48	2,58	2,31	2,22	2,37	2,29	3,03	3,11
150	180	150	180	150	150	180	160	150	160	150	150	180	150	150	180	180	150
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
1,58	0,46	0,57	0,52	0,37	1,15	0,42	0,58	0,53	1,13	0,49	0,58	1,03	0,49	0,57	0,52	0,58	1,17
0,43	0,38	0,42	0,49	1,15	0,57	0,32	0,43	0,37	0,53	0,39	0,48	1,1	0,52	1,21	0,53	0,31	0,47
3328,63	2292,62	1392,06	2710,1	4129,48	2580,92	1896,17	3781,17	3948,24	6774,38	1854,25	2557,44	3974,32	1277,86	1257,05	3160,76	8483,3	5392,95
4470,23	8052,79	1452,37	8470,27	7009,62	6901,17	2796,34	9721,29	6828,41	9654,61	2574,46	7437,61	18719,51	1338,17	1377,24	3881,03	28883,61	14253,33
3,10	5,59	1,01	5,88	4,87	4,79	1,94	6,75	4,74	6,70	1,79	5,17	13,00	0,93	0,96	2,70	20,06	9,90
3	6	1	6	5	5	2	7	5	7	2	5	13	1	1	3	20	10

LL31	LL32	LL33	LL34	LL35	LL36	LL37	LL38	LL39	LL40	LL41	LL42	LL43	LL44	LL45	LL46	LL47
0,15	0,23	0,17	0,29	0,16	0,18	0,2	0,13	0,23	0,25	0,23	0,26	0,33	0,27	0,19	0,2	0,26
11520	360	240	5760	11520	14600	300	60	60	120	240	60	240	12960	11520	60	120
11520,15	360,23	240,17	5760,29	11520,16	14600,18	300,2	60,13	60,23	120,25	240,23	60,26	240,33	12960,27	11520,19	60,2	120,26
4,28	3,26	4,52	3,47	3,54	4,32	3,35	4,27	3,27	4,45	3,52	4,31	3,49	5,31	4,41	3,57	3,21
1440	1440	60	1440	8640	4320	60	300	300	240	240	120	60	8640	1380	60	120
42,38	39,47	58,17	48,52	39,52	22,19	38,42	41,28	45,17	33,29	41,39	27,53	47,13	28,35	31,27	43,53	52,11
180	60	45	120	60	45	60	30	30	30	30	120	60	30	120	60	60
4,28	3,52	4,12	3,59	3,27	4,18	4,37	4,19	3,58	4,36	3,45	4,28	4,21	3,48	4,07	4,27	3,58
180	90	60	120	60	60	30	60	60	30	30	60	60	30	60	30	120
3,21	2,58	2,45	3,17	3,21	3,03	2,59	3,41	3,26	3,17	3,32	3,47	4,26	3,38	3,58	4,03	4,18
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
3,27	4,15	4,31	4,11	4,14	3,49	4,114285714	4,1825	4,02	3,57	4,37	3,52	4,02	3,28	4,18	3,58	3,46
4,15	3,41	3,23	4,24	4,31	3,57	4,21	4,36	4,42	4,31	3,47	5,31	4,42	3,58	4,06	5,11	4,41
4,36	3,59	4,38	5,03	4,46	4,51	4,23	4,39	5,16	4,42	4,38	5,32	5,02	3,42	4,46	4,31	4,38
60	30	60	60	60	180	30	30	15	30	15	60	30	45	180	60	30
3,21	3,28	2,46	2,52	3,02	3,15	4,15	3,53	4,16	3,48	4,38	3,25	2,36	2,48	2,21	3,15	2,53
150	150	180	150	150	160	180	150	180	180	150	150	150	180	180	180	150
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
0,45	0,48	0,42	0,53	0,58	1,1	0,57	1,16	0,48	0,52	0,57	0,48	1,02	0,52	0,48	0,48	0,38
0,54	0,43	0,38	0,58	0,53	0,47	0,48	0,51	0,56	1,05	0,57	1,15	0,53	0,48	0,53	0,55	0,49
2815,13	2569,17	1224,44	2700,76	9771,58	5550,01	1161,484286	1376,2825	1394,08	1307,62	1269,42	1303,62	1171,46	9714,28	2714,25	1197,58	1293,73
14335,28	2929,4	1464,61	8461,05	21291,74	20150,19	1461,684286	1436,4125	1454,31	1427,87	1509,65	1363,88	1411,79	22674,55	14234,44	1257,78	1413,99
9,96	2,03	1,02	5,88	14,79	13,99	1,02	1,00	1,01	0,99	1,05	0,95	0,98	15,75	9,89	0,87	0,98
10	2	1	6	17	14	1	1	1	1	1	1	1	16	10	1	1

LL48	LL49	LL50	LL51	LL52	LL53	LL54	LL55	LL56	LL57	LL58	LL59	LL60	LL61	LL62	LL63	LL64	LL65
0,14	0,17	0,26	0,35	0,31	0,26	0,21	0,19	0,25	0,23	0,21	0,18	0,24	0,31	0,23	0,16	0,19	0,22
300	60	2880	300	120	7200	60	240	120	60	60	4320	4320	120	180	2880	1440	25920
300,14	60,17	2880,26	300,35	120,31	7200,26	60,21	240,19	120,25	60,23	60,21	4320,18	4320,24	120,31	180,23	2880,16	1440,19	25920,22
3,05	4,57	3,26	4,31	4,43	4,28	3,58	4,06	4,37	4,28	4,36	5,02	3,56	4,12	4,26	4,28	4,33	3,58
60	300	1440	60	60	4320	180	60	120	4320	60	60	1440	180	4320	180	1440	5760
46,42	36,41	50,21	35,43	47,39	43,28	38,35	23,12	45,45	31,23	51,28	25,49	31,26	28,54	45,42	36,45	37,52	46,53
60	120	60	60	30	60	60	45	60	45	60	30	60	30	30	60	45	60
4,11	3,47	5,12	4,37	4,28	3,56	5,13	4,36	3,49	4,42	3,37	4,36	2,26	3,54	4,12	3,56	4,18	4,46
60	30	60	45	60	45	30	45	45	30	60	90	60	30	45	45	60	30
3,42	4,04	4,36	3,58	4,02	3,58	2,35	2,41	3,15	3,23	3,42	3,27	3,42	4,15	3,28	4,38	5,02	2,14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4,24	3,57	4,21	4,32	4,36	4,15	3,56	3,42	4,27	4,45	3,54	3,27	4,02	4,31	3,58	4,31	4,28	3,28
4,53	4,32	3,53	4,02	3,56	3,47	5,04	4,29	4,52	5,42	5,42	4,52	3,57	4,07	4,26	4,17	4,11	5,06
3,58	4,21	3,58	4,15	3,52	4,03	4,28	3,42	3,48	3,32	3,47	4,12	3,57	4,46	4,52	4,58	5,03	3,59
45	60	30	45	90	60	30	45	30	60	90	60	30	60	45	30	90	45
2,38	2,47	2,38	2,46	2,41	2,22	3,03	2,37	2,41	3,04	2,47	2,52	2,28	3,26	2,31	2,47	3,02	2,36
150	150	160	180	180	150	150	150	180	180	150	150	160	180	180	180	180	160
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
0,42	0,46	0,39	0,35	0,46	0,51	0,49	0,56	0,59	0,58	0,48	0,43	0,52	0,57	0,49	0,49	0,47	0,55
0,43	0,51	0,56	0,5	0,49	0,57	0,49	1,02	0,53	0,42	0,46	0,52	0,59	0,43	1,23	0,53	0,46	0,57
1182,58	1459,03	2562,6	1188,49	1229,92	5439,65	1251,3	1129,03	1242,26	5430,39	1233,27	1178,52	2540,05	1272,45	5428,47	1295,22	2618,42	6862,12
1482,72	1519,2	5442,86	1488,84	1350,23	12639,91	1311,51	1369,22	1362,51	5490,62	1293,48	5498,7	6860,29	1392,76	5608,7	4175,38	4058,61	32782,34
1,03	1,06	3,78	1,03	0,94	8,78	0,91	0,95	0,95	3,81	0,90	3,82	4,76	0,97	3,89	2,90	2,82	22,77
1	1	4	1	1	9	1	1	1	4	1	4	5	1	4	3	3	23

