

# Universidad Hispanoamericana

BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

“MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MÁQUINA KBN2#9 DEL DEPARTAMENTO DE ARMADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA, EN EL AÑO 2016”

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.

JANET RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

TUTOR: ING. JACQUELINE BRENES GRANADOS.

HEREDIA, DICIEMBRE, 2016.

## Acta de aprobación tutor.

### CARTA DEL TUTOR

San José, 19 de Diciembre del 2016

*Departamento de Registro  
Carrera: Ingeniería Industrial  
Universidad Hispanoamericana*

Estimado señor:

El estudiante Janet Rodríguez Rodríguez, cédula de identidad 4-0227-0082, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado número "MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MÁQUINA KBN2#9 DEL DEPARTAMENTO DE ARMADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA, EN AÑO 2016", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

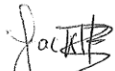
En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	15
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18
	TOTAL		91

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



**Nombre Jacqueline Brenes Granados**  
**Cédula identidad 701380274**  
**Carné Colegio Profesional IPI-27267**

**Acta de aprobación lector.**

## **CARTA DEL LECTOR**

14 de Febrero del 2017

**Universidad Hispanoamerica**  
**Sede Heredia**  
**Departamento de Registro**

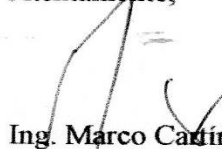
Estimados Señores

He recibido el proyecto de la estudiante JANET RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, cedula de identidad 4-0227-0082, que presentó a la Universidad en su momento, con la finalidad de dar criterio como profesional como LECTOR. He procedido a realizar la revisión respectivas del trabajo de investigación denominado "MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA MÁQUINA KBN2#9 DEL DEPARTAMENTO DE ARMADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA, EN AÑO 2016" el cual la citada estudiante elaboró con el objetivo de obtener su grado Grado Académico de BACHILLERATO EN INGENIERIA INDUSTRIAL.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

  
Ing. Marco Carín Gamboa  
Cedula: 110610393

Acta de aprobación filólogo.

## CARTA DEL FILÓLOGO

San José, 28 de febrero, 2017

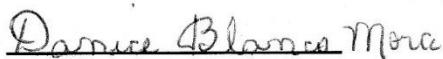
**Señores:**  
**Tribunal examinador**  
**Escuela de Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**  
**Sede Heredia**

Estimados señores:

La suscrita, **Lcda. Danice Blanco Mora**, cédula número **1- 552- 054**, en mi calidad de filóloga, hago constar que he revisado el proyecto final de graduación titulado: *Mejora de la productividad en la máquina KBN2#9 del Departamento de armado en Bridgestone en Costa Rica, en el año 2016*, realizado por Janet Rodríguez Rodríguez, cédula 4- 0227- 0082, y que el mismo reúne los requisitos exigidos por la Universidad, para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

Por lo tanto, se autoriza a la estudiante, para que presente dicho trabajo final de graduación.

Atentamente,



**Lcda. Danice Blanco Mora**

**Cédula: 1- 552- 054**

**Carné Colegio de Licenciados y Profesores 10635**

## DECLARACIÓN JURADA

Yo **Janet Rodríguez Rodríguez**, mayor de edad, portador de la cedula de identidad número **4-0227-0082** egresado de la carrera de **Ingeniería Industrial** de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercibido y entendido las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de Proyecto de Graduación para optar por el título de **Bachillerato en Ingeniería Industrial**, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **“Mejora de la productividad en la máquina KBN2#9 del departamento de armado en Bridgestone de Costa Rica, en año 2016”** es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que estos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertida que la Universidad Hispanoamericana se reserva del derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior firmo en la ciudad de Heredia, a los 04 días del mes de Marzo del año dos mil diecisiete.

Janet Rodríguez R 402270082.

Firma del estudiante.

Número de cédula de identidad

## **Dedicatoria.**

Quiero dedicar este proyecto de Graduación primero a Dios por darme el don de la vida, por nunca soltar mi mano y permitirme llegar hasta aquí.

A mi padre Olman Correa Ortiz por todo el esfuerzo durante estos años, por siempre estar a mi lado, por ser mi apoyo incondicional en la realización de mis estudios y por enseñarme a nunca rendirme y siempre soñar.

A mi madre Haydee Díaz Villegas que es lo más importante en mi vida, por todo el esfuerzo que hizo durante estos años y por enseñarme con mucho amor que las mejores cosas de la vida no se compran con dinero simplemente se sienten en el corazón.

A mi tía Luisa por ayudarme cuando más necesité, a Rolando por ser una clave importante en mis estudios, a mi amiga Ariana por enseñarme a luchar siempre y Andrés F. por estar siempre a mi lado.

**Filipenses 4:13:**

**“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”**

## **Agradecimientos.**

Primero quiero agradecer al Ingeniero Carlos Marín Madrigal por su apoyo, orientación y por toda la información brindada durante todo este tiempo.

A todo el personal de Bridgestone de Costa Rica que de alguna u otra forma me brindaron información y la oportunidad de realizar mi proyecto de graduación.

A mi tutora Ing. Jacqueline Brenes Granados por la orientación brindada y su compromiso durante todas las tutorías.

¡Gracias!

## Índice de contenidos

CAPÍTULO I: .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....	3
1.2.1. Organización de la empresa. ....	4
1.2.2. Descripción del proceso.....	6
1.2.3. Productos de Bridgestone de Costa Rica. ....	10
1.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	11
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	13
1.5. OBJETIVOS .....	14
1.5.1. Objetivo General .....	14
1.5.2. Objetivos específicos. ....	14
1.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA. ....	15
1.6.1. Alcances. ....	15
1.6.2. Limitaciones. ....	15
CAPÍTULO II: .....	16
2.1. MARCO TEÓRICO .....	17
2.1.1. Productividad como principal clave de una organización.....	17
2.1.2. Sistema de control de producción bekido. ....	18
2.1.3. Sistema de monitoreo de producción traksys. ....	18
2.1.4. Práctica de estandarización basada en la filosofía Yokoten. ....	19
2.1.5. El costo/ beneficio de un proyecto. ....	19
2.1.6. Departamento de uniformidad de Bridgestone de Costa Rica. ....	20
2.1.7. Cuadros comparativos de máquinas armadoras de llantas. ....	21
2.1.8. Respaldo cualitativo y cuantitativo. ....	22

2.1.9. Grupos multidisciplinarios. ....	22
2.1.10. Tiempo estándar. ....	22
2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO. ..	26
2.2.1. Metodología SIG SIGMA.....	26
2.2.2. Ciclo DMAIC. ....	26
2.2.2.1. Diagrama de Pareto. ....	27
2.2.2.2. Diagrama Hombre/Máquina. ....	29
2.2.2.3. Diagrama de flujo. ....	30
2.2.2.4. Diagrama de Ishikawa. ....	31
2.2.3. Manufactura esbelta. (LEAN MANUFACTURING).....	34
2.2.3.1. Genba walk.....	34
2.2.3.2. Takt Time. ....	35
2.2.3.3. Value Stream Map.....	36
2.2.3.4. Kaizen. ....	36
CAPÍTULO III: .....	38
3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICION DEL PROBLEMA. ....	39
3.2. METODOLOGIA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO. ....	40
3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO .....	42
3.4. METODOLOGÍA PARA UN PLAN PILOTO Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO. ....	43
CAPÍTULO IV:.....	45
4.1. MÁQUINAS DE ARMADO KBN´S.....	46
4.1.1. Desarrollo de la situación actual. ....	47
4.2. DIAGRAMAS DE FLUJO Y PLANO DE DISTRIBUCIÓN.....	49

4.3. BREAKDOWN DE BEKIDO LOSS. ....	53
4.4. PRODUCCIÓN ACTUAL DE LA MÁQUINA & BEKIDO. ....	54
4.5. CONFIABILIDAD DE LA INFORMACIÓN REGISTRADA EN EL SISTEMA TRAKSYS Y BEKIDO. ....	55
4.6. DIAGRAMA DE PARETO. ....	57
4.6.1. Principales categorías a analizar. ....	58
4.6.1.1. Categoría otros. ....	58
4.6.1.2. Problemas de materiales. ....	64
4.6.1.3. Demoras por la diferencia del tiempo de ciclo vs el estándar. ....	72
4.6.1.4. Falta de materiales. ....	87
4.7. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE CAUSAS. ....	93
CAPÍTULO V:.....	96
5.1. PROPUESTAS DE MEJORA EN LOS MÉTODOS Y ESTÁNDARES DE TRABAJO PARA DISMINUIR EL TIEMPO DE CICLO DE LA MÁQUINA KBN2#9. ....	97
5.1.1. Mejoras técnicas en la máquina KBN#9 en las etapas KB y N para disminuir los tiempos de ciclo. ....	100
1. Ajuste en el estichado de telas y paredes. ....	100
2. Estandarizar el método de unión y corte de telas y unión de paredes. ....	103
3. Eliminar la actividad de colocar el número de armador. ....	107
4. Mantenimiento del portaceja interno para aumentar la velocidad neumática. ....	108
5. Mejora en el desplazamiento del operador para colocación de los aros en la aplicadora de filler. ....	109
5.1.2. Estandarización en los cambios de materiales en la máquina KBN2#9. ....	113
5.1.3. Propuesta de bajar llantas. ....	121

5.2. DISEÑO PARA MEJORAR LA CATEGORÍA “MATERIALES DEFECTUOSOS” .....	123
5.3. DISEÑO PARA MEJORAR LA CATEGORÍA “FALTA DE MATERIALES”	129
5.4. INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN MÁQUINA & BEKIDO.....	133
5.5. PRUEBA PILOTO.....	137
5.6. COSTO-BENEFICIO DE LA MEJORA. ....	141
5.6.1. Costo-beneficio de eliminar la acción de bajar llantas. ....	141
5.6.2. Costo-beneficio de acuerdo con el incremento de producción. ....	142
5.7. YOKOTEN .....	144
CAPÍTULO VI:.....	147
BIBLIOGRAFIA.....	152
GLOSARIO.....	153
ANEXOS.....	154

## Índice de Figuras.

<i>Figura 1: Organigrama a nivel de manufactura BSCR.</i> .....	4
<i>Figura 2: Proceso de armado de llantas</i> .....	6
<i>Figura 3: Máquina Banbury</i> .....	7
<i>Figura 4: Máquina armadora de llantas</i> .....	10
<i>Figura 5: Sistema bekido</i> .....	18
<i>Figura 6: Sistema traksys</i> .....	19
<i>Figura 7: Costo y beneficio</i> .....	20
<i>Figura 8: Cuadros comparativos de productos y servicios que ofrece la Banca en México.</i> .....	21
<i>Figura 9: Clasificación de suplementos.</i> .....	23
<i>Figura 10: Tablas para establecer suplementos</i> .....	25
<i>Figura 11: Ciclo DMAIC</i> .....	27
<i>Figura 12: Diagrama de Pareto, principales causas de bekido loss</i> .....	28
<i>Figura 13: Tabla diagrama Hombre-máquina</i> .....	30
<i>Figura 14: Flujo de materiales de un VSM</i> .....	36
<i>Figura 15: Máquina armado KBN'S.</i> .....	46
<i>Figura 16: Diagrama de flujo general del proceso de la llanta.</i> .....	50
<i>Figura 17: Diagrama de flujo KBN'S</i> .....	51
<i>Figura 18: Ubicación de la máquina KBN2#9</i> .....	52
<i>Figura 19: Diagrama de Ishikawa, demoras por bajar llantas.</i> .....	61
<i>Figura 20: Diagrama de Ishikawa, demoras por falla de código de barras.</i> .....	63
<i>Figura 21: Aplicación de sellante en tambor.</i> .....	66
<i>Figura 22: Ondulación de sellante</i> .....	67
<i>Figura 23: Punta levantada de sellante en tambor</i> .....	67
<i>Figura 24: Aplicación de spiral layer</i> .....	67
<i>Figura 25: Descubrimiento de hilos.</i> .....	68
<i>Figura 26: Desenhebrado de spiral layer</i> .....	68
<i>Figura 27: Transporte de paredes</i> .....	69
<i>Figura 28: Diagrama de Ishikawa, demoras por material defectuoso.</i> .....	71
<i>Figura 29: Mapeo de la situación actual agosto 2016.</i> .....	76
<i>Figura 30: Mapeo de la situación actual Setiembre 2016</i> .....	77
<i>Figura 31: Diagrama de Ishikawa, demoras por ciclo</i> .....	80
<i>Figura 32: Mapeo de la situación actual con puntos a atacar</i> .....	81
<i>Figura 33: Análisis del diagrama hombre máquina.</i> .....	85
<i>Figura 34: Diagrama de Ishikawa, demoras por falta de material.</i> .....	88
<i>Figura 35: Cédula programa de armado.</i> .....	91