LL66	LL67	LL68	LL69	LL70	LL71	LL72	LL73	LL74	LL75	LL76	LL77	LL78	LL79	LL80	LL81	LL82
0,21	0,27	0,25	0,23	0,19	0,25	0,21	0,27	0,17	0,21	0,19	0,25	0,17	0,21	0,26	0,21	0,25
60	1440	120	2880	360	180	240	17280	21600	18720	120	360	23040	120	2880	180	60
60,21	1440,27	120,25	2880,23	360,19	180,25	240,21	17280,27	21600,17	18720,21	120,19	360,25	23040,17	120,21	2880,26	180,21	60,25
5,02	4,53	4,37	3,55	4,12	4,32	4,46	4,32	5,07	4,46	4,52	4,36	5,02	4,41	4,46	4,36	4,52
4320	2880	4320	240	2880	120	2880	8640	5760	6480	120	11520	8640	4440	1440	60	240
28,53	35,32	23,47	36,51	48,13	38,53	42,14	53,15	31,29	43,28	38,52	25,37	31,12	43,53	41,26	38,52	43,28
45	60	60	30	30	60	60	60	45	30	60	45	60	30	30	60	30
3,57	5,13	2,13	3,45	4,12	4,53	4,36	4,42	4,25	4,26	5,27	4,52	4,32	4,12	5,15	4,52	5,32
60	60	30	60	60	90	30	60	45	30	60	30	60	30	90	60	45
3,02	4,31	3,57	3,34	3,31	3,26	3,25	3,41	2,31	2,47	2,51	3,26	3,12	3,18	4,32	2,39	3,19
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
1,04	3,26	5,19	4,52	3,56	3,29	4,13	3,42	3,55	4,03	4,52	3,43	3,57	4,21	5,21	5,02	4,53
4,47	4,39	4,26	4,12	5,21	4,31	3,52	4,04	4,27	4,12	3,49	4,03	3,58	4,13	4,37	4,32	3,26
4,37	4,48	4,28	5,11	4,59	4,53	4,37	4,47	5,12	4,52	4,28	3,59	4,53	4,48	4,21	4,32	5,25
60	60	90	60	45	60	45	30	60	90	45	60	90	60	45	60	15
2,25	3,17	3,04	2,53	2,48	2,29	2,47	2,32	2,38	2,16	2,22	2,31	2,18	2,26	2,42	2,46	2,37
180	180	150	150	180	150	150	180	180	150	160	180	180	150	150	180	180
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
0,59	1,04	0,42	0,59	0,57	0,58	0,53	0,49	0,46	0,39	0,52	0,45	0,52	0,56	0,47	0,42	0,56
0,39	0,41	0,53	0,47	0,52	0,43	0,47	0,53	0,52	0,48	0,54	0,56	0,52	0,49	0,43	1,14	0,54
5453,25	4041,04	5436,26	1339,19	4006,61	1281,07	3969,7	9785,57	6884,22	7585,17	1246,39	12621,88	9823,48	5516,37	2562,3	1222,47	1317,82
5513,46	5481,31	5556,51	4219,42	4366,8	1461,32	4209,91	27065,84	28484,39	26305,38	1366,58	12982,13	32863,65	5636,58	5442,56	1402,68	1378,07
3,83	3,81	3,86	2,93	3,03	1,01	2,92	18,80	19,78	18,27	0,95	9,02	22,82	3,91	3,78	0,97	0,96
4	4	4	3	3	1	3	18	20	19	1	9	23	4	4	1	1

LL83	LL84	LL85	LL86	LL87	LL88	LL89	LL90	LL91	LL92	LL93	LL94	LL95	LL96	LL97	LL98	LL99
0,18	0,27	0,24	0,27	0,17	0,21	0,2	0,24	0,22	0,16	0,19	0,21	0,23	0,22	0,26	0,23	0,25
20160	17280	21600	18720	17280	2880	28800	31680	180	2880	3160	720	240	1440	2880	8640	720
20160,18	17280,27	21600,24	18720,27	17280,17	2880,21	28800,2	31680,24	180,22	2880,16	3160,19	720,21	240,23	1440,22	2880,26	8640,23	720,25
4,48	4,39	4,52	4,31	3,49	4,02	4,28	4,52	4,46	4,47	4,31	4,37	5,12	4,57	4,42	4,38	5,23
7200	8640	10080	5760	7200	2880	2880	120	8640	5760	5040	2160	2880	7500	8640	180	720
52,31	38,42	47,32	45,31	27,14	31,35	43,41	31,29	28,43	32,34	45,42	42,53	39,35	47,52	47,32	38,56	47,42
60	45	60	30	60	120	60	45	60	60	30	45	45	30	60	90	60
3,49	4,26	4,53	4,47	4,23	5,12	5,02	4,27	4,31	4,36	4,41	5,03	4,12	4,37	4,28	5,16	4,47
15	60	30	60	45	45	45	30	60	60	30	30	45	60	45	60	30
3,34	3,21	4,03	3,29	2,58	3,02	3,27	3,31	3,21	4,02	3,48	3,52	3,36	4,02	3,27	3,53	3,57
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4,47	2,35	3,25	4,56	3,47	1,42	2,32	3,12	1,45	1,52	2,15	2,02	1,47	3,23	2,31	2,28	2,19
2,58	3,27	4,08	3,57	4,11	3,48	2,42	3,27	2,38	3,02	2,58	4,23	4,12	3,52	3,57	3,47	4,21
4,52	4,37	4,12	4,5	4,42	4,31	4,38	5,11	4,42	4,54	4,38	4,58	4,36	3,59	4,07	5,16	4,48
45	60	30	45	45	60	30	30	60	45	90	30	60	45	30	30	45
2,42	1,59	3,02	2,53	2,46	2,46	2,32	2,46	2,31	3,13	1,59	2,26	2,31	2,27	1,58	2,27	2,31
180	150	150	150	180	150	180	180	150	180	180	150	180	180	150	150	150
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
0,53	0,48	0,46	0,42	0,44	0,52	0,54	0,39	0,42	0,43	0,37	0,52	0,48	0,46	0,52	0,57	0,42
0,55	0,49	0,42	0,45	0,51	0,53	0,47	0,49	0,53	0,48	0,59	0,41	0,53	0,47	0,56	0,53	0,48
8313,69	9752,83	11160,75	6853,41	8317,85	4046,23	3998,43	1198,23	9756,92	6898,31	6174,28	3219,47	4010,22	8624,02	9731,9	1310,91	1814,78
28473,87	27033,1	32760,99	25573,68	25598,02	6926,44	32798,63	32878,47	9937,14	9778,47	9334,47	3939,68	4250,45	10064,24	12612,16	9951,14	2535,03
19,77	18,77	22,75	17,76	17,78	4,81	22,78	22,83	6,90	6,79	6,48	2,74	2,95	6,99	8,76	6,91	1,76
20	19	23	18	18	5	23	23	7	7	7	3	3	7	9	7	2

LL100	LL101	LL102	LL103	LL104	LL105	LL106	LL107	LL108	LL109	LL110	LL111	LL112	LL113	LL114	LL115	LL116
0,21	0,23	0,25	0,18	0,26	0,21	0,27	0,18	0,24	0,23	0,17	0,23	0,32	0,24	0,25	0,22	0,24
7200	5760	7200	1440	25920	14400	10080	720	1440	12960	12960	1440	2880	120	1440	2880	4320
7200,21	5760,23	7200,25	1440,18	25920,26	14400,21	10080,27	720,18	1440,24	12960,23	12960,17	1440,23	2880,32	120,24	1440,25	2880,22	4320,24
4,53	4,47	4,36	5,24	4,42	4,58	4,47	4,53	5,13	4,38	4,52	4,47	4,52	4,35	4,42	4,56	4,28
2880	8640	2880	7200	4320	7200	10080	1440	2880	11520	2880	5760	1440	240	4320	2880	1440
52,12	49,57	38,42	46,42	23,37	35,38	39,42	47,19	24,37	32,06	46,42	38,57	47,31	37,48	28,32	37,42	53,57
30	60	60	45	45	60	90	60	45	45	30	60	45	60	60	30	45
4,52	4,37	4,43	4,26	5,02	4,52	4,36	4,47	5,04	4,52	4,45	4,31	5,07	4,31	4,38	4,46	4,42
60	30	60	60	45	30	45	30	60	30	30	60	30	45	90	60	30
4,39	4,31	3,38	3,49	4,02	4,42	4,25	4,31	4,52	5,07	4,56	4,48	4,52	4,36	4,57	4,27	4,34
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
2,42	4,36	3,27	3,48	3,51	4,03	4,23	4,32	4,47	4,35	5,03	4,56	5,12	4,31	4,38	4,37	4,46
4,28	4,37	4,47	4,21	4,36	4,56	5,02	4,37	4,46	4,53	4,21	4,37	4,45	4,28	4,43	4,52	4,32
4,31	4,47	3,58	4,32	4,48	4,36	4,42	3,54	4,21	4,17	4,33	4,21	4,13	3,57	4,51	4,36	4,19
45	30	30	45	45	60	60	15	30	60	60	30	60	45	45	30	60
2,48	2,53	2,37	2,47	2,43	2,41	2,58	2,32	3,02	2,42	2,46	2,42	2,37	2,47	2,41	2,39	3,01
150	180	180	180	150	150	150	180	180	150	150	180	180	180	150	150	180
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
0,46	0,52	0,46	0,48	0,5	0,49	0,53	0,48	0,52	0,56	0,43	0,52	0,47	0,53	0,51	0,49	0,47
0,52	0,53	0,58	0,57	0,51	0,48	0,52	0,45	1,03	0,48	0,52	1,02	0,57	1,06	0,57	0,58	1,07
3980,03	9754,5	4010,32	8339,94	5392,62	8300,23	11229,8	2535,98	3986,77	12602,54	3961,93	6893,93	2568,53	1371,72	5458,5	3952,42	2574,13
11180,24	15514,73	11210,57	9780,12	31312,88	22700,44	21310,07	3256,16	5427,01	25562,77	16922,1	8334,16	5448,85	1491,96	6898,75	6832,64	6894,37
7,76	10,77	7,79	6,79	21,75	15,76	14,80	2,26	3,77	17,75	11,75	5,79	3,78	1,04	4,79	4,74	4,79
8	11	8	7	22	16	15	2	4	18	12	6	4	1	5	5	5

## ANEXO 4

### Listado de llantas tomadas en cuenta para la muestra inicial

Llantas seleccionadas para muestra											
Nº	CLIENTE	MARCA	ITEM	MEDIDA Y LABRADO	MATRICULA	ENTRADA	ESTADO	FECHA INGRESO	FECHA SALIDA	DIAS	MUESTRA CON EL 5% menos
1	BERMEO PB	KUMHO	3306	900 R 20 RD-250 RADIAL	3705	549	Producida	4-ago	5-ago	1	1
2	PM IVD	CENTAURO	3307	11 R 22,5 RD-250 RADIAL	4409	1296	Producida	4-ago	5-ago	1	1
3	JOSE PABON	KUMHO	3315	10 R 22,5 RD-250 RADIAL	3508	1596	Producida	4-ago	5-ago	1	1
4	HLM	GOOD YEAR	3403	825 R20 (Q.S) RADIAL	3207	414	Producida	4-ago	5-ago	1	1
5	EDISON IVD	MICHELIN	3319	295/80 R 22,5 RD-250 RADIAL	1709	1291	Producida	4-ago	10-ago	6	6
6	BERMEO PB	MARCH	3318	12 R 22,5 RD-250 RADIAL	810	553	Producida	4-ago	10-ago	6	6
7	EDISON IVD	AEOLUS	3406	900 R 20 (Q.S) RADIAL	3507	1290	Producida	4-ago	5-ago	1	1
8	HLM	CHENGSHAN	3510	900 R 20 (943 D.C.) RADIAL	3409	412	Producida	4-ago	11-ago	7	7
9	DOMINGO FP	YELLOWSEA	3517	12 X 22,5 (943 D.C.) RADIAL	4508	113	Producida	4-ago	15-ago	11	11
10	PBALSECA	ROADSHING	3519	295/80 R 22,5 (943 D.C.) RADIAL	4309	552	Producida	4-ago	11-ago	7	7
11	BERMEO PB	LIMA CAUCHO	3711	12 R 22,5 WH RADIAL	406	549	Producida	4-ago	6-ago	2	2
12	BERMEO PB	TRIANGLE	3839	295/80 R 22,5 RZY2 225 RADIAL	2810	555	Producida	4-ago	7-ago	3	3
13	EDISON IVD	KUMHO	3841	295/80 R 22,5 RZY2 RADIAL	1409	1291	Producida	4-ago	7-ago	3	3
14	BERMEO PB	GOOD YEAR	3918	12 R 22,5 TM3 RADIAL	2808	550	Producida	4-ago	10-ago	6	6
15	BERMEO PB	ADVANCE	3918	12 R 22,5 TM3 RADIAL	133822	550	Producida	4-ago	5-ago	1	1
16	M MORETA IVD	GENERAL	4223	750 R 16 Q.S. RADIAL	4705	1302	Producida	4-ago	10-ago	6	6
17	BLANCA CULQUI	BRIDGESTONE	1515	750 R 16 Q.S. RADIAL	HAN0107	1600	Rechazada	5-ago	10-ago	5	5
18	F VIVANCO RG	TRIANGLE	3316	11 R 22,5 RD-250 RADIAL	4809	1113	Producida	5-ago	10-ago	5	5
19	RLASSO	YOKOHAMA	3316	11 R 22,5 RD-250 RADIAL	EAH4806	323	Producida	5-ago	7-ago	2	2
20	MGALLEGO	MICHELIN	3318	12 R 22,5 RD-250 RADIAL	410	2179	Producida	5-ago	12-ago	7	7
21	VERO LOACHAMIN	MICHELIN	3323	295/80 R 22,5 RD-250 RADIAL	2807	1605	Producida	5-ago	10-ago	5	5
22	MGALLEGO	GOOD YEAR	3323	295/80 R 22,5 RD-250 RADIAL	4909	2176	Producida	5-ago	12-ago	7	7
23	J ALTAMIRANO RG	GENERAL	3403	825 R 20 (Q.S) RADIAL	18122104	1123	Producida	5-ago	7-ago	2	2
24	MGALLEGO	GOOD YEAR	3411	12 R 22,5 TM3 RADIAL	4208	2185	Producida	5-ago	10-ago	5	5
25	MGALLEGO	CHENGSHAN	3508	900 R 20 (943 D.C.) RADIAL	108	2182	Producida	5-ago	18-ago	13	13
26	CHACHA MG	BRIDGESTONE	3516	11 R 22,5 (943 D.C.) RADIAL	2VA4708	2181	Producida	5-ago	6-ago	1	1
27	F VINZA RG	DOUBLE COIN	3516	11 R 22,5 (943 D.C.) RADIAL	2909	1118	Producida	5-ago	6-ago	1	1
28	MGALLEGO	SANSON	3518	12 R 22,5 (943 D.C.) RADIAL	442	2179	Producida	5-ago	8-ago	3	3
29	I VILLAVICENCIO RG	YOKOHAMA	3518	12 R 22,5 (943 D.C.) RADIAL	VFA2110	1115	Sin estado	5-ago	25-ago	20	20
30	I VILLAVICENCIO RG	MAXXIS	3519	295/80 R 22,5 (943 D.C.) RADIAL	1401413307	1115	Producida	5-ago	15-ago	10	10
31	MGALLEGO	DUNLOP	3530	12 R 22,5 ( MIXTO) RADIAL	6X2Y15109	2179	Producida	5-ago	15-ago	10	10
32	MGALLEGO	HERCULES	3619	295/80 R 22,5 ( RAD 22,5) RADIA	1910	2185	Producida	5-ago	7-ago	2	2
33	C CATILLO MG	BRIDGESTONE	3918	12 R 22,5 TM3 RADIAL	3PK0510	2178	Producida	5-ago	6-ago	1	1
34	MGALLEGO	DOUBLE COIN	3919	295/80 R 22,5 TM3 RADIAL	2410	2177	Producida	5-ago	11-ago	6	6
35	MGALLEGO	CONTINENTAL	3927	295/80 R 22,5 TM25 RADIAL	1408	2177	Producida	5-ago	22-ago	17	17
36	N TOQUIZA PB	HANKOOK	1512	750 R 16 (945 Q.S.) RADIAL	TIH1902	559	Producida	6-ago	20-ago	14	14
37	C CISNEROS	DOUBLE COIN	3306	900 R 20 RD-250 RADIAL	2309	190	Producida	5-ago	6-ago	1	1
38	M RECALDE FR	DOUBLE COIN	3306	900 R 20 RD-250 RADIAL	4809	1419	Producida	5-ago	6-ago	1	1
39	W MANOSALVAS FR	DOUBLE COIN	3306	900 R 20 RD-250 RADIAL	4609	1421	Producida	6-ago	7-ago	1	1
40	C CISNEROS	KUMHO	3316	11 R 22,5 RD-250 RADIAL	2810	190	Producida	5-ago	6-ago	1	1
41	ANTONIO IVD	BOTO	3319	295/80 R 22,5 RD-250 RADIAL	4809	1310	Producida	6-ago	7-ago	1	1
42	ESA	MICHELIN	3319	295/80 R 22,5 RD-250 RADIAL	1407	2464	Producida	6-ago	7-ago	1	1