<i>Figura 36: Recorrido de inventario.</i>	92
<i>Figura 37: Rodillo del centro.</i>	101
<i>Figura 38: Estichers.</i>	101
<i>Figura 39: Seteo de parámetros de aplicación de tela.</i>	104
<i>Figura 40: Corte de tela.</i>	104
<i>Figura 41: Estándar de unión de paredes.</i>	105
<i>Figura 42: Estándar de corte y unión de telas.</i>	106
<i>Figura 43: Colocación de número de armador.</i>	107
<i>Figura 44: Salida del portacejas interno.</i>	109
<i>Figura 45: Aplicadora Filler.</i>	110
<i>Figura 46: Aplicadora filler con estructura.</i>	110
<i>Figura 47: Diagrama hombre máquina actual.</i>	113
<i>Figura 48: Estándar de cambio de capas estabilizadoras.</i>	116
<i>Figura 49: Estándar de cambio de telas o paredes.</i>	118
<i>Figura 50: Estándar de cambio de paredes.</i>	121
<i>Figura 51: Colocación de sellante en máquinas individuales.</i>	124
<i>Figura 52: Colocación de sellante en KBN'S.</i>	124
<i>Figura 53: Guía de doble vacío.</i>	125
<i>Figura 54: Enrollamiento de sellante.</i>	126
<i>Figura 55: Spiral Layer Enhebrado</i>	127
<i>Figura 56: Pistón de enhebrado.</i>	127
<i>Figura 57: Sensores de Spiral layer.</i>	128
<i>Figura 58: Recorrido de inventario actual.</i>	132
<i>Figura 59: Gantt de realización de propuestas 2016.</i>	135
<i>Figura 60: VSM después de mejoras</i>	136
<i>Figura 61: Gantt de aplicación de Yokoten en máquinas KBN'S 2016.</i>	140
<i>Figura 62: Gantt de aplicación de Yokoten.</i>	146

## **Índice de Tablas.**

<i>Tabla 1: Medición y respaldo cualitativo y objetivo.</i>	41
<i>Tabla 2: Metodología de la propuesta de mejora y objetivos.</i>	42
<i>Tabla 3: Implementación del proyecto y objetivos.</i>	43
<i>Tabla 4: Porcentaje de bekido obtenido en la máquina KBN2#9 de enero a setiembre 2016.</i>	54
<i>Tabla 5: Categoría otras demoras.</i>	59
<i>Tabla 6: Matriz causa-efecto por bajar llantas.</i>	61

<i>Tabla 7: Matriz causa-efecto por falla código de barras.</i> .....	63
<i>Tabla 8: Categoría problemas de materiales.</i> .....	64
<i>Tabla 9: Matriz causa-efecto por materiales defectuosos.</i> .....	71
<i>Tabla 10: Matriz causa-efecto por fallas de ciclo vs estándar.</i> .....	85
<i>Tabla 11: Categoría falta de materiales.</i> .....	87
<i>Tabla 12: Matriz causa-efecto por falta de materiales.</i> .....	89
<i>Tabla 13: Cálculo del takt time.</i> .....	97
<i>Tabla 14: Calculo de cambios de materiales.</i> .....	99
<i>Tabla 15: Estado inicial estichados.</i> .....	102
<i>Tabla 16: Propuesta estichados.</i> .....	102
<i>Tabla 17: Tiempos de ciclo antes y después de ajustes de estichados de telas y paredes.</i> .....	103
<i>Tabla 18: Tiempos de ciclo antes y después del estándar de telas y paredes.</i> .....	107
<i>Tabla 19: Tiempos de ciclo antes y después de la eliminación del número de armador.</i> .....	108
<i>Tabla 20: Tiempos de ciclo antes y después de dar mantenimiento a Portaceja interno en máquina.</i> .....	109
<i>Tabla 21: Tiempos de ciclo antes y después de construcción de estructura metálica para la aplicadora filler:</i> .....	111
<i>Tabla 22: Tiempos de ciclo antes y después de las propuestas.</i> .....	111
<i>Tabla 23: Cantidad de metros de material estándar.</i> .....	119
<i>Tabla 24: Tiempos de ciclo antes y después de la estandarización de cambios de materiales:</i> .....	119
<i>Tabla 25: Tiempos de ciclo antes y después de la propuesta de bajar llantas:</i> .....	122
<i>Tabla 26: Tiempos antes y después de la propuesta del sistema de corte y guía de sellante:</i> .....	126
<i>Tabla 27: Tiempos de ciclo antes y después de la propuesta de freno de spiral layer:</i> .....	128
<i>Tabla 28: Tiempos de ciclo antes y después de la propuesta de diseño de recorrido de inventario:</i> .....	130
<i>Tabla 29: Porcentaje de bekido obtenido en la máquina KBN2#9 de enero a diciembre 2016.</i> .....	133
<i>Tabla 30: Estudios de tiempos de ciclo.</i> .....	137
<i>Tabla 31: Nuevo cálculo del takt time.</i> .....	138
<i>Tabla 32: Costo-Beneficio propuesta bajar llantas.</i> .....	141
<i>Tabla 33: Incremento en producción en KBN2#9.</i> .....	142
<i>Tabla 34: Inversiones para propuestas de mejora en KBN2#9.</i> .....	143
<i>Tabla 35: Costo-beneficio de las propuestas de mejora</i> .....	144

## **Índice de Gráficos.**

<i>Gráfico 1: Tendencia Bekido KBN2#9</i> .....	55
<i>Gráfico 2: Evaluación de confiabilidad sistemas traksys.</i> .....	57
<i>Gráfico 3: Principales demoras mayo a setiembre 2016</i> .....	58

<i>Gráfico 4: Diagrama de Pareto, categoría otros. ....</i>	<i>59</i>
<i>Gráfico 5: Diagrama de Pareto, problemas de materiales. ....</i>	<i>65</i>
<i>Gráfico 6 : Gráfico de tendencias, categoría ciclo. ....</i>	<i>73</i>
<i>Gráfico 7: Ciclo por operadores de la KBN2#9. ....</i>	<i>74</i>
<i>Gráfico 8: Ciclo por operadores de la KBN2#9. ....</i>	<i>78</i>
<i>Gráfico 9: Cambio de materiales. ....</i>	<i>82</i>
<i>Gráfico 10: Categoría "Falta de materiales". ....</i>	<i>87</i>
<i>Gráfico 11: Tendencia de bekido en la máquina KBN2#9 ....</i>	<i>134</i>
<i>Gráfico 12: Tiempos de ciclo máquina KBN2#9. ....</i>	<i>139</i>
<i>Gráfico 13: Porcentaje de bekido en KBN'S. ....</i>	<i>145</i>

## **Acrónimos y siglas**

**BSCR:** Bridgestone de Costa Rica.

**KBN:** Máquina armadora de dos etapas.

**RSE:** Responsabilidad social empresarial.

**TUO:** Tire Uniformity Optimizer.

**PLC:** Programmer Logic Controller.

**VSM:** Value Stream Map.

**CFT:** Grupos Multidisciplinarios.

**TAM:** Tire Assemble Machine.

**SFD:** Smart flow for documents.

## Resumen.

El presente proyecto de graduación tiene como objetivo analizar el proceso de armado y aumentar la productividad de la máquina KBN2#9 de la empresa Bridgestone de Costa Rica. La necesidad de poder cumplir con el *ticket* de producción mensual genera un gran impacto para la realización del proyecto, ya que es necesario producir específicamente en este tipo de máquinas armadoras de llantas cuyo fin es disminuir los costos de producción y los tiempos no productivos.

Por medio de la metodología DMAIC se desarrollaron cada una de las etapas utilizando herramientas para facilitar el análisis y cumplir con los objetivos planteados. Como apoyo en la realización de este proyecto se conformó un grupo multidisciplinario que tuvo como fin analizar los datos de los tiempos de paro y participar en cada una de las propuestas de mejora para aumentar el porcentaje de *bekido* de la máquina de armado.

Como situación encontrada las principales demoras que generan paros de máquina son: las categorías de otros donde sus principales demoras se dan por la acción de bajar llantas y fallo de código de barras, diferencia de ciclo real vs estándar donde sus principales causas se dan por materiales no conformes, falta de estándares de trabajo, desajustes en máquina, entre otros; materiales defectuosos por diversas causas como la antigüedad de las máquinas de preparación de materiales, falta de mantenimiento preventivo y transportes inadecuados, la categoría de falta de materiales que se presenta principalmente por la alta cantidad de material defectuoso y una inadecuada toma de inventarios. A través de diferentes propuestas basadas en la reducción de los tiempos de ciclo, definición de estándares de trabajo y mejoras en máquina por parte de diferentes departamentos como mantenimiento, técnico y programación se logra aumentar la productividad a 332 unidades para el mes de diciembre y reducir el porcentaje de *bekido loss* de la máquina KBN2#9 en un 6,9%. En cuanto a beneficio de las propuestas se obtiene una ganancia de \$117.772,4 y una recuperación de la inversión de aproximadamente de 18,25 días.

# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El cambio constante en la economía ha impulsado que las empresas se encuentren constantemente en la búsqueda de la forma de ser más eficientes y productivas. Se dice que las empresas más exitosas son aquellas que se adaptan fácilmente al cambio teniendo en cuenta aspectos de suma importancia como la competitividad que es una de las principales amenazas para las organizaciones.

BSCR, ha venido realizando esfuerzos para mejorar sus procesos, por lo que cuenta con diferentes certificaciones dentro de ellas la norma ISO 9000 en 1997 y posteriormente, en 1999, se certificó dentro de la norma ISO 14000. Además, trabaja en el mejoramiento continuo, tanto a nivel de calidad del producto como de la productividad. Actualmente, la empresa está certificada con la norma internacional de ISO ITS 16949, certificación que es específica para todas las empresas del sector automotriz.

El siguiente proyecto busca mayor eficiencia productiva en el proceso de armado, por lo que abarca los siguientes capítulos:

En el capítulo I se encuentra la descripción de la organización, antecedentes del problema, justificación, objetivos y delimitación del problema.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico en el cual se abordarán todos los conceptos necesarios para entender el desglose del proyecto. Conceptos como productividad, traksys, bekido y las herramientas utilizadas para encontrar las mejoras del proyecto, así como la metodología DMAIC.

El capítulo III se desarrolla el marco metodológico en el cual se explica con detalle las metodologías utilizadas en cada etapa del proyecto, en la definición del problema, en la medición, en la propuesta de mejora y en la implementación del proyecto. Además de las técnicas, sujetos y fuentes necesarias para la búsqueda de información.

En el capítulo IV se detalla el análisis realizado mediante la aplicación de las diferentes herramientas como paretos, *ishikawas*, *value stream map* y gráficas de tendencias, con el fin de encontrar la causa principal que ataca el porcentaje de bekido loss en el departamento de armado.

En el capítulo V se diseñaron e implementaron propuestas de mejora que atacaran las principales causas analizadas en el capítulo IV con el fin de disminuir el porcentaje de *bekido loss* en la máquina KBN2#9 del departamento de armado.

En el capítulo VI se detallan cada una de las conclusiones encontradas en el desarrollo del proyecto y las recomendaciones necesarias para el seguimiento del mismo y propuestas que no se pudieron realizar y quedarán como recomendaciones a futuro.

## **1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN**

Bridgestone S.A cuenta con seis plantas de manufactura en Estados Unidos y una planta en Centroamérica localizada en Costa Rica, la cual inició sus operaciones en 1967 hasta la actualidad, conocida anteriormente como Bridgestone Firestone de Costa Rica, S.A y en el 2009 cambió su nombre por el de Bridgestone de Costa Rica S.A (BSCR).

Según la política de Bridgestone de Costa Rica (2016):

### **Misión**

Servir a la sociedad con calidad superior.

### **Visión**

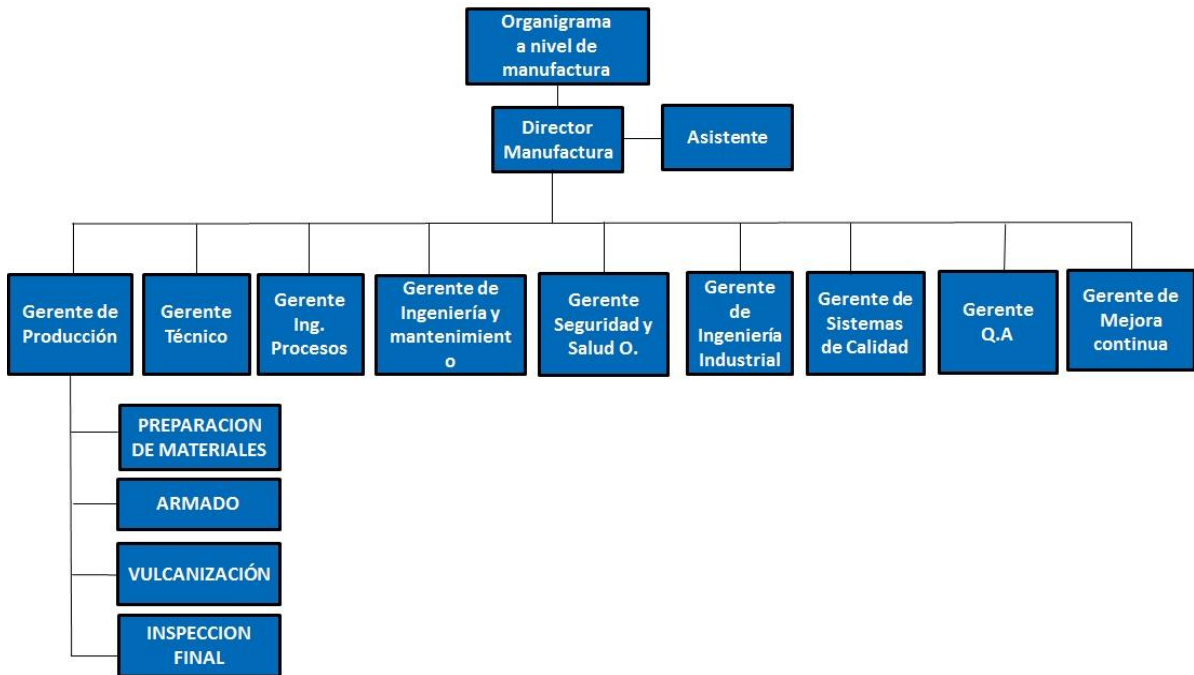
Ser el mejor.

### **Responsabilidad social**

Bridgestone de Costa Rica tiene el compromiso de ser una empresa socialmente responsable, filosofía que se ha mantenido desde los días del fundador de la Corporación y se ha convertido en parte fundamental del día a día de la empresa. Como reflejo de este compromiso, BSCR ha mantenido un proceso de mejora continua que permite incorporar los principios de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) a todos los departamentos y niveles de la organización.

### 1.2.1. Organización de la empresa.

La organización cuenta con cerca de 1300 trabajadores quienes realizan sus labores en las instalaciones ubicadas en la Ribera de Belén. Según el departamento de recursos humanos, a nivel de manufactura BSCR está compuesta de la siguiente manera:



**Figura 1: Organigrama a nivel de manufactura BSCR.**

*Fuente: Departamento de Recursos Humanos, 2016.*

La empresa cuenta con un director de operación el cual es el encargado de velar porque todas las partes estén cumpliendo con sus actividades, brinda apoyo en los esfuerzos de mejoramiento continuo de todos los procesos de BSCR, administra los recursos de manufactura y tecnología entre otras actividades y tiene a cargo 9 gerencias que dan apoyo al área de producción.

Las principales responsabilidades a nivel de gerencias son:

- **Gerente de producción:** Es el encargado de las actividades relacionadas con la fabricación y programación de la producción. Además, es el responsable de las actividades de mejora continua en la generación de material no conforme.

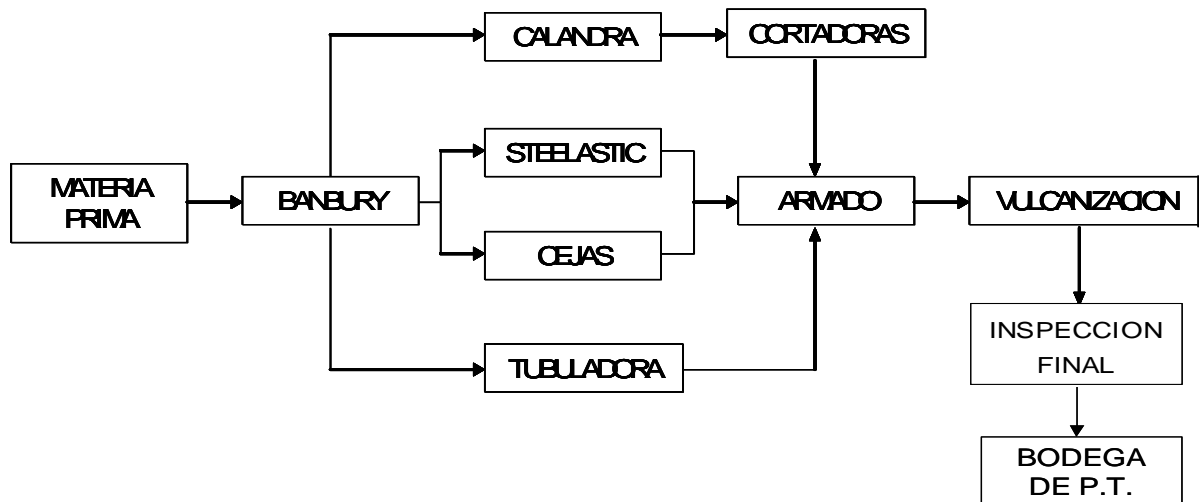
- **Gerente técnico:** Responsable de las actividades relacionadas con la ingeniería de llantas, el control de proceso y el control de ingreso de moldes.
- **Gerente Ingeniería de procesos:** Responsable de controlar los procesos y materias primas.
- **Gerente Ingeniería y mantenimiento:** Es el responsable de las actividades de mantenimiento de la maquinaria y equipo usado en el proceso productivo, así como la calibración de los equipos.
- **Gerente Seguridad y Salud Ocupacional:** Responsable de dirigir y coordinar todas las actividades relacionadas con la seguridad y la salud de todas las instalaciones.
- **Gerente de Ingeniería Industrial:** Responsable de evaluar y mejorar los métodos de producción.
- **Gerente sistemas de calidad:** Responsable de velar por el cumplimiento de toda la normativa, acreditaciones y estándares vigentes.
- **Gerente Q.A:** Responsable de las actividades de pruebas físicas de producto terminado, auditorías de proceso y producto, así como la documentación y seguimiento de las acciones correctivas de planta y el control estadístico de procesos.
- **Gerente de mejora continua:** Responsable de velar por el mejoramiento de los procesos productivos, servicios y productos.

El área de producción a su vez está compuesta por 4 procesos: Preparación de materiales, armado, vulcanización e inspección final.

El departamento en estudio corresponde al proceso de armado, el cual se encarga de ensamblar las partes para fabricar la llanta, cuenta con un jefe de producción, 6 supervisores de producción, 1 supervisor de set up, 157 armadores, 28 auxiliares y 25 mecánicos de *set up*.

## 1.2.2. Descripción del proceso.

Bridgestone Costa Rica, cuenta con 4 divisiones o subprocessos de manufactura, denominados: Preparación de materiales, Armado de llantas, Vulcanizado de llantas e Inspección final. En el siguiente apartado se describe el proceso de fabricación de llantas y las diferentes etapas que la componen.



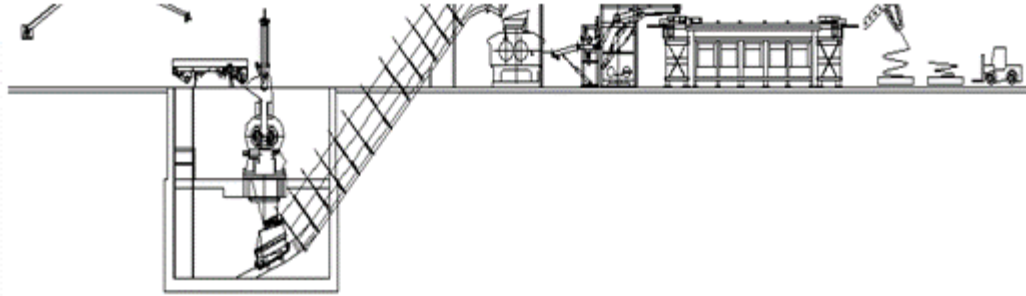
**Figura 2: Proceso de armado de llantas**

*Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, Bridgestone de Costa Rica.*

### 1.2.2.1. Preparación de materiales.

La materia prima utilizada para los diferentes procesos tiene que ser aprobada y examinada por el departamento químico. Una vez aprobada se inicia el proceso en el departamento llamado BANBURY, este es un mezclador de materiales, es decir, se incorporan las materias primas al hule.

En el Banbury, los hules y pigmentos son sometidos a diferentes operaciones hasta obtener el resultado final cuando el hule está listo para ser usado en otras partes del proceso.



**Figura 3: Máquina Banbury**

*Fuente: Departamento de producción, Bridgestone de Costa Rica tomado del sistema SFD.*

Una vez listo el hule, se pasa por una serie de máquinas para darle forma a diferentes componentes que se necesitan dentro del proceso de armado de llantas. Dentro de ella se encuentran: tubuladora, calandra, cortadoras, cejas y *steelastic*.

**a. TUBULADORAS**

El hule que proviene del banbury es pasado por unas cámaras de extrusión dentro de las cuales gira un rodillo sin fin que muele el hule a una temperatura estimada para luego transportarlo hasta la salida de la tubuladora en donde se encuentra un cubo de acero que le da la forma necesaria al hule. Cuando este hule ya pasado por tubuladora sale, es colocado en unas bandas transportadoras que pasan por una balanza para poder pesar el material, este material es cortado por metros.

Posteriormente, se pasa a la zona de cementado, en donde existe un recipiente que contiene un cemento especial para remover los excesos de cemento, el rodado es introducido a una unidad de enfriamiento con agua, que consiste en una cámara que está a lo largo de una buena parte del *conveyer*, al salir de esta unidad, el rodado se seca con aire a presión y después es trasladado a la zona de cortadora de rodado, aquí el rodado es cortado a una medida ya especificada, luego se cementa los extremos del rodado ya cortado para facilitar la adhesión de la unión en el momento de armarse la llanta. Después, se colocan en carros destinados especialmente para rodados y se dejan en reposo hasta pasar al departamento de armado.

**b. CALANDRA**

El calandrado consiste en recubrir con una película de hule los lados de la tela que va a usarse para formar el cuerpo de la llanta, esto con el objetivo de lograr una adhesión entre capas, y evitar que las fibras de una capa entren en contacto con las de la otra. El hule es alimentado a la calandra por un sistema de molinos almacenadores. La tela que va a ser calandrada pasa entre el rodillo central y el inferior, de modo que el rodillo central debe tener adherido el hule a su superficie con el objetivo de que se adhiera a la tela y esta tenga al salir de la calandra, una capa uniforme de hule.

**c. CORTADORAS**

Luego de que la tela ha sido calandrada, esta se corta dependiendo del uso que se vaya a dar, para esto la tela se corta con un ancho y un ángulo específico de acuerdo al tipo y tamaño de la llanta. La cortadora es una cuchilla cuyo ángulo de corte puede variar a voluntad del operador, esta es accionada por aire con la presión suficiente para cortar la tela de un solo golpe.

La tela es cortada sobre una banda transportadora, cuya velocidad está sincronizada con la cortadora. De aquí la tela es puesta en la mesa para colocarle el inserto y después arrollarla en el transporte, finalmente, identificarla para que sea empleada en el departamento de armado.

**d. DEPARTAMENTO DE CEJAS**

La operación se da cuando se toma el aro, el cual es un material compuesto de alambre y hule; se coloca en la aplicadora de filler máquina utilizada para colocar el filler, el cual es un material de hule que sirve para realizar la atadura en la llanta.

**e. DEPARTAMENTO DE STEELASTIC**

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

La operación inicia cuando el alambre se toma de una batería de carruchas, de las cuales se selecciona el número de hilos necesarios según sea el ancho de la capa que va a formarse. Luego, el alambre es pasado por una extrusora, que se encarga de recubrir los hilos con un hule especial para ello, y queda de esta manera, aislados los hilos entre sí.

Para que no se muevan los hilos, están sujetos en forma permanente por una matriz o molde que los mantiene en una sola posición; posteriormente, se corta con una cuchilla especial con un determinado ángulo y un brazo automático los une nuevamente.