43	A VILLARRUEL FRS	HANKOOK	3325	295/80R 22,5 RD-250 RADIAL	KFH2805	1423	Producida	5-ago	6-ago	1	1
44	C CISNEROS	GENERAL	3335	11 R 22,5 MIXTO RADIAL	4808	189	Producida	6-ago	22-ago	16	16
45	N TOAQUIZA PB	TOYO	3356	11 R 22,5 RZY2 RADIAL	9L13509	557	Producida	6-ago	16-ago	10	10
46	ANTONIO IVD	BFGOODRICH	3405	900 R 20 (Q.S) RADIAL	2108	1310	Producida	6-ago	7-ago	1	1
47	C CISNEROS	KUMHO	3406	900 R 20 (Q.S) RADIAL	2605	189	Producida	6-ago	7-ago	1	1
48	G TITO FRS	NEWPRIME	3407	900 R 20 (Q.S) RADIAL	2603	1420	Producida	6-ago	7-ago	1	1
49	C CISNEROS	KUMHO	3416	11 R 22,5 (Q.S) RADIAL	1510	190	Producida	5-ago	6-ago	1	1
50	N TOAQUIZA PB	LINGLONG	3418	12 R 22,5 (Q.S) RADIAL	2210	556	Producida	6-ago	10-ago	4	4
51	L RUIZ FRS	HANKOOK	3506	900 R 20 ( 943 D.C.) RADIAL	KTH2205	1422	Producida	5-ago	6-ago	1	1
52	S COLLAGUAZO FRS	AEOLUS	3525	295/80 R 22,5 ( 943 D.C.) RADIAL	5009	1418	Producida	6-ago	7-ago	1	1
53	N TOAQUIZA PB	GOOD YEAR	3530	12 R 22,5 ( MIXTO) RADIAL	3609	557	Producida	6-ago	15-ago	9	9
54	C CISNEROS	DOUBLE COIN	3619	295/80 R 22,5 ( RAD 22,5 )RADIA	4610	189	Producida	5-ago	6-ago	1	1
55	COUPE IVD	ROADFRON	3619	295/80 R 22,5 ( RAD 22,5 )RADIA	2410	1311	Producida	6-ago	7-ago	1	1
56	N TOAQUIZA PB	YOKOHAMA	3643	12 R 22,5 ( RDY3 230 ) RADIAL	VFA3609	556	Producida	6-ago	7-ago	1	1
57	EDISON IVD	LINGLONG	3841	295/80 R 22,5 RZY2 RADIAL	510	1309	Producida	6-ago	10-ago	4	4
58	ESA	SANSON	3918	12 R 22,5 TM3 RADIAL	4309	2459	Producida	6-ago	7-ago	1	1
59	N TOAQUIZA PB	BRIDGESTONE	3921	295/80 R 22,5 MIXTO RADIAL	35H4706	557	Producida	6-ago	10-ago	4	4
60	ESA	RIVERLAND	3302	825 R 20 CB RADIAL	595	2478	Producida	6-ago	11-ago	5	5
61	MGALLEGOS	HANKOOK	3310	900 R 20 RD-250 RADIAL	KPH4007	2192	Producida	6-ago	7-ago	1	1
62	JOSE DAQUILEMA	AEOLUS	3316	11 R 22,5 RD-250 RADIAL	K1611436	1608	Producida	7-ago	11-ago	4	4
63	ESA	MAXXIS	3316	11 R 22,5 RD-250 RADIAL	4309	2482	Producida	7-ago	10-ago	3	3
64	PM IVD	CHENGSHAN	3319	295/80 R 22,5 RD-250 RADIAL	3510	1317	Producida	7-ago	10-ago	3	3
65	MGALLEGOS	YOKOHAMA	3335	11 R 22,5 MIXTO RADIAL	S/GARANT	2195	Sin estado	7-ago	30-ago	23	0
66	MGALLEGOS	GENERAL	3405	900 R 20 (Q.S) RADIAL	1B021606	2202	Producida	7-ago	11-ago	4	4
67	MGALLEGOS	GOOD YEAR	3409	900 R 20 (Q.S) RADIAL	4706	2202	Producida	7-ago	11-ago	4	4
68	MGALLEGOS	VIKRANT	3409	900 R 20 (Q.S) RADIAL	4008	2202	Producida	7-ago	11-ago	4	4
69	ESA	TRIANGLE	3416	11 R 22,5 (Q.S) RADIAL	1708	2480	Producida	7-ago	10-ago	3	3
70	MGALLEGOS	CHENGSHAN	3504	825 R 20 ( 943 D.C.) RADIAL	2409	2197	Producida	7-ago	10-ago	3	3
71	GLORIA ATIENCIA	TRIANGLE	3516	11 R 22,5 ( 943 D.C.) RADIAL	1910	1607	Producida	6-ago	7-ago	1	1
72	JOSE SALTOS	BRIDGESTONE	3516	11 R 22,5 ( 943 D.C.) RADIAL	2VA2608	1610	Producida	7-ago	10-ago	3	3
73	MGALLEGOS	YELLOWSEA	3516	11 R 22,5 ( 943 D.C.) RADIAL	4908	2200	Sin estado	7-ago	25-ago	18	18
74	MGALLEGOS	YOKOHAMA	3516	11 R 22,5 ( 943 D.C.) RADIAL	TP42209	2200	Sin estado	7-ago	27-ago	20	20
75	MGALLEGOS	GENERAL	3516	11 R 22,5 ( 943 D.C.) RADIAL	1010	2200	Sin estado	7-ago	26-ago	19	19
76	MGALLEGOS	HANKOOK	3518	12 R 22,5 ( 943 D.C.) RADIAL	KTH2209	2201	Producida	7-ago	8-ago	1	1
77	ESA	YOKOHAMA	3518	12 R 22,5 ( 943 D.C.) RADIAL	309	2479	Producida	7-ago	16-ago	9	9
78	MGALLEGOS	AEOLUS	3519	295/80 R 22,5 (943 D.C.) RADIAL	1710	2196	Producida	7-ago	30-ago	23	0
79	ESA	HANKOOK	3618	12 R 22,5 ( RAD 22,5 ) RADIAL	4409	2479	Producida	7-ago	11-ago	4	4
80	BERMEO PB	GOOD YEAR	3623	295/80 R 22,5 ( RAD 22,5 )RADIAL	3907	561	Producida	7-ago	11-ago	4	4
81	SS IVD	GENERAL	3634	12 R 22,5 ( RDY 230 ) RADIAL	2710	1318	Producida	6-ago	7-ago	1	1
82	BERMEO PB	DUNLOP	3643	12 R 22,5 ( RDY3 230 ) RADIAL	6X2W3408	561	Producida	6-ago	7-ago	1	1
83	MGALLEGOS	FIRESTONE	3918	12 R 22,5 TM3 RADIAL	3909	2189	Producida	6-ago	26-ago	20	20
84	MGALLEGOS	HANKOOK	3918	12 R 22,5 TM3 RADIAL	KPH1410	2189	Producida	6-ago	25-ago	19	19
85	MGALLEGOS	BRIDGESTONE	3918	12 R 22,5 TM3 RADIAL	910	2198	Producida	6-ago	29-ago	23	0
86	MGALLEGOS	AEOLUS	3918	12 R 22,5 TM3 RADIAL	4609	2201	Producida	6-ago	24-ago	18	18
87	MGALLEGOS	YOKOHAMA	3918	12 R 22,5 TM3 RADIAL	VFA4007	2201	Producida	6-ago	24-ago	18	18