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

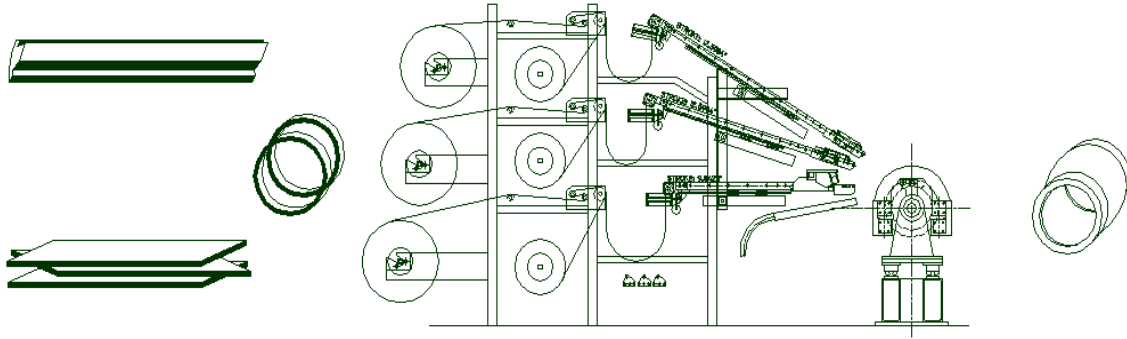
#### **1.2.2.2 Departamento de armado.**

En este departamento convergen los productos obtenidos en los departamentos de tubuladora, calandra, cortadora y cejas.

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

Este eje puede girar hacia adelante o hacia atrás, según se desee, libremente o dando una o media vuelta, de tal forma que el operador tenga un control completo sobre el tambor, ya que sobre este van colocando primero cierto número de capas de telas, luego se colocan las cejas y después otro número de capas para formar el cuerpo de la carcasa, luego se coloca el rodado, las paredes laterales.

El tambor es abatido y el producto obtenido se denomina llanta verde. En este punto la llanta ya está terminada, y le falta únicamente moldearse y vulcanizarse en la siguiente etapa.



**Figura 4: Máquina armadora de llantas**

Fuente: Departamento de producción, Bridgestone de Costa Rica tomado del sistema SFD.

### 1.2.2.3 Departamento de vulcanización.

Para que la etapa de vulcanización se lleve a cabo se cuenta con unas prensas especiales donde se colocan los moldes dependiendo de la llanta que se va a formar. Cuando una llanta pasa por vulcanización esta no puede ser reprocesada, es decir, si hay una falla en esta etapa se tiene que desechar la llanta.

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

### 1.2.2.4 Departamento de inspección final.

En esta última etapa se inspeccionan cuidadosamente las llantas ya vulcanizadas, tanto interna como externamente, para detectar cualquier falla por pequeña que sea. Estas llantas son pasadas por una máquina llamada TUO (Tire Uniformity Optimizer) para determinar su uniformidad.

## 1.2.3. Productos de Bridgestone de Costa Rica.

Se fabrican 3 tipos de llantas:

- 1- **Las angulares:** son llantas completamente fabricadas de telas textiles o nylon cubiertas por hule.
- 2- **Las radiales:** llantas que cuentan con una capa de acero cubierta por hule y alambre, lo que permite dar una mayor estabilidad a la llanta, son llantas tubulares porque cuentan con sellante que es un material a base de hule que permite que las llantas no utilicen neumático, ya que mantiene el aire dentro de la llanta.
- 3- **Llantas equipo original:** son llantas radiales pero destinadas a los fabricantes de automóviles como Toyota,Chrysler

Dentro de los productos de Bridgestone de Costa Rica, se encuentran las siguientes familias:

- PSR: Llanta para automóvil, tipo radial
- LTR: Llantas para camioneta o 4x4, tipo radial
- AGS: Llantas para tractor o equipo agrícola, tipo angular
- TBS: Llantas para camión, tipo angular
- LTS: Llantas para camión tamaño mediano, tipo angular
- TSR: Llanta temporal o llanta de repuesto (galleta), tipo radial

### **1.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Desde el año 2011 hasta la actualidad las máquinas armadoras de llantas se han ido sustituyendo por otras más modernas, automatizadas, más rápidas y que producen con mayor calidad.

Bridgestone cuenta con una gran cantidad de máquinas armadoras de las cuales las KBN'S son el objetivo de estudio de este proyecto de graduación, específicamente la KBN2#9, la misma fue traída de Australia y fue la primera máquina a la cual se le realizó migración eléctrica, ya que venía con un sistema obsoleto. Con la ayuda de los operadores más experimentados y el personal técnico calificado, se han mejorado los ciclos, modelos, tiempos, etc. y se está partiendo de ahí para replicar todas las mejoras a las demás KBNs, es por esta razón que se ha seleccionado la KBN2#9 para desarrollar el presente proyecto de graduación.

La planta cuenta con 12 KBN'S para poder cumplir con la demanda comercial, son máquinas que incrementan la productividad de la planta, ya que requieren de un solo operador a diferencia de las máquinas individuales que requieren de dos operadores y constan de 2 etapas separadas. . La máquina KBN2#9 debe lograr un porcentaje de productividad o de bekido de al menos un 68%, lo que significa que necesitan producir 330 llantas diarias como mínimo para poder cumplir con el requerimiento diario según el ticket de producción.

$$\frac{68\%}{100\%} * \frac{330 \text{ llantas diarias}}{484 \text{ llantas diarias}}$$

En el caso de las KBN'S por ser automatizadas cuentan con un sistema llamado PLC o controlador lógico programable, el cual tiene como objetivo ayudar al operador en su proceso indicando cuando se acaban materiales, cuando se necesita de un ajuste o simplemente alertando cuando existe alguna falla.

Además, cuentan con otra pantalla para registrar las demoras y justificaciones, a este sistema se le conoce como *traksys* y de este mismo se extraen con claridad los indicadores del proceso y se determina el porcentaje del funcionamiento normal del equipo al cual se le llama Bekido.

Los sistemas "Bekido y traksys" son relativamente nuevos en la empresa, fueron implementados en enero del 2016, a partir de este momento los indicadores de productividad se han generado de manera automatizada. Además, los sistemas pueden brindar información de forma más ágil para atacar con mayor claridad las causas que afectan la productividad, así como de tener una mayor claridad de los tiempos perdidos en el proceso de armado. Anteriormente no se tenía *bekido* automático ni recolección de demoras automáticas, todo se realizaba de forma manual.

Para el mes de julio el tiempo productivo o porcentaje de *bekido* se encuentra en un 64.7% y es el porcentaje de *bekido* más alto que se ha obtenido durante este año, a pesar de esto ese porcentaje aún encarece la operación debido a que es necesario tener las máquinas individuales trabajando para poder alcanzar el ticket de producción.

La compañía invierte aproximadamente \$12.000 anuales de más si se encuentran en funcionamiento las maquinas individuales, es decir, si estas máquinas quedaran fuera de funcionamiento la compañía tendría un ahorro de \$12.000 anuales por concepto de operadores. Además, las KBN'S tienen capacidad para obtener entre un 68-70% es decir, la empresa está dejando de percibir 30 llantas diarias aproximadamente por maquina las cuales tienen una utilidad de un 15% para la empresa.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El objetivo de incrementar la productividad de la KBN2#9 nace de la necesidad de una mejora en el proceso de armado. Para Bridgestone de Costa Rica es de suma importancia la puesta en marcha de este proyecto para poder cumplir con los requerimientos de la planta a corto plazo, disminuir los costos anuales y sacar de funcionamiento a corto plazo las máquinas individuales (88's y 99's), debido a que si se aumenta el bekido entre (68%-72%) en todas las máquinas no se necesitarán de las máquinas sencillas para poder alcanzar el ticket mensual de producción.

Mejorar la productividad de estas máquinas es una de las principales oportunidades a atacar, hasta este momento no se ha logrado el incremento de productividad esperado y lograr mantenerlo en el tiempo, con el fin de obtener información exacta para poder atacar los problemas que afectan la productividad con mayor relevancia y exactitud.

Al no ponerse en marcha este proyecto, el departamento de armado podría convertirse en el cuello de botella, porque no da abasto para procesar los insumos de las operaciones anteriores y de abastecer a las posteriores en este caso el proceso de vulcanización.

Actualmente las KBN'S las operan tres personas y generan una producción de 300 llantas por día y una producción estimada de 100 llantas por operador, mientras que las 99's y 88's producen 500 llantas al día y necesitan de 6 operadores lo que se estima una producción por operador de 83 llantas al día, por lo tanto, las KBN'S además de ser de mayor calidad, son más productivas y tienen

menores costos de operación. De ahí nace la necesidad de aumentar la productividad de las KBN'S entre (68%-72%) de *bekido* que representarían aproximadamente 30 unidades más que las que se producen actualmente, teniendo cada unidad una utilidad de un 15% para la empresa, es decir, la compañía podría tener una ganancia de aproximadamente de \$271,6 por día por el aumento de *bekido* en la KBN2#9.

La tendencia actual del mercado ha venido incrementando la demanda de aros 17 a 20, ese tipo de producción solo se puede producir en máquinas como las KBN's por tener altos valores de *yield* en uniformidad, ya que disminuye la manipulación del hombre lo cual no se logra con las máquinas individuales. Por lo que este proyecto toma aun mayor importancia, ya que de no alcanzar niveles de un 68%-72% de *Bekido* se podría perder un mercado potencial o simplemente no cumplir la demanda solicitada.

Entre los aportes que se extraerán de este proyecto se pueden mencionar: replicar las mejoras encontradas a las demás KBN'S por medio del Kaizen, reducción de los costos de manos de obra requerida, un posible ahorro energético, más espacios disponibles para las próximas máquinas KBN'S que se instalarán en los años 2017-al 2020 y mejoras en la calidad de las llantas.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo General**

Analizar el proceso de armado de la máquina KBN2#9 y mejorar su productividad aumentando el porcentaje de *bekido* entre un 68%-72% en Bridgestone de Costa Rica en el año 2016.

### **1.5.2. Objetivos específicos.**

- Analizar la confiabilidad de la información registrada por los operadores de la maquina KBN2#9 que son insumo de los sistemas de información *traksys* y *bekido* para el cálculo del porcentaje de productividad.
- Identificar las principales causas de tiempos de paro de la armadora KBN2#9 que afectan el indicador de productividad o *bekido*.

- Determinar las oportunidades de mejora en el proceso de armado en la máquina KBN2#9 que afectan el indicador de productividad o *bekido*.
- Desarrollar propuestas de mejora para disminuir el porcentaje de *bekido* loss, utilizando herramientas como DMAIC y herramientas LEAN.
- Determinar el costo/beneficio de la propuesta de mejora con base en el costo de oportunidad de producir más llantas diarias.
- Desarrollar un plan piloto que compruebe la mejora en el porcentaje de productividad en la maquina KBN2#9

## **1.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.6.1. Alcances.**

La empresa Bridgestone de Costa Rica se compone de diferentes procesos que se relacionan entre sí, sin embargo, el alcance de este proyecto está enfocado al proceso de armado. Este departamento está compuesto por 12 máquinas KBN`S, el estudio se centra específicamente en la máquina KBN2#9 y gira en torno a la necesidad de incrementar la productividad, alcanzando entre un 68%-72% de *bekido*. Además de realizar yokoten (copiar) de las mejoras realizadas a otras KBN`S y mejoras resultantes de este proyecto, principalmente poder eliminar a futuro las máquinas individuales.

### **1.6.2. Limitaciones.**

- La información como videos del proceso no podrán ser presentados, por ser información confidencial de la empresa.
- Dadas las circunstancias de producción de la planta (24/7) no se cuenta con el recurso humano necesario para cubrir todo el tiempo productivo y observar las situaciones dadas en la máquina.
- Disponibilidad de los operarios para obtener información referente a la máquina o proceso, pues ellos no pueden detenerla sin alguna justificación.
- Por factor tiempo, no se podrá abarcar mejoras en las máquinas de preparación de materiales, ya que es un factor que incide en los tiempos de paro de las KBN`S.

# **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## 2.1. MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se desarrollará los conceptos básicos mencionados en el proyecto de graduación.

### 2.1.1. Productividad como principal clave de una organización.

De todos los ámbitos de una empresa, la productividad es fundamental para poder competir en una economía en constante cambio. Se le conoce como “actividad productiva” la que se lleva a cabo aprovechando todos los recursos necesarios para obtenerla, la cual se convierte en la clave principal de una empresa que quiere participar en un mercado competitivo.

Según Cabrales, M. y Curiel, R. (2012) :

La productividad en todo sistema de operación de bienes o servicios obedece a la relación que guardan los resultados obtenidos para con los recursos empleados en el logro de los mismos, este factor es de vital importancia, ya que de ser favorable se estará en condiciones de permanecer en el mercado cada vez más competitivo. (P.6)

Aumentar la productividad es la estrategia de todas las empresas para ser competitivas, para poder alcanzar sus metas y encontrar la estabilidad en el ámbito industrial. Además, cuando una empresa aumenta su productividad es más competitiva e impulsa su crecimiento.

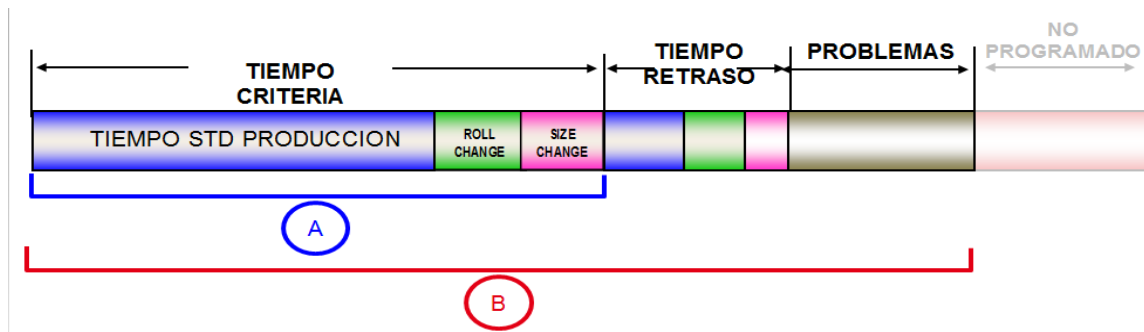
Entre los tipos de productividad conocidos están:

- La productividad parcial que es la cantidad total producida entre un solo insumo.
- La productividad de factor total que es la cantidad total producida entre varios de los insumos.
- La productividad total que es la cantidad total producida entre todos los insumos utilizados para producirla.

### 2.1.2. Sistema de control de producción *bekido*.

Cuando se trabaja con una máquina de producción, es de suma importancia que se utilice todo el tiempo destinado para la operación evitando al máximo los tiempos de paro o *bekido loss*. Este concepto utilizado en el sistema de producción Toyota, Significa “disponibilidad operacional” es decir es el porcentaje de funcionamiento normal del equipo. Cuando se habla de *bekido* no se toma en cuenta el tiempo no programado (Mantenimiento preventivo, pruebas, descanso y falta de programa) porque es un cálculo sobre el tiempo efectivo y no debe de influenciar sobre el cálculo del rendimiento.

Es el resultado de dividir el tiempo establecido entre el tiempo total que se ha destinado, incluyendo problemas y retrasos siempre de acuerdo a la realidad (excluyendo tiempo no programado).



**Figura 5: Sistema *bekido***

*Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial Bridgestone de Costa Rica, 2015.*

### 2.1.3. Sistema de monitoreo de producción *traksys*.

Es un sistema del cual se extraen los paros de la máquina (tiempos no productivos) y tiene definido el tiempo para realizar un ciclo, en el caso de no cumplirse bloquea la operación hasta que se justifique su paro. En todas las máquinas, dependiendo del tipo de llanta o medida que se va a realizar tienen un tiempo de ciclo específico.

RECETA   Event Category							
	Start Date/Time	End Date/Time	Shift	Notes	Recuento	Promedio	Duración
[-] LV5892					23	00:11:23	04:21:59
[-] Pruebas					1	03:11:53	03:11:53
	02/06/2016 8:22:39	02/06/2016 11:34:32	Turno_1	1 HORA CAMBIO Y 30 MIN COMIDA	1	03:11:53	03:11:53
[-] F.M. Sistema Spiral Layer					5	00:06:11	00:30:53
	02/06/2016 6:11:26	02/06/2016 6:14:42	Turno_1		1	00:03:16	00:03:16
	02/06/2016 6:49:28	02/06/2016 7:01:20	Turno_1		1	00:11:52	00:11:52

**Figura 6: Sistema traksys**

Fuente: Reportes traksys, Departamento de Ingeniería Industrial, 2016.

#### 2.1.4. Práctica de estandarización basada en la filosofía Yokoten.

Herramienta japonesa utilizada para copiar lo bueno y replicarlo. Esta es una actividad clave si se quiere mejorar continuamente una operación o proceso, entre sus claves están “ir a ver” y recolectar información, tanto de sus éxitos como fracasos. Según la metodología implementada por Toyota cuando se hace una mejora continua esta no se puede dar por finalizada hasta que se aplique la práctica de Yokoten, en otras palabras, cuando se da una mejora en algún proceso o servicio esta debe de ser implementada en todos los demás que contengan alguna similitud.

En Bridgestone de Costa Rica esta filosofía es utilizada con gran frecuencia y uno de los ejemplos más comunes son las réplicas de mejoras en las máquinas de armado, como la implementación de una nueva medida en una máquina por parte de mantenimiento en la cual ha sido comprobado su rendimiento y calidad. También la colocación de cámaras para grabar los movimientos de los operadores, se coloca en una máquina para ver su comportamiento y luego hacer replica en las demás armadoras.

#### 2.1.5. El costo/ beneficio de un proyecto.

La relación entre el costo y el beneficio se ve asociada a la producción de un bien o el préstamo de un servicio y lo que se obtiene. Según Medina (2014) “Los costos representan erogaciones y cargos asociados clara y directamente con

la adquisición o la producción de los bienes o la prestación de los servicios, de los cuales un ente económico obtendrá sus ingresos.” (P.1).

Este análisis de costo beneficio involucra todos los gastos a los que se sometió el proceso o servicio y el total de los beneficios obtenidos.



**Figura 7: Costo y beneficio**

*Fuente: Análisis de costo/beneficio (Martínez, 2014, p.13)*

#### **2.1.6. Departamento de uniformidad de Bridgestone de Costa Rica.**

Conjunto de criterios o parámetros para mantener un proceso, estos parámetros o características deben de ser constantes para todo el proceso en estudio. El Departamento de Uniformidad de Bridgestone Costa Rica (2011) lo define como:

“Un conjunto de propiedades mecánico dinámicas en las llantas, definidas por una serie de normas o propiedades de medición aceptadas por los fabricantes de vehículos y compañías productoras de llantas” (S.P).

Con el desarrollo tecnológico, los vehículos tienden a ser más ligeros, por lo tanto, son más sensitivos a la transmisión de irregularidades, por ende, requieren llantas más uniformes. Por ello, tanto las manufactureras de llantas y vehículos buscan el mejoramiento de la uniformidad para hacer más confortable la conducción. Cuando se habla de uniformidad se puede relacionar directamente con calidad. Este concepto ayuda a mejorar y disminuir problemas que se puedan tener en el uso del consumidor final.

## 2.1.7. Cuadros comparativos de máquinas armadoras de llantas.

Herramienta para la comparación de información, es una forma de mostrar con claridad las similitudes o diferencia de algún tema en específico. Los cuadros comparativos son de gran ayuda para ejercer con mayor rapidez la comprensión y clasificación. Cuando se va a recolectar información de algún texto para hacer un cuadro comparativo es importante seleccionar aquellos datos que son útiles para la comparación, los que no son útiles se pueden excluir.

Será utilizado para la comparación de información de uniformidad y beneficios que se obtienen en cada una de las máquinas armadoras KBNS, 99´S y 88´S.

El siguiente es un ejemplo tomado del Registro de comisiones relativas a créditos y servicios de pago del Banco de México, en el cual se comparan los productos y servicios que ofrece la Banca en México.

Cuadros Comparativos de Productos y Servicios que Ofrece la Banca en México					
Cuentas de Ahorro (Enero de 2015)					
Instituciones		Monto mínimo de apertura	Saldo promedio mínimo mensual requerido	Comisión por no mantener el saldo promedio mínimo mensual requerido	Comisión por reposición de tarjeta por robo o extravío
<b>Cíbanco</b>	Cuenta de Depósito a la Vista	\$10,000.00	\$10,000.00	No Aplica	\$75.00
<b>Volkswagen Bank</b>	Cuenta Plus	\$500.00	\$0.01	\$0.00	No Aplica
<b>ABC Capital</b>	Cuenta de Ahorro	\$50.00	\$50.00	\$20.00	\$50.00
<b>Banca Mifel</b>	Cuenta Juvenil Mayores Depósitos a la Vista	\$1,000.00	\$500.00	\$100.00	\$100.00
<b>Banco Ahorro Famsa</b>	Famsa Ahorro	\$1.00	\$0.00	\$0.00	\$50.00
<b>Banco Azteca</b>	Guardadito	\$1.00	\$0.00	\$0.00	\$50.00
<b>Banca Afirme</b>	Visión	\$500.00	\$500.00	\$50.00	\$70.00
<b>Banco Interacciones</b>	Cuenta Dinámica Personas Físicas	No Aplica	\$2,000.00	\$200.00	No Aplica
<b>Banco Compartamos</b>	Cuenta Personal Compartamos	No Aplica	\$0.00	No Aplica	Una reposición sin costo, adicional \$60.35
<b>BBVA Bancomer</b>	Meta Ahorro	\$100.00	No Aplica	No Aplica	No Aplica
<b>BanCoppel</b>	Cuenta Efectiva	\$0.00	\$0.00	No Aplica	\$25.86
<b>Scotiabank</b>	Cuenta Logra+ Scotiabank	\$500.00	\$1,500.00	\$120.00	\$100.00
<b>Banamex</b>	Cuenta Mi Ahorro	No Aplica	\$0.00	No Aplica	\$50.00
<b>Banorte</b>	Cuenta Suma	\$750.00	\$0.00	No Aplica	\$125.00

**Figura 8: Cuadros comparativos de productos y servicios que ofrece la Banca en México.**

*Fuente: Registro de comisiones relativas a créditos y servicios de pago del Banco de México*

### **2.1.8. Respaldo cualitativo y cuantitativo.**

#### A) Cuantitativa

Es aquel proyecto del que se obtienen datos numéricos como resultado. Rivero (2008) la define de la siguiente forma, “Recoge información empírica (de cosas o aspectos que se pueden contar, pesar o medir) y que por su naturaleza siempre arroja números como resultado” (p.38).

#### B) Cualitativa

Se define la investigación cualitativa según Salinas (2010) como:

“Aquella investigación que se basa en valores cualitativos, es decir, relativos al investigador, a los sujetos involucrados e incluso a los evaluadores en el caso que los hubiese. Por ser cualitativa es muy subjetiva y debe ser considerada en el contexto de cada caso en particular.” (p.20).

### **2.1.9. Grupos multidisciplinarios.**

Los CFT o grupos multidisciplinarios son reuniones periódicas de un grupo determinado de personas que comparten intereses o conocimientos y se aportan ideas o experiencias sobre un tema en específico.

Pizarro (S.F) afirma que: “El equipo multidisciplinario es aquel que esté formado por un grupo de profesionales de diferentes disciplinas, donde uno de ellos es el responsable del trabajo que se lleva a cabo. Sin embargo, requiere del aporte del resto de los profesionales para obtener el logro de los objetivos comunes.” (S.P).

### **2.1.10. Tiempo estándar.**

Según el curso de manufactura de la Universidad de Costa Rica, Rodríguez (1998) el tiempo estándar según la norma ANSI STANDARD Z94.0-1982 se define como:

El valor de una unidad de tiempo para la realización de una tarea, lo determina la aplicación apropiada de las técnicas de medición de trabajo efectuada por personal calificado. Por lo general se establece aplicando las tolerancias apropiadas al tiempo normal.

Teóricamente, para la determinación de un tiempo estándar las condiciones de producción deben ser estables, de tal forma que no existan problemas de diseño, reproceso, retrasos de máquinas, debe haber equilibrio entre fuerza laboral, materiales y capacidad de producción. Sin embargo, en la práctica, estas condiciones no siempre existen, por lo tanto, deben considerarse otros factores denominados tolerancias (tiempo improductivo).