## ANEXO 5

**Tabla de tiempos tomada en minutos para fase control**

TABLA DE TIEMPOS Tomada en minutos												
MEDIDA												
OPERACIÓN	TURNO	NOMBRE	LL1	LL2	LL3	LL4	LL5	LL6	LL7	LL8	LL9	LL10
Raspado			4,36	5,15	5,46	5,31	3,27	4,32	3,42	4,27	3,48	4,27
Espera			480	120	120	120	180	720	780	480	360	300
Craterizado			46,41	28,53	33,12	37,64	54,32	47,38	38,53	48,39	43,21	54,37
Espera			45	60	180	120	120	300	300	60	60	45
Reparacion			4,37	4,32	5,38	3,48	4,12	4,36	3,48	4,28	5,12	4,43
Espera			1440	60	60	60	60	360	360	15	45	45
Cementado			3,59	3,47	4,03	3,56	3,26	3,45	3,57	4,18	3,31	3,47
Secado			15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Relleno			2,53	3,37	4,16	2,19	4,32	4,39	3,06	2,38	3,01	3,47
Corte de banda			2,43	3,21	3,19	4,37	4,59	4,42	3,53	2,58	3,42	4,32
Enbandado			4,37	3,59	5,03	4,47	3,52	4,27	4,38	3,59	4,34	4,47
Espera			60	180	60	180	300	360	45	30	180	60
Armando Prevulcanizacion			3,01	2,45	2,59	3,18	3,03	2,57	2,37	3,05	2,48	2,58
Vulcanizacion			150	180	150	150	180	160	150	160	150	150
Espera			720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
Inspeccion Final			0,57	0,52	0,37	1,15	0,42	0,58	0,53	1,13	0,49	0,58
Pulir			0,42	0,49	1,15	0,57	0,32	0,43	0,37	0,53	0,39	0,48
tiempo proceso			2982,06	1390,1	1369,48	1430,92	1656,17	2711,17	2433,24	1554,38	1599,25	1417,44
	tiempo Dias		2,07	0,97	0,95	0,99	1,15	1,88	1,69	1,08	1,11	0,98
	Dias aproximados		2	1	1	1	1	2	2	1	1	1

LL11	LL12	LL13	LL14	LL15	LL16	LL17	LL18	LL19	LL20	LL21	LL22	LL23	LL24	LL25	LL26
3,48	4,21	3,38	4,42	5,28	5,52	4,28	3,26	4,52	3,47	3,54	4,32	3,35	4,27	3,27	4,45
1440	360	240	120	1440	180	60	60	720	60	120	120	1440	240	180	1440
31,56	36,18	44,31	57,41	39,42	38,18	42,38	39,47	58,17	48,52	39,52	22,19	38,42	41,28	45,17	33,29
60	45	60	120	720	60	180	60	180	120	60	45	60	30	30	720
3,52	4,13	5,01	4,38	3,55	4,27	4,28	3,52	4,12	3,59	3,27	4,18	4,37	4,19	3,58	4,36
480	120	60	60	360	15	180	90	360	120	60	60	1440	60	60	360
4,31	3,57	4,03	3,49	4,58	3,31	3,21	2,58	2,45	3,17	3,21	3,03	2,59	3,41	3,26	3,17
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4,32	3,59	4,18	3,15	4,02	3,42	3,27	4,15	4,31	4,11	4,14	3,49	4,11	4,18	4,02	3,57
4,11	3,57	3,42	5,45	3,27	4,19	4,15	3,41	3,23	4,24	4,31	3,57	4,21	4,36	4,42	4,31
3,58	4,38	3,57	4,12	4,26	4,31	4,36	3,59	4,38	5,03	4,46	4,51	4,23	4,39	5,16	4,42
60	45	60	120	260	45	60	30	60	60	60	180	30	30	15	300
2,31	2,22	2,37	2,29	3,03	3,11	3,21	3,28	2,46	2,52	3,02	3,15	4,15	3,53	4,16	3,48
180	150	150	180	180	150	150	150	180	150	150	160	180	150	180	180
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
1,03	0,49	0,57	0,52	0,58	1,17	0,45	0,48	0,42	0,53	0,58	1,1	0,57	1,16	0,48	0,52
1,1	0,52	1,21	0,53	0,31	0,47	0,54	0,43	0,38	0,58	0,53	0,47	0,48	0,51	0,56	1,05
3014,32	1517,86	1377,05	1420,76	3763,3	1252,95	1435,13	1189,17	2319,44	1320,76	1251,58	1350,01	3951,48	1316,28	1274,08	3797,62
2,09	1,05	0,96	0,99	2,61	0,87	1,00	0,83	1,61	0,92	0,87	0,94	2,74	0,91	0,88	2,64
2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	3

LL27	LL28	LL29	LL30	LL31	LL32	LL33	LL34	LL35	LL36	LL37	LL38	LL39	LL40	LL41	LL42
3,52	4,31	3,49	5,31	4,41	3,57	3,21	3,05	3,52	5,56	5,47	3,58	5,40	2,45	3,49	3,33
360	240	180	360	60	720	120	300	1080	150	180	840	360	300	1440	120
41,39	27,53	47,13	28,35	31,27	43,53	52,11	46,42	38,50	50,34	31,42	33,58	41,15	20,52	36,53	47,18
30	120	60	30	120	360	60	60	300	30	120	360	120	60	120	45
3,45	4,28	4,21	3,48	4,07	4,27	3,58	4,11	5,37	4,47	5,01	5,38	4,42	3,52	5,27	5,12
30	60	60	30	60	30	120	60	90	120	30	180	45	120	15	60
3,32	3,47	4,26	3,38	3,58	4,03	4,18	3,42	3,52	3,16	3,38	3,07	3,52	3,49	3,32	3,48
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4,37	3,52	4,02	3,28	4,18	3,58	3,46	4,24	1,36	3,04	1,04	4,35	1,57	2,16	1,23	2,45
3,47	5,31	4,42	3,58	4,06	5,11	4,41	4,53	3,01	4,43	1,49	4,03	2,58	3,14	5,32	4,01
4,38	5,32	5,02	3,42	4,46	4,31	4,38	3,58	4,31	4,03	4,31	4,25	4,03	4,32	3,46	4,32
15	60	30	45	180	300	30	45	40	30	60	90	15	180	45	60
4,38	3,25	2,36	2,48	2,21	3,15	2,53	2,38	2,51	2,42	2,56	2,44	2,37	2,52	2,31	2,48
150	150	150	180	180	180	150	150	180	150	160	150	180	150	180	160
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
0,57	0,48	1,02	0,52	0,48	0,48	0,38	0,42	0,51	0,49	1,14	0,45	1,07	1,40	2,09	1,38
0,57	1,15	0,53	0,48	0,53	0,55	0,49	0,43	0,38	0,42	0,54	0,36	0,43	0,28	0,45	0,31
1389,42	1423,62	1291,46	1434,28	1394,25	2397,58	1293,73	1422,58	2487,99	1293,36	1341,36	2416,49	1521,54	1588,8	2598,47	1254,06
0,96	0,99	0,90	1,00	0,97	1,66	0,90	0,99	1,73	0,90	0,93	1,68	1,06	1,10	1,80	0,87
1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1

LL43	LL44	LL45	LL46	LL47	LL48	LL49	LL50	LL51	LL52	LL53	LL54	LL55	LL56	LL57	LL58
4,05	3,47	3,28	4,17	4,36	5,15	5,46	5,31	3,27	4,32	3,42	4,27	3,48	4,27	3,48	4,21
1500	360	180	60	360	60	120	60	120	60	180	240	180	1440	180	720
46,18	52,38	23,17	31,52	46,41	28,53	33,12	37,64	54,32	47,38	38,53	48,39	43,21	54,37	31,56	36,18
300	45	30	180	45	60	180	120	60	60	30	60	120	720	60	360
4,36	5,16	4,52	3,52	4,37	4,32	5,38	3,48	4,12	4,36	3,48	4,28	5,12	4,43	3,52	4,13
360	60	45	300	15	30	60	360	60	360	45	15	120	360	60	120
3,36	3,17	60	3,08	3,59	3,47	4,03	3,56	3,26	3,45	3,57	4,18	3,31	3,47	4,31	3,57
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
3,15	4,06	3,54	4,28	2,53	3,37	4,16	2,19	4,32	4,39	3,06	2,38	3,01	3,47	4,32	3,59
3,54	5,12	4,38	2,54	2,43	3,21	3,19	4,37	4,59	4,42	3,53	2,58	3,42	4,32	4,11	3,57
3,57	4,37	4,36	4,5	4,37	3,59	5,03	4,47	3,52	4,27	4,38	3,59	4,34	4,47	3,58	4,38
480	15	60	120	15	180	60	130	60	60	45	30	180	300	60	300
3,26	4,08	3,37	3,17	3,01	2,45	2,59	3,18	3,03	2,57	2,37	3,05	2,48	2,58	2,31	2,22
180	150	150	180	150	180	150	150	180	160	150	160	150	150	180	150
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
1,12	1,42	1,58	0,46	0,57	0,52	0,37	1,15	0,42	0,58	0,53	1,13	0,49	0,58	1,03	0,49
0,38	0,37	0,43	0,38	0,42	0,49	1,15	0,57	0,32	0,43	0,37	0,53	0,39	0,48	1,1	0,52
3627,97	1448,6	1308,63	1632,62	1392,06	1300,1	1369,48	1620,92	1296,17	1511,17	1248,24	1314,38	1554,25	3787,44	1334,32	2447,86
2,52	1,01	0,91	1,13	0,97	0,90	0,95	1,13	0,90	1,05	0,87	0,91	1,08	2,63	0,93	1,70
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2