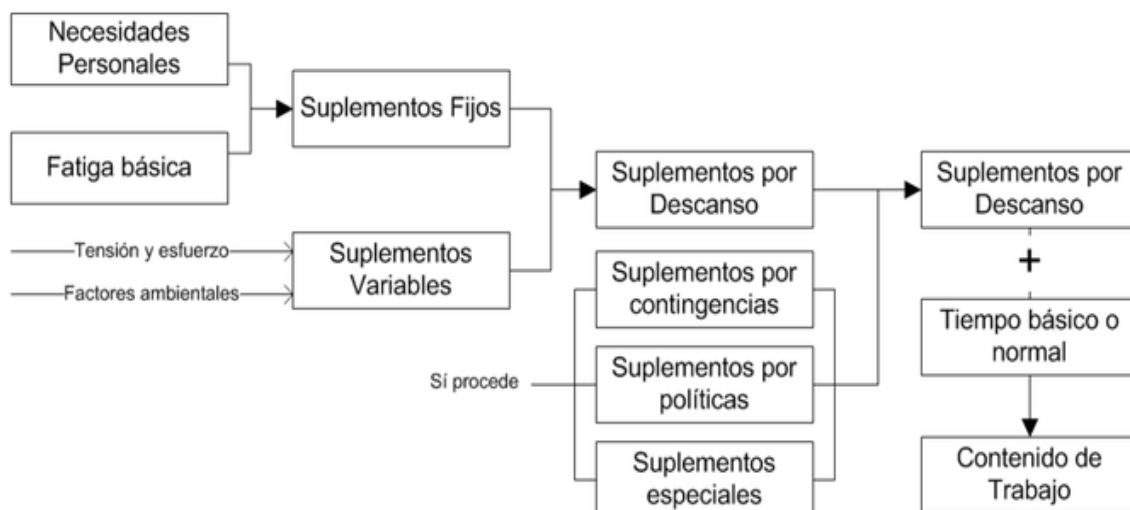
Para establecer el tiempo estándar se usan los datos estándar, que consisten en la organización de los elementos de trabajo en bloques constructivos útiles y bien definidos, cuyo número depende de la exactitud deseada, de la naturaleza del trabajo y de la flexibilidad necesaria.

Según López (2016), no se puede olvidar que cualquier tarea que se realice exigirá un esfuerzo humano, por lo cual se debe de tomar en cuenta a la hora de establecer un estándar. Se debe de asignar un suplemento para compensar las necesidades personales y la fatiga.

Los suplementos que se pueden conceder en un estudio de tiempos se pueden clasificar a grandes rasgos en:

- Suplementos fijos (necesidades personales)
- Suplementos variables (fatiga básica) y
- Suplementos especiales.

Para una clasificación más detallada se presenta la siguiente figura:



**Figura 9: Clasificación de suplementos.**

Fuente: Ingeniería Industrial Online, López 2016.

- **Suplementos por descanso**

Suplemento por descanso es el que se añade al tiempo básico para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales. Su cuantía depende de la naturaleza del trabajo (López, 2016).

- **Suplementos por contingencias**

Suplemento por contingencias es el margen que se incluye en el tiempo estándar para prever legítimos añadidos de trabajo o demora que no compensa medir exactamente porque aparecen sin frecuencia ni regularidad (López, 2016).

- **Suplementos especiales**

Para eventos que de manera regular no forman parte del ciclo de trabajo, pueden concederse a criterio del especialista, suplementos especiales. Tales suplementos pueden ser permanentes o pasajeros, y suelen ir ligados más que al proceso en general, a una circunstancia del mismo. Dentro de los suplementos especiales más utilizados se encuentran:

- Suplemento por comienzo: que compense el tiempo invertido en los preparativos o esperas obligadas que se produzcan al principio de un turno.
- Suplemento por cierre: por concepto de los trabajos o esperas habituales al final de la jornada.
- Suplemento por limpieza: para las ocasiones en que es debido limpiar la máquina o el lugar de trabajo.
- Suplemento por herramientas: para las ocasiones en que sea preciso realizar un ajuste de las mismas. (López,2016)

La siguiente es una tabla establecida por la OIT para la determinación de suplementos:

Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos<sup>1</sup>

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES

	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales	5	7
B. Suplemento base por fatiga	4	4

2. SUPLEMENTOS VARIABLES

	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4		4	45
B. Suplemento por postura anormal				2	100
Ligeramente incómoda	0	1	F. Concentración intensa		
incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de cierta precisión	0	0
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)			Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Peso levantado [kg]			G. Ruido		
2,5	0	1	Continuo	0	0
5	1	2	Intermitente y fuerte	2	2
10	3	4	Intermitente y muy fuerte	5	5
25	9	20	H. Tensión mental		
35,5	22	máx	Proceso bastante complejo	1	1
D. Mala iluminación			Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Muy complejo	8	8
Bastante por debajo	2	2	I. Monotonía		
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo algo monótono	0	0
E. Condiciones atmosféricas			Trabajo bastante monótono	1	1
Índice de enfriamiento Kata			Trabajo muy monótono	4	4
16	0		J. Tedio		
8	10		Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo bastante aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

<sup>1</sup> Introducción al Estudio del trabajo – segunda edición, OIT. Ejemplo sin valor normativo

**Figura 10: Tablas para establecer suplementos.**

Fuente: Técnicas de medición del trabajo, Neira (S.A).

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO.**

### **2.2.1. Metodología SIG SIGMA.**

Esta metodología surge a partir de la empresa Motorola que buscaba la perfección de sus procesos productivos. Pérez & Martha Lucía, (2013) lo define como: “Seis Sigma es un conjunto integrado de herramientas técnicas y estadísticas que permiten el logro de la filosofía de satisfacción total del cliente, a través de la reducción de la variabilidad de los procesos, aumentando su capacidad.” (p.18). Los resultados de esta metodología pueden ser a largo, mediano o corto plazo, esto va a depender de los recursos que se tienen y el tiempo disponible.

Con el paso del tiempo la metodología de six sigma se ha convertido en una de las estrategias claves para la mejora y éxito de grandes empresas. Además, cuenta con una gran gama de metodologías entre las que se encuentra DMAIC que comprende de 5 fases y una gran cantidad de herramientas estadísticas.

### **2.2.2. Ciclo DMAIC.**

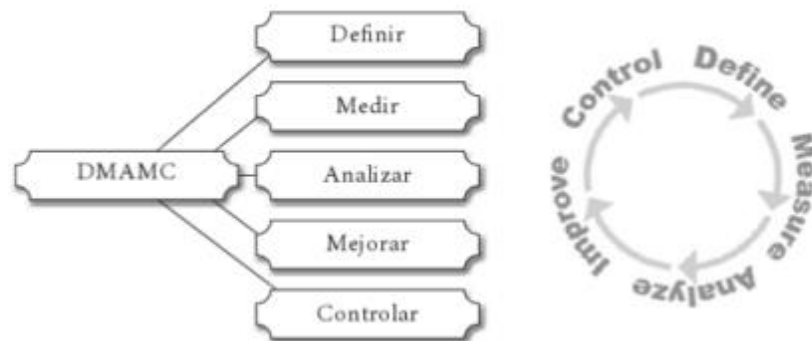
El ciclo DMAIC corresponde a la filosofía Six Sigma, y consta de cinco fases para el cumplimiento de objetivos de un proyecto. Citado por (Metodologías avanzadas para la planificación y mejora, Martínez, 2013)

“Quizás la característica diferencial de la metodología de mejora DMAIC es el rigor con que se sigue, lo cual es clave al abordar problemas complejos, la importancia que se concede a la medición, al uso de herramientas estadísticas y a la necesidad de objetivar con datos todas las hipótesis.” (p, 138).

A continuación, se explicarán estas fases en donde se encuentran técnicas y herramientas estadísticas.

- 1- Definir: En esta primera fase del proyecto se selecciona el tema de estudio y sus objetivos. El proyecto a escoger debe de tener algún impacto en los clientes.

- 2- Medir: Esta etapa permite entender con mayor claridad la condición actual del proceso y establecer metas o futuras mejoras.
- 3- Analizar: Tercera etapa del ciclo en donde se busca la causa raíz del problema, y en donde se pregunta por qué ocurrió y por qué no se están cumpliendo con los logros esperados.
- 4- Mejorar: Después de obtener las causas raíz se procede a atacarlas proponiendo posibles mejoras y se miden mediante herramientas estadísticas para verificar si son efectivas.
- 5- Controlar: Esta última fase consiste en monitorear y controlar las mejoras establecidas, alcanzando una mejora continua.



**Figura 11: Ciclo DMAIC**

*Fuente: Guía didáctica para pymes, Pérez& Martha Lucía, 2013, p.25*

Algunas de las herramientas de calidad que se pueden utilizar en cada una de las fases son:

### **2.2.2.1. Diagrama de Pareto.**

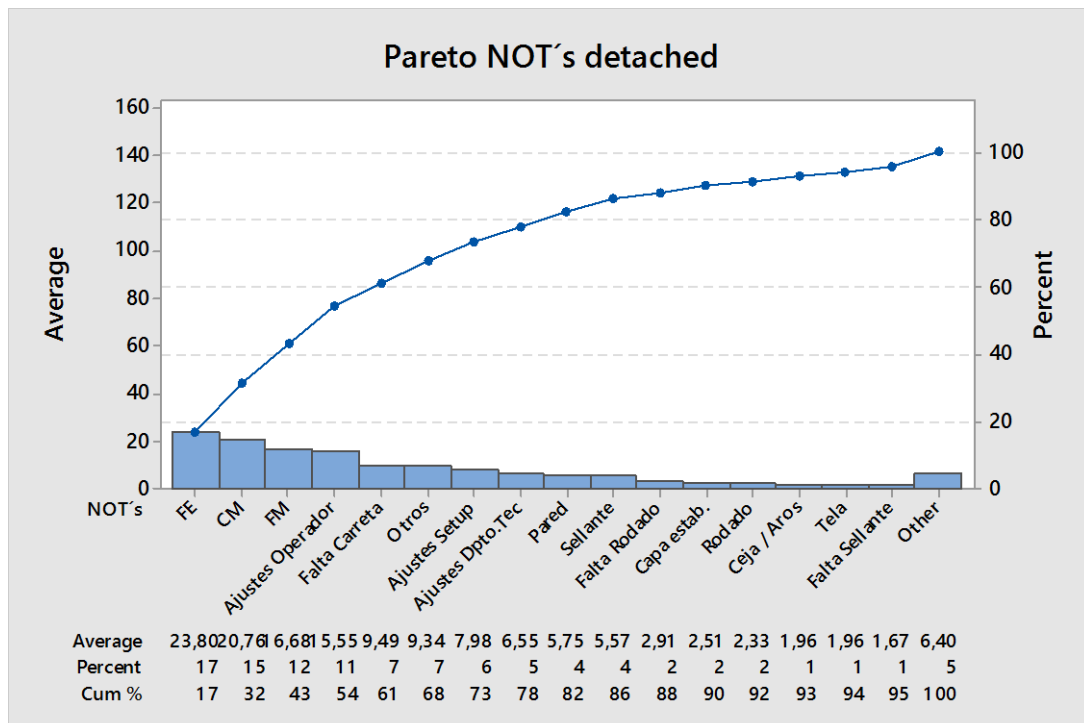
El principio de Pareto es una comparación de factores relativos a un problema. Esta herramienta es de suma importancia para la asignación de una causa y su resolución. El 80% de los problemas son generados por el 20% de las causas, por lo que se deben atacar ese 20% para disminuir el 80% de los problemas. En este diagrama las barras representan la frecuencia ordenadas de mayor a menor y se caracteriza por ser de fácil visualización para llevar a cabo la acción correctiva.

El diagrama de Pareto es utilizado especialmente para:

- Analizar las principales causas del problema.
- Estudiar los resultados del diagrama
- Atacar las causas que generan los problemas y planear una mejora continua.

Según Sales Matías (2002, julio 28) menciona que:

Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar. Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 80% de los problemas. (S.P)



**Figura 12: Diagrama de Pareto, principales causas de bekido loss.**

Fuente: Departamento de armado, Bridgestone de Costa Rica

### **2.2.2.2. Diagrama Hombre/Máquina.**

Es una representación gráfica que sirve para medir el tiempo de ciclo de una máquina y el tiempo de ciclo de la persona y poder compararlos. Niebel & Freivalds (2009) afirma que:

“El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. Estos hechos pueden conducir a una utilización más completa del tiempo del trabajador y de la máquina, así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo.” (p.30).

Con esta herramienta se pueden obtener con claridad los tiempos ociosos, tanto de la máquina como del personal, es una buena forma de empezar a llevar a cabo mejoras.

Algunas de las oportunidades a las que está orientada el desarrollo y puesta en marcha de un diagrama hombre-máquina según lo menciona Sira (2011) en la Revista Ingeniería UC, Vol 18, son la reducción de los tiempos de inactividad y preparación con el fin de mejorar los tiempos productivos sincronizando las actividades con los recursos utilizados en cada proceso. Además, menciona que uno de los beneficios de esta herramienta para el mejoramiento de la productividad en los procesos, es la observación de cada uno de los movimientos que realiza el operador con exactitud y recalca que: “Es importante destacar que los Diagramas Hombre-Máquinas en la actualidad están siendo utilizados para la aplicación de herramientas tecnológicas en pro del mejoramiento de la productividad en las empresas” (P. 19).



Según Montenegro (2012), en su presentación Diagramas de flujo, especificaciones y diseño de proceso existen 3 tipos de Diagrama de flujo que se pueden utilizar:

**FLUJOGRAMA DE PRIMER NIVEL:** Muestra los pasos principales de un proceso y puede incluir también los resultados intermedios de cada paso (el producto o servicio que se produce) y los subpasos correspondientes. Se usa para obtener un panorama básico del proceso e identificar los cambios que se producen en el proceso

**FLUJOGRAMA DE SEGUNDO NIVEL:** Indica los pasos o actividades de un proceso, incluye además: puntos de decisión, períodos de espera, insumos y resultados. Se utiliza para examinar áreas del proceso en forma detallada y para buscar problemas o aspectos ineficientes.

**FLUJOGRAMAS DE EJECUCIÓN O MATRIZ:** Representa en forma gráfica el proceso en términos de quién se ocupa de realizar los pasos. Tiene forma de matriz e ilustra los diversos participantes y el flujo de pasos entre esos participantes. Es muy útil para identificar quién proporciona los insumos o servicios.

#### **2.2.2.4. Diagrama de Ishikawa.**

Es también conocido como el diagrama de causa- efecto o diagrama de espina de pez. Permite representar y organizar gráficamente las causas de un problema. Este gráfico está basado en la técnica de las 5 M's y dependiendo del sector se puede llegar hasta 7 M's que constituyen:

- Mantenimiento
- Métodos
- Materiales
- Medio ambiente
- Maquinaria
- Mano de obra
- Medición

Se deben de buscar las causas más concretas que afectan al problema en estudio, y representarlas gráficamente. En el lado derecho se anota el problema en estudio y en el lado izquierdo se van a especificar todas las causas agrupadas según su similitud, cada causa se agrupa en ramas y de ellas se derivan sub-ramas que son posibles sub-causas del problema en estudio.

#### **2.2.2.5. Análisis del sistema de medición.**

El MSA o análisis de sistema de medición es una metodología utilizada para garantizar la calidad de una serie de datos obtenidos e identificar los factores externos que pueden afectar los resultados.

En el soporte de minitab 17, 2016 se define como:

“El análisis de sistemas de medición es un método para determinar si un sistema de medición es aceptable. Específicamente, el análisis de sistemas de medición determina cuánto de la variación total en un proceso proviene del sistema de medición y no de las partes que están siendo medidas.”

Cuando una organización inicia un análisis de sistemas de medición debe identificar qué enfoque se le va a dar al sistema de medición. Entre las mencionadas por Menezes Morais (2013) están:

##### **1- Estabilidad**

Variación de las mediciones obtenidas en un sistema de medición, midiendo una única característica en la misma pieza o estándar a lo largo de un extenso período de tiempo. La estabilidad de un sistema de medición se refiere a su desempeño a lo largo del tiempo.

##### **2- Tendencia**

La tendencia se define como la diferencia entre el promedio observado y el valor de referencia. El promedio observado es el promedio de un conjunto de lecturas (por ejemplo, 10 observaciones) hechas por el conjunto dispositivo/operador que queremos evaluar. El valor de referencia es el valor que se supone correcto, obtenido en el laboratorio de metrología

### 3- Linealidad

La diferencia de la tendencia a lo largo del intervalo de operación esperado (medición) en el equipo se denomina linealidad. La linealidad puede imaginarse como la variación de la tendencia con respecto al tamaño (medido).

### 4- Repetitividad y Reproducibilidad (R&R)

Repetitividad: La repetitividad o variación del dispositivo de medición es observada cuando un mismo operador mide la misma pieza más de una vez. Cuando la diferencia entre las lecturas es pequeña, el sistema tiene buena repetitividad.

Reproducibilidad: La reproducibilidad se refiere a diferencias que pueden existir entre las medidas de diferentes operadores, en general resultado de procedimientos específicos adoptados por cada operador.

#### **Análisis de sistema de medición por atributos:**

Este tipo de sistema de medición está compuesto por un número finito de categorías y puede indicar que tan buena o mala es la variable en estudio.

Un ejemplo de un estudio de sistemas de medición de atributos tomado del soporte de minitab 17, (2016) es el siguiente:

“Por ejemplo, usted pudiera tener un sistema de medición de inspección automática que se desempeña en el 100% de la línea de inspección. Es importante que este sistema de medición sea preciso y repetible. Para investigar, seleccione 8 partes representativas del rango de operación normal. Cada parte en el estudio tiene un valor de referencia correspondiente. Mida cada parte en el sistema de medición 20 veces y registre el número de aceptaciones o rechazos para evaluar el sesgo y la repetibilidad.”

### **2.2.3. Manufactura esbelta. (LEAN MANUFACTURING)**

Sistema utilizado en la producción Toyota, nacida en Japón. Su principal objetivo es implementar una filosofía de mejora continua a través de una serie de herramientas.

El sistema de manufactura esbelta según lo menciona Díaz (2009), ayuda a eliminar todas las actividades que no le agregan valor a un producto, servicio o proceso permitiendo a las compañías reducir costos, mejorar los procesos y eliminar desperdicios manteniendo el margen de utilidad y la satisfacción de los clientes.

Con la implementación de las herramientas de manufactura esbelta se beneficia a la empresa y a los empleados. Como lo menciona Díaz, en su lectura de Ingeniería 6, titulado “La manufactura esbelta” algunos de los beneficios que genera son:

- Reducción de 50% en costos de producción
- Reducción de inventarios
- Reducción del tiempo de entrega (lead time)
- Mejor Calidad
- Menos mano de obra
- Mayor eficiencia de equipo
- Disminución de los desperdicios
- Tiempo de espera (los retrasos)

A continuación, se explicarán algunas herramientas utilizadas en el sistema de manufactura esbelta:

#### **2.2.3.1. Genba walk.**

Un *genba walk* es una práctica de la filosofía Kaizen que se utiliza con el fin de mejorar un área de trabajo. Se compone de tres pasos fundamentales: ver, preguntar y demostrar respeto por el personal.

Según Espin (2012), explica que:

“Cualquiera que quiera conocer cómo y dónde se produce el valor en su organización, debe ir al "genba", que, en el caso de las empresas productivas,

es la propia fábrica. El "genba walk" o paseo genba es la forma en que el mando o el directivo toman contacto con la realidad de la producción, y la comprende en profundidad. Se trata de una pieza clave en el proceso de mejora continua." (S.P)

Es común ver como los grupos multidisciplinarios realizan *genba walk* con el propósito de impulsar soluciones a los diferentes problemas que se presentan. Algunos ejemplos son:

- La realización de un *genba* por un accidente ocurrido en planta, en la cual una persona salió herida. El objetivo es ver el lugar del accidente y así obtener un "porque" y una solución.
- Para verificar si existe un estándar de trabajo, o si el estándar es muy antiguo y necesita cambiarse.
- Para la identificación de fallas en una máquina.

Recordar que para realizar un buen *genba walk* es necesario contar con personas capacitadas y disciplinadas.

#### **2.2.3.2. Takt Time.**

Herramienta utilizada para medir el ritmo de trabajo de una planta de manufactura.

Se calcula mediante la siguiente forma:

$$\frac{\text{Tiempo disponible de trabajo}}{\text{Demanda del cliente}} = \text{minutos por unidad}$$

Según MI manufactura Inteligente (2008) algunos de los beneficios de utilizar la herramienta *takt time* son:

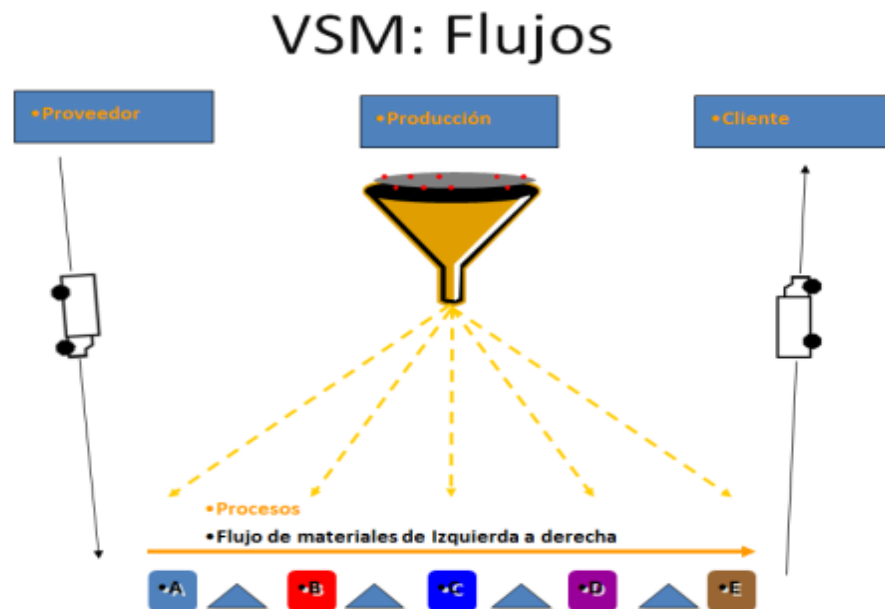
- Identificar cuellos de botella con anticipación.
- Mayor conocimiento de ritmos de producción y permite dar alertas al negocio.
- Se puede aplicar en manufactura y en la parte administrativa como *call center*.

### 2.2.3.3. Value Stream Map.

Herramienta utilizada para visualizar un proceso y detallar el flujo de un producto o servicio hasta su llegada final o cliente con el fin de identificar las actividades que no agregan valor.

Con un VSM se podrán identificar todos los pasos de un proceso, el flujo de materiales, el flujo de información y todas las actividades que agreguen valor y las que no agregan valor al producto.

El primer paso es ir al proceso y dibujar el flujo de materiales y toda la información que se relaciona entre sí para después tomar todas las medidas de los procesos anteriores. Tiempos de ciclo-tiempos de alistamiento de materiales entre otros. En la siguiente imagen se puede observar el flujo de materiales de un proceso.



**Figura 14: Flujo de materiales de un VSM**

*Fuente: Departamento de Uniformidad, Bridgestone de Costa Rica, 2016.*

### 2.2.3.4. Kaizen.

Considerada como una herramienta clave para la competitividad en las empresas japonesas en las últimas tres décadas del siglo XX.

Según Suárez (2009) en su libro encontrando al Kaizen, esta palabra que significa "Mejoramiento" aún no tiene una explicación detallada que permita tener un concepto más claro, sin embargo, el propio Imai (1989: 23) lo define como: "Mejoramiento y aún más, significa mejoramiento continuo que involucra a todos, gerente y trabajadores por igual" (p.287).

En resumen, la palabra Kaizen es una lucha día a día por resolver los problemas a los que se enfrenta una compañía, una fuerza ética que se encuentra dentro de los colaboradores dejando un impacto positivo de mejora continua.

# **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICION DEL PROBLEMA.

El planteamiento del problema surgió debido a la necesidad de reducir el *bekido loss* de las máquinas de armado de Bridgestone de Costa Rica, con el propósito de cumplir con el ticket mensual y poder sacar de funcionamiento las maquinas individuales a corto plazo.

El proyecto surge a nivel del departamento de manufactura por un requerimiento de la casa matriz localizada en Estados Unidos, la cual solicita lograr el porcentaje de productividad o *bekido* logrado por otras plantas. Como apoyo al presente proyecto la Gerencia de producción estableció un grupo de trabajo que analice de una forma multidisciplinaria los datos de los tiempos de paro que están afectando el porcentaje de *bekido* de la máquina de armado.

Se presenta en el CFT lo solicitado por la casa matriz, aumentar el porcentaje de *bekido* en las KBN'S y se prosigue a realizar un análisis de las máquinas de armado y se concluye que la máquina a la que se le deben realizar los ajustes es a la KBN2#9 porque esta es la máquina modelo de las KBN'S con el fin de que una vez concluida las mejoras a esta se procederá a replicar las mejoras a las demás máquinas del departamento de armado y poder eliminar las maquinas individuales. En los CFT son presentados los porcentajes de *bekido* obtenidos en los meses anteriores, así como las principales fallas de *bekido loss* con el fin de poder atacar las causas principales que afectan el porcentaje.

El grupo multidisciplinario está conformado por cinco personas que laboran en las Instalaciones de Bridgestone de Costa Rica, dentro de los cuales se tiene a las siguientes personas:

- Ingeniero Electrónico del departamento de Ingeniería de proyectos, labora para la empresa hace 7 años, en los cuales se ha desempeñado la mayor parte en el departamento de armado y tiene gran conocimiento sobre las máquinas KBN'S.
- Ingeniero Industrial, labora para la empresa hace 8 años, en los cuales se ha desempeñado la mayor parte en el departamento de armado, siendo el ingeniero de KBN's.