LL59	LL60	LL61	LL62	LL63	LL64	LL65	LL66	LL67	LL68	LL69	LL70	LL71	LL72	LL73
3,38	4,42	5,28	5,52	4,28	3,26	4,52	3,47	3,54	4,32	3,35	4,27	3,27	4,45	3,52
240	180	180	180	120	180	180	60	1440	1440	180	300	1500	1500	1440
44,31	57,41	39,42	38,18	42,38	39,47	58,17	48,52	39,52	22,19	38,42	41,28	45,17	33,29	41,39
60	120	120	60	180	60	45	120	60	720	60	30	360	480	480
5,01	4,38	3,55	4,27	4,28	3,52	4,12	3,59	3,27	4,18	4,37	4,19	3,58	4,36	3,45
60	60	60	15	180	90	60	120	300	360	30	60	180	360	360
4,03	3,49	4,58	3,31	3,21	2,58	2,45	3,17	3,21	3,03	2,59	3,41	3,26	3,17	3,32
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4,18	3,15	4,02	3,42	3,27	4,15	4,31	4,11	4,14	3,49	4,11	4,1825	4,02	3,57	4,37
3,42	5,45	3,27	4,19	4,15	3,41	3,23	4,24	4,31	3,57	4,21	4,36	4,42	4,31	3,47
3,57	4,12	4,26	4,31	4,36	3,59	4,38	5,03	4,46	4,51	4,23	4,39	5,16	4,42	4,38
60	120	60	45	60	30	60	60	60	240	30	30	720	480	720
2,37	2,29	3,03	3,11	3,21	3,28	2,46	2,52	3,02	3,15	4,15	3,53	4,16	3,48	4,38
150	180	180	150	150	150	180	150	150	160	180	150	180	180	150
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
0,57	0,52	0,58	1,17	0,45	0,48	0,42	0,53	0,58	1,1	0,57	1,16	0,48	0,52	0,57
1,21	0,53	0,31	0,47	0,54	0,43	0,38	0,58	0,53	0,47	0,48	0,51	0,56	1,05	0,57
1377,05	1480,76	1403,3	1252,95	1495,13	1309,17	1344,44	1320,76	2811,58	3705,01	1281,484286	1376,2825	3749,08	3797,62	3954,42
0,96	1,03	0,97	0,87	1,04	0,91	0,93	0,92	1,95	2,57	0,89	0,96	2,60	2,64	2,75
1	1	1	1	2	1	1	2	2	3	1	1	3	3	3

LL74	LL75	LL76	LL77	LL78	LL79	LL80	LL81	LL82	LL83	LL84	LL85	LL86	LL87	LL88	LL89
3,05	4,57	3,26	4,31	4,43	4,28	3,58	4,06	4,37	4,28	4,36	5,02	3,56	4,12	4,26	4,28
720	720	1440	1440	60	120	180	180	120	720	60	60	360	180	180	180
46,42	36,41	50,21	35,43	47,39	43,28	38,35	23,12	45,45	31,23	51,28	25,49	31,26	28,54	45,42	36,45
60	120	60	60	30	60	60	45	60	180	60	30	60	30	30	60
4,11	3,47	5,12	4,37	4,28	3,56	5,13	4,36	3,49	4,42	3,37	4,36	2,26	3,54	4,12	3,56
360	180	60	45	60	45	30	45	45	360	60	90	60	30	45	45
3,42	4,04	4,36	3,58	4,02	3,58	2,35	2,41	3,15	3,23	3,42	3,27	3,42	4,15	3,28	4,38
15	360	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4,24	3,57	4,21	4,32	4,36	4,15	3,56	3,42	4,27	4,45	3,54	3,27	4,02	4,31	3,58	4,31
4,53	4,32	3,53	4,02	3,56	3,47	5,04	4,29	4,52	5,42	5,42	4,52	3,57	4,07	4,26	4,17
3,58	4,21	3,58	4,15	3,52	4,03	4,28	3,42	3,48	3,32	3,47	4,12	3,57	4,46	4,52	4,58
300	60	30	1440	90	60	30	45	30	1440	90	60	30	60	45	30
2,38	2,47	2,38	2,46	2,41	2,22	3,03	2,37	2,41	3,04	2,47	2,52	2,28	3,26	2,31	2,47
150	150	160	180	180	150	150	150	180	180	150	150	160	180	180	180
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
0,42	0,46	0,39	0,35	0,46	0,51	0,49	0,56	0,59	0,58	0,48	0,43	0,52	0,57	0,49	0,49
0,43	0,51	0,56	0,5	0,49	0,57	0,49	1,02	0,53	0,42	0,46	0,52	0,59	0,43	1,23	0,53
2397,58	2374,03	2562,6	3963,49	1229,92	1239,65	1251,3	1249,03	1242,26	3675,39	1233,27	1178,52	1460,05	1272,45	1288,47	1295,22
1,66	1,65	1,78	2,75	0,85	0,86	0,87	0,87	0,86	2,55	0,86	0,82	1,01	0,88	0,89	0,90
2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1

LL90	LL91	LL92	LL93	LL94	LL95	LL96	LL97	LL98	LL99	LL100	LL101	LL102	LL103	LL104	LL105
4,33	3,58	5,02	4,53	4,37	3,55	4,12	4,32	4,46	4,32	5,07	4,46	4,52	4,36	5,02	4,41
120	300	720	1440	1440	1440	2880	120	2880	1440	120	180	120	360	720	1440
37,52	46,53	28,53	35,32	23,47	36,51	48,13	38,53	42,14	53,15	31,29	35,26	38,52	25,37	31,12	43,53
45	60	45	300	60	30	30	60	60	60	45	30	60	45	600	600
4,18	4,46	3,57	5,13	2,13	3,45	4,12	4,53	4,36	4,42	4,25	4,26	5,27	4,52	4,32	4,12
60	30	60	360	30	60	60	90	30	60	45	30	60	360	720	30
5,02	2,14	3,02	4,31	3,57	3,34	3,31	3,26	3,25	3,41	2,31	2,47	2,51	3,26	3,12	3,18
15	15	120	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4,28	3,28	1,04	3,26	5,19	4,52	3,56	3,29	4,13	3,42	3,55	4,03	4,52	3,43	3,57	4,21
4,11	5,06	4,47	4,39	4,26	4,12	5,21	4,31	3,52	4,04	4,27	4,12	3,49	4,03	3,58	4,13
5,03	3,59	4,37	4,48	4,28	5,11	4,59	4,53	4,37	4,47	5,12	4,52	4,28	3,59	4,53	4,48
90	45	600	720	90	60	45	60	45	1440	60	90	45	720	720	720
3,02	2,36	2,25	3,17	3,04	2,53	2,48	2,29	2,47	2,32	2,38	2,16	2,22	2,31	2,18	2,26
180	160	180	180	150	150	180	150	150	180	180	150	160	180	180	150
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
0,47	0,55	0,59	1,04	0,42	0,59	0,57	0,58	0,53	0,49	0,46	0,39	0,52	0,45	0,52	0,56
0,46	0,57	0,39	0,41	0,53	0,47	0,52	0,43	0,47	0,53	0,52	0,48	0,54	0,56	0,52	0,49
1298,42	1402,12	2498,25	3801,04	2556,26	2539,19	4006,61	1281,07	3969,7	3995,57	1244,22	1277,15	1246,39	2451,88	3733,48	3746,37
0,90	0,97	1,73	2,64	1,78	1,76	2,78	0,89	2,76	2,77	0,86	0,89	0,87	1,70	2,59	2,60
1	1	2	3	2	2	3	1	3	3	1	1	1	2	3	3

LL106	LL107	LL108	LL109	LL110	LL111	LL112	LL113	LL114	LL115	LL116	LL117	LL118	LL119	LL120	LL121
4,46	4,36	4,52	4,48	4,39	4,52	4,31	4,28	3,58	4,06	4,37	4,28	4,36	5,02	3,56	4,12
180	120	240	180	1440	180	1440	4320	180	60	120	4320	60	60	1440	180
41,26	38,52	43,28	52,31	38,42	47,32	45,31	43,28	38,35	23,12	45,45	31,23	51,28	25,49	31,26	28,54
30	60	30	60	45	60	30	60	60	45	60	45	60	30	60	30
5,15	4,52	5,32	3,49	4,26	4,53	4,47	3,56	5,13	4,36	3,49	4,42	3,37	4,36	2,26	3,54
90	60	45	15	60	30	60	45	30	45	45	30	60	90	60	30
4,32	2,39	3,19	3,34	3,21	4,03	3,29	3,58	2,35	2,41	3,15	3,23	3,42	3,27	3,42	4,15
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
5,21	5,02	4,53	4,47	2,35	3,25	4,56	4,15	3,56	3,42	4,27	4,45	3,54	3,27	4,02	4,31
4,37	4,32	3,26	2,58	3,27	4,08	3,57	3,47	5,04	4,29	4,52	5,42	5,42	4,52	3,57	4,07
4,21	4,32	5,25	4,52	4,37	4,12	4,5	4,03	4,28	3,42	3,48	3,32	3,47	4,12	3,57	4,46
45	60	15	45	60	30	45	60	30	45	30	60	90	60	30	60
2,42	2,46	2,37	2,42	1,59	3,02	2,53	2,22	3,03	2,37	2,41	3,04	2,47	2,52	2,28	3,26
150	180	180	180	150	150	150	150	150	150	180	180	150	150	160	180
720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
0,47	0,42	0,56	0,53	0,48	0,46	0,42	0,51	0,49	0,56	0,59	0,58	0,48	0,43	0,52	0,57
0,43	1,14	0,54	0,55	0,49	0,42	0,45	0,57	0,49	1,02	0,53	0,42	0,46	0,52	0,59	0,43
1302,3	1282,47	1317,82	1293,69	2552,83	1260,75	2533,41	5439,65	1251,3	1129,03	1242,26	5430,39	1233,27	1178,52	2540,05	1272,45
0,90	0,89	0,92	0,90	1,77	0,88	1,76	3,78	0,87	0,78	0,86	3,77	0,86	0,82	1,76	0,88
1	1	1	1	2	1	2	1	3	3	3	2	1	1	1	1

LL122	LL123	LL124	LL125	LL126	LL127	LL128	LL129	Tiempo promedio
4,26	4,28	4,33	3,58	5,02	4,53	4,37	3,55	4,17
120	180	180	120	900	180	120	240	563,02
45,42	36,45	37,52	46,53	28,53	35,32	23,47	36,51	39,62
30	60	45	60	720	60	60	30	125,47
4,12	3,56	4,18	4,46	3,57	5,13	2,13	3,45	4,14
45	45	60	30	720	60	30	60	136,86
3,28	4,38	5,02	2,14	3,02	4,31	3,57	3,34	3,86
15	15	15	15	15	15	15	15	18,49
3,58	4,31	4,28	3,28	1,04	3,26	5,19	4,52	3,67
4,26	4,17	4,11	5,06	4,47	4,39	4,26	4,12	4,02
4,52	4,58	5,03	3,59	4,37	4,48	4,28	5,11	4,23
45	30	90	45	360	60	90	60	154,26
2,31	2,47	3,02	2,36	2,25	3,17	3,04	2,53	2,74
180	180	180	160	180	180	150	150	163,18
720	720	720	720	720	720	720	720	720,00
0,49	0,49	0,47	0,55	0,59	1,04	0,42	0,59	0,63
1,23	0,53	0,46	0,57	0,39	0,41	0,53	0,47	0,55
1228,47	1295,22	1358,42	1222,12	3668,25	1341,04	1236,26	1339,19	1948,90
0,85	0,90	0,94	0,85	2,55	0,93	0,86	0,93	1,35
1	1	1	1	3	1	1	1	1,50

## ANEXO 6

### Análisis de viabilidad económica

SITUACIÓN ACTUAL	US\$	Unidad
Materia Prima 1	0	kg/año
Costo Unitario de Materia Prima 1	0,00	US\$/kg
Costo Total de Materia Prima 1	0,00	US\$/año
Materia Prima 2	0	kg/año
Costo Unitario de Materia Prima 2	0,00	US\$/kg
Costo Total de Materia Prima 2	0,00	US\$/año
Generación de Residuo 1	0	kg/año
Costo Unitario Disposición Residuo 1	0,00	US\$/kg
Costo Total Disposición Residuo 1	0,00	US\$/año
Valor de Venta Residuo 1	0,00	US\$/kg
Ingreso Total Venta Residuo 1	0,00	US\$/año
Generación de Residuo 2	0	kg/año
Costo Unitario Disposición Residuo 2	0,00	US\$/kg
Costo Total Disposición Residuo 2	0,00	US\$/año
Valor de Venta Residuo 2	0,00	US\$/kg
Ingreso Total Venta Residuo 2	0,00	US\$/año
Consumo de Energía Eléctrica	281412	kWh/año
Costo Unitario Energía Eléctrica	0,08	US\$/kWh
Costo Total Energía Eléctrica	23357,20	US\$/año
Consumo de Diesel	24000	gal/año
Costo Unitario Diesel	0,99	US\$/gal
Costo Total Diesel	23760,00	US\$/año
Generación de Efluente	0	m3/año
Costo Unitario de Tratamiento de Efluente	0,00	US\$/m3
Costo Total de Tratamiento de Efluente	0,00	US\$/año
Gastos de Mantenimiento	0,00	US\$/año
Gastos de Mano de Obra	515688,00	US\$/año
Gastos de otros insumos	0,00	US\$/año
<b>Total</b>	<b>562805,20</b>	<b>US\$/año</b>

Identificar la cantidad y el costo unitario de una materia prima

Idem al anterior, relacionado a otro tipo de materia prima.

Cuantificar el residuo y el costo para disposición.

Cuando el residuo genera un ingreso, debido a su venta  
Identificar el valor por unidad.

Idem al anterior, relativo a otro residuo generado.

Identificar el consumo y el costo unitario relativo a energía.

Identificar el consumo y el costo unitario relativo a agua

Identificar la cantidad y el costo unitario de la generación de efluentes

Identificar los gastos de mantenimiento.

Identificar los gastos de mano de obra .

Identificar los gastos de otros insumos.

GASTOS CON INVERSIONES	US\$
Inversión 1 = plantillas	1.050,00
Inversión 2 = capacitación	3.500,00
Inversión 3 = plan estratégico y plan de mercadeo	15.000,00
<b>Total</b>	<b>19.550,00</b>

Identificar todas las inversiones necesarias para la opción de PML.

En las celdas A2, A3 y A4, escribir el tipo de inversión y en las celdas B2, B3 y B4, los respectivos valores. Observar que el tipo de inversión colocado en cada celda deberá ser compatible con el percentil de depreciación constante en las informaciones adicionales de los flujos de caja.

SITUACIÓN ESPERADA	US\$	Unidad
Materia Prima 1	0	kg/año
Costo Unitario de Materia Prima 1	0,00	US\$/kg
Costo Total de Materia Prima 1	0,00	US\$/año
Materia Prima 2	0	kg/año
Costo Unitario de Materia Prima 2	0,00	US\$/kg
Costo Total de Materia Prima 2	0,00	US\$/año
Generación de Residuo 1	0	kg/año
Costo Unitario Disposición Residuo 1	0,00	US\$/kg
Costo Total Disposición Residuo 1	0,00	US\$/año
Valor de Venta Residuo 1	0,00	US\$/kg
Ingreso Total Venta Residuo 1	0,00	US\$/año
Generación de Residuo 2	0	kg/año
Costo Unitario Disposición Residuo 2	0,00	US\$/kg
Costo Total Disposición Residuo 2	0,00	US\$/año
Valor de Venta Residuo 2	0,00	US\$/kg
Ingreso Total Venta Residuo 2	0,00	US\$/año
Consumo de Energía Eléctrica	140.706	kWh/año
Costo Unitario Energía Eléctrica	0,08	US\$/kWh
Costo Total Energía Eléctrica	11.256,48	US\$/año
Consumo de Diesel	12.000	m3/año
Costo Unitario Diesel	0,99	US\$/m3
Costo Total Diesel	11.880,00	US\$/año
Generación de Efluente	0	m3/año
Costo Unitario de Tratamiento de Efluente	0,00	US\$/m3
Costo Total de Tratamiento de Efluente	0,00	US\$/año
Gastos de Mantenimiento	0,00	US\$/año
Gastos de Mano de Obra	63.000,00	US\$/año
Gastos de otros insumos	0,00	US\$/año
<b>Total</b>	<b>86.136,48</b>	<b>US\$/año</b>

Notas importantes:

Utilizar el mismo raciocinio anterior, cuantificando y colocando valores en los respectivos campos.

Los datos que no se alteran entre la situación actual y la esperada no deben ser relacionados, pues uno invalida el otro cuando de la elaboración del flujo de caja incremental.

Después de llenada la memoria de cálculo, pase para la planilla de los flujos de caja.

PLANTILLA DE CÁLCULO

FLUJO DE CAJA ACTUAL

(valores en USD)

Detalle	AÑO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ingresos</b>	-	5.000.000,00	5.250.000,00	5.512.500,00	5.788.125,00	6.077.531,25	6.381.407,81	6.700.478,20	7.035.502,11	7.387.277,22	7.756.641,08
Ingresos por ventas		5.000.000,00	5.250.000,00	5.512.500,00	5.788.125,00	6.077.531,25	6.381.407,81	6.700.478,20	7.035.502,11	7.387.277,22	7.756.641,08
Valor de Venta Residuo 1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor de Venta Residuo 2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Costos Operacionales</b>	-	(562.805,20)	(562.805,20)	(562.805,20)	(562.805,20)	(562.805,20)	(562.805,20)	(562.805,20)	(562.805,20)	(562.805,20)	(562.805,20)
Materia Prima 1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Materia Prima 2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Generación de Residuo 1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Generación de Residuo 2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumo de Energía Eléctrica		(23.357,20)	(23.357,20)	(23.357,20)	(23.357,20)	(23.357,20)	(23.357,20)	(23.357,20)	(23.357,20)	(23.357,20)	(23.357,20)
Consumo de Diesel		(23.760,00)	(23.760,00)	(23.760,00)	(23.760,00)	(23.760,00)	(23.760,00)	(23.760,00)	(23.760,00)	(23.760,00)	(23.760,00)
Generación de Efluente		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastos de Mantenimiento		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastos de Mano de Obra		(515.688,00)	(515.688,00)	(515.688,00)	(515.688,00)	(515.688,00)	(515.688,00)	(515.688,00)	(515.688,00)	(515.688,00)	(515.688,00)
Gastos de otros insumos		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Flujo de Caja Líquido</b>	-	4.437.194,80	4.687.194,80	4.949.694,80	5.225.319,80	5.514.726,05	5.818.602,62	6.137.673,01	6.472.696,92	6.824.472,02	7.193.835,88

FLUJO DE CAJA ESPERADO

Detalle	AÑO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>* Inversiones</b>	(19.550,00)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión 1 = plantillas	(19.550,00)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión 2 = capacitación	(3.500,00)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inversión 3 = plan estratégico y plan de mercados	(15.000,00)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ingresos</b>	-	6.000.000,00	6.300.000,00	6.615.000,00	6.945.750,00	7.293.037,50	7.657.689,38	8.040.573,84	8.442.602,54	8.864.732,66	9.307.969,30
Ingresos de ventas		6.000.000,00	6.300.000,00	6.615.000,00	6.945.750,00	7.293.037,50	7.657.689,38	8.040.573,84	8.442.602,54	8.864.732,66	9.307.969,30
Valor de Venta Residuo 1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor de Venta Residuo 2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>* Gastos Operacionales</b>	-	(86.136,48)	(86.136,48)	(86.136,48)	(86.136,48)	(86.136,48)	(86.136,48)	(86.136,48)	(86.136,48)	(86.136,48)	(86.136,48)
Materia Prima 1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Materia Prima 2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Generación de Residuo 1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Generación de Residuo 2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumo de Energía Eléctrica		(11.256,48)	(11.256,48)	(11.256,48)	(11.256,48)	(11.256,48)	(11.256,48)	(11.256,48)	(11.256,48)	(11.256,48)	(11.256,48)
Consumo de Diesel		(11.880,00)	(11.880,00)	(11.880,00)	(11.880,00)	(11.880,00)	(11.880,00)	(11.880,00)	(11.880,00)	(11.880,00)	(11.880,00)
Generación de Efluente		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastos de Mantenimiento		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastos de Mano de Obra		(63.000,00)	(63.000,00)	(63.000,00)	(63.000,00)	(63.000,00)	(63.000,00)	(63.000,00)	(63.000,00)	(63.000,00)	(63.000,00)
Gastos de otros insumos		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Flujo de Caja Líquido</b>	(19.550,00)	5.913.863,52	6.213.863,52	6.528.863,52	6.859.613,52	7.206.901,02	7.571.552,90	7.954.437,36	8.356.466,06	8.778.596,18	9.221.832,82

**FLUJO DE CAJA INCREMENTAL**

Detalle	AÑO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de Caja esperado	(19.550,00)	5.913.863,52	6.213.863,52	6.528.863,52	6.859.613,52	7.206.901,02	7.571.552,90	7.954.437,36	8.356.466,06	8.778.596,18	9.221.832,82
Flujo de Caja inicial	-	4.437.194,80	4.687.194,80	4.949.694,80	5.225.319,80	5.514.726,05	5.818.602,62	6.137.673,01	6.472.696,92	6.824.472,02	7.193.836,88
Diferencia Líquida	(19.550,00)	1.476.668,72	1.526.668,72	1.579.168,72	1.634.293,72	1.692.174,97	1.752.950,28	1.816.764,36	1.883.769,14	1.954.124,16	2.027.996,93
Depreciación (-)	-	(1.500,00)	(1.500,00)	(1.500,00)	(1.500,00)	(1.500,00)	(1.500,00)	(1.500,00)	(1.500,00)	(1.500,00)	(1.500,00)
Intereses Tributables	-	1.475.158,72	1.525.168,72	1.577.668,72	1.632.793,72	1.690.674,97	1.751.450,28	1.815.284,36	1.882.269,14	1.952.624,16	2.026.496,93
Impuesto a la Renta	-	(388.792,18)	(381.292,18)	(394.417,18)	(408.198,43)	(422.668,74)	(437.862,57)	(453.816,09)	(470.567,28)	(488.156,04)	(506.624,23)
Intereses Líquidos	-	1.106.376,54	1.143.876,54	1.183.251,54	1.224.595,29	1.268.006,22	1.313.587,71	1.361.448,27	1.411.701,85	1.464.468,12	1.519.872,70
Depreciación (+)	-	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00	1.500,00
Flujo de Caja Incremental	(19.550,00)	1.107.876,54	1.145.376,54	1.184.751,54	1.226.095,29	1.269.506,22	1.316.087,71	1.365.948,27	1.418.201,85	1.465.968,12	1.521.972,70

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

INVERSIÓN =	\$ 19.550	
Depreciación INVERSIÓN 1 =	0%	al año
Depreciación INVERSIÓN 2 =	0%	al año
Depreciación INVERSIÓN 3 =	10%	al año
TASA MÍNIMA DE RENTABILIDAD =	18%	
IMPUESTO A LA RENTA =	25%	Sobre los intereses reales
CRECIMIENTO ACTUAL MATERIA PRIMA	-	A partir del Segundo Año
CRECIMIENTO ACTUAL RESIDUO	-	A partir del Segundo Año
CRECIMIENTO ACTUAL VENTA RESIDUO	-	A partir del Segundo Año
CRECIMIENTO ESPERADO MATERIA PRIMA	-	A partir del Segundo Año
CRECIMIENTO ESPERADO RESIDUO	-	A partir del Segundo Año
CRECIMIENTO ESPERADO VENTA RESIDUO	-	A partir del Segundo Año

Nota.: El percentil a ser informado en estos campos debe ser de las inversiones relativas a los bienes de las celdas A2, A3 y A4 respectivamente.  
Colocar aquí la tasa más atractiva practicada por el mercado.

**INDICES ECONÓMICOS**

PERÍODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL (en años) =	0,02	(en meses) =	0,21
VALOR ACTUAL NETO (VAN) =	\$5.562.486		
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) =	5670,3%		