- Jefe de uniformidad, labora para la empresa hace 5 años, en los cuales se ha desempeñado la mayor parte en el departamento Técnico.
- Jefe de armado, labora para la empresa hace 10 años, se ha desempeñado como jefe de armado durante 2 años.
- Operador KBN9, labora para la empresa hace 12 años, se ha desempeñado como operador de KBN durante 2.5 años.

Las personas seleccionadas se tomaron conforme al conocimiento y las características relacionadas al proyecto, son los colaboradores que más se relacionan con el departamento de armado y que tienen mayor conocimiento de las KBN'S.

### **3.2. METODOLOGIA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO.**

En la etapa de medición y respaldo cualitativo como primer paso se procedió a analizar la información que registran los operadores en el sistema *traksys*, con el fin de validar que lo estén realizando de forma correcta, esto por medio de observaciones en la máquina y la realización de un MSA para validar las justificaciones indicadas.

Se extrajeron los datos de los sistemas *traksys* y *bekido* para poder medir los paros de máquina, funciones del operador y capacidad efectiva de las máquinas. Se analizó la información de los resultados de porcentaje de *bekido loss* y el porcentaje de productividad del periodo comprendido de mayo a agosto del 2016. Utilizando herramientas como pareto y gráficas de tendencias se identificaron los principales paros que afectan el porcentaje de productividad.

Con el fin de determinar oportunidades de mejora en el proceso, se analizaron las causas identificadas en el proceso por medio de un diagrama *ishikawa* y se revisaron los tiempos de ciclo del proceso de armado de la máquina KBN9, un *gemba walk* de trabajo en campo y validación del estándar de trabajo del uso del sistema.

Las fuentes primarias utilizadas:

- *Traksys*: Sistema donde se recopila información de las demoras de la máquina por día.
- *Bekido*: Sistema en el cual se ve el porcentaje de producción.
- PCS: Conocido como código de barras, su función es contar la cantidad de llantas que produce el operador por turno.
- SFD: Recopilación de todos los documentos y procesos normativos de la organización.

La información extraída del *traksys* fue analizada y presentada en los diferentes CFT de armado, como por ejemplo la producción por operador, por máquina, por familia, demoras por operador, por máquina, tiempo de ciclo y *set up* de la máquina. En la tabla 1 se resume la actividad.

**Tabla 1: Medición y respaldo cualitativo y objetivo.**

Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultados esperados
Analizar la confiabilidad de la información registrada por los operadores de la maquina KBN2#9 que son insumo de los sistemas de información <i>traksys</i> y <i>bekido</i> para el cálculo del porcentaje de productividad.	Seguimiento a las justificaciones reportadas por los operadores en los sistemas <i>traksys</i> . Seguimiento por medio de observación en las máquinas de la justificación reportada por los operadores.	Observaciones en la máquina. MSA.	Confiabilidad de la información.
Identificar las principales causas de tiempos de paro de la armadora KBN2#9 que afectan el indicador de productividad o <i>bekido</i> .	Análisis de datos de los sistemas <i>traksys</i> y <i>bekido</i> respecto a la incidencia de los tiempos de paro. Recopilación de las causas de tiempos de paro en el proceso directamente.	Gráficas de tendencias y de control. Paretos. <i>Genba walk</i>	Las causas a atacar para proponer mejoras que incidan en el porcentaje de <i>bekido</i> .
Determinar las oportunidades de mejora en el proceso de armado en la	Análisis de las causas identificadas en el proceso y reportadas en los sistemas.	Ishikawa. VALUE STREAM MAP.	Establecer puntos críticos del proceso de

Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultados esperados
máquina KBN2#9 que afectan el indicador de productividad o bekido.	Recopilación de los tiempos y pasos de ciclo con el fin de obtener los puntos críticos.		la KBN2#9 para proponer mejoras que incidan en el porcentaje de <i>bekido</i> .

*Fuente: Elaboración propia, basado en los objetivos del proyecto de graduación, 2016*

### 3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.

Mediante la utilización de herramientas LEAN se utilizó la herramienta VSM para obtener información sobre el proceso y sus etapas correspondientes. Por medio del *takt time* se logró medir el ciclo de trabajo y poder reducir los tiempos improductivos.

Se trabajó en conjunto con los grupos multidisciplinarios del departamento de armado para la ejecución del proyecto, implementando cambios en cuanto al tiempo de ciclo, la forma en que se maneja la operación de bajar llantas, falla de código de barras, la reducción de materiales defectuosos y falta de materiales en la máquina, además de la recolección de información sobre el costo -beneficio relacionado a las máquinas y al incremento de la capacidad diaria de producción.

Se proyectó el incremento de llantas de la producción mensual para presentar a la Gerencia sus beneficios económicos por medio de cálculo de tarifas y cálculo de capacidad.

**Tabla 2: Metodología de la propuesta de mejora y objetivos.**

Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultados esperados
Desarrollar propuestas de mejora para disminuir el % de <i>bekido loss</i> , utilizando herramientas como DMAIC, tiempos-movimientos y	Calcular el ciclo requerido de la máquina para poder cumplir con la meta establecida. Análisis en conjunto	LEAN: TAKT TIME- VALUE STREAM MAP. Kaizen	Mejorar los métodos y estándares de trabajo. Realizar diseños para mejorar las

Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultados esperados
herramientas LEAN.	con el CFT incluyendo representante del departamento técnico para mejorar los tiempos de ciclo y estándares de trabajo. Revisión de máquina con el departamento de mantenimiento.	Diagrama hombre/máquina.	principales categorías que afectan directamente el % de bekido. Optimizar los tiempos de ciclo y estándares de cambios de materiales.
Determinar el costo/beneficio de la propuesta de mejora con base en el costo de oportunidad de producir más llantas diarias.	Análisis de costo/beneficio de acuerdo al incremento de <i>bekido</i> . Cálculo de capacidad del proceso para establecer las mejoras.	Costo/beneficio vs mejoras.	Obtener una producción promedio de 330 llantas por KBN que es equivalente a un 68% de <i>bekido</i> .

Fuente: Elaboración propia, basado en los objetivos del proyecto de graduación, 2016.

### 3.4. METODOLOGÍA PARA UN PLAN PILOTO Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.

Por medio de un plan piloto se comprobará la mejora del porcentaje de productividad de la máquina KBN2#9, mediante el establecimiento de parámetros que permitan controlar el proceso. Mediante la herramienta Gantt se realizará un plan para dar seguimiento a las actividades realizadas y los respectivos responsables de cada etapa para poder cumplir con el objetivo. Una vez concluido el proyecto se trabajará en las otras KBN'S del departamento replicando lo aplicado en la KBN2#9.

**Tabla 3: Implementación del proyecto y objetivos.**

Objetivos	Actividades	Herramientas	Resultados esperados
Desarrollar un plan piloto que compruebe la mejora en el proceso de la	Se realizaron tomas corridas de los tiempos de ciclo para comprobar la mejora en la máquina KBN2#9.	Gantt. Gemba Walk	Replicar por medio del plan las mejoras encontradas en la KBN2#9 a todas las demás máquinas de

máquina KBN2-9.	Un plan piloto para dar seguimiento a las actividades y sus respectivos responsables.		armado, con el fin alcanzar el ticket sin las máquinas individuales.
-----------------	---	--	--

*Fuente: Elaboración propia, basado en los objetivos del proyecto de graduación, 2016.*

# **CAPÍTULO IV:**

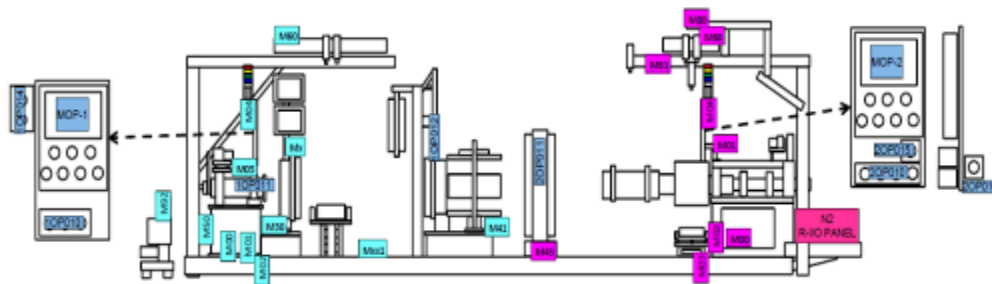
## **LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

## 4.1. MÁQUINAS DE ARMADO KBN´S.

El departamento de armado es el encargado de ensamblar todas las partes de la llanta que provienen del proceso de preparación de materiales realizado por las máquinas KBN´S,

La planta de Bridgestone de Costa Rica cuenta con doce KBN´S construidas alrededor de los años 80´s y que forman parte del proceso de armado. Las cuales están conformadas por dos etapas, la primera donde se forma lo que se conoce como carcasa y la segunda lo que se le conoce como paquete. Pueden armar llantas desde aro número 13 hasta 18.

Estas máquinas son programadas de forma estándar, tratando que los tiempos de ciclo permanezcan muy similares entre sí, donde se controlan todos los tiempos, tanto de primera etapa como de segunda etapa. Cada KBN está conformada por sensores, motores, servomotores y electroválvulas que controlan todos sus movimientos. Además, cuentan con una interface de usuarios para la edición de los parámetros propios de cada una de las medidas que se arma, como lo son los tiempos, las distancias, las velocidades, etc. Así mismo cada una de las dos estaciones (o etapas) posee otra pantalla para registrar las demoras y justificaciones, con la cual se puede obtener un registro de las principales demoras de la máquina o del operador, así como el tiempo total producido de la máquina. En esta pantalla, donde se lleva el *bekido* de la máquina, existe una lista en la cual se especifican los principales problemas por resolver, además que sirve de insumo para mejorar el proceso de los materiales y para programar los trabajos de preventivo de cada una de las KBNs.



**Figura 15: Máquina armado KBN´S.**

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial Bridgestone de Costa Rica, 2016.

#### **4.1.1. Desarrollo de la situación actual.**

El proceso de armado comienza cuando el departamento de logística comunica a producción, la programación de la cantidad de unidades y sus respectivas medidas según los requerimientos de los pedidos. El departamento de programación de la producción se encarga de establecer las cantidades por producir para cada una de las medidas de llantas (balance de líneas).

Una vez indicadas las cantidades por producir, el programador de la producción establece las máquinas en las cuales se va a producir, llevando un control de las cantidades destinadas a cada máquina armadora y controlando el inventario de llanta verde (llanta que aún no pasa por el proceso de vulcanización). A partir de la programación se desglosa la lista de materiales necesarios para producir el tipo de llanta y medida seleccionada. Todo esto se desarrolla de acuerdo al programa de armado.

Para la realización de este proyecto se seleccionó la máquina KBN2#9 llamada también “máquina modelo”, porque tiene los 3 mejores operadores del departamento de armado, los primeros Kaizens realizados y presenta una producción más estable en comparación con las demás armadoras de llantas.

Entre los kaizens implementados en la máquina se pueden mencionar:

- Estructura para el código de barras.
- Base para colocar el material de rodado.
- Bekido automático.
- Carros para capas estabilizadoras.

Desde el mes de mayo 2016 hasta el momento, en conjunto con el grupo multidisciplinario y programación de la producción se decidió tener una sola medida montada en la máquina para estabilizarla y determinar las principales demoras con la finalidad de que los cambios de medida no sean otra variable, pues un cambio de medida puede tardar de 1 a 2 horas en el *set up* de la máquina y se pueden realizar hasta dos cambios por día.

El tipo de medida que se encuentra en la máquina es la LT245/75R17TRANSFORCE HT, aro 17 y se escogió porque es la llanta que con

más frecuencia es requerida por las ensambladoras de automóviles de USA a la empresa Bridgestone de Costa Rica, esta máquina siempre está al 100% en su capacidad diaria de producción, pues el 60% de las llantas producidas en las KBN'S son vendidas a USA por la uniformidad de la calidad que se logra con esta máquina.

Se procede a describir las actividades del proceso general para producción de llantas en la planta de Bridgestone de Costa Rica. La primera función del operador al iniciar el turno a las 6am es registrarse y hacer un chequeo que la máquina se encuentre en perfecto estado para producir llantas sin problemas de calidad, algunos puntos son: el tambor, los servidores, las luces guías y verificar los códigos de los materiales. Una vez listo el chequeo inicial el operador coloca los aros en una máquina llamada aplicadora de Filler en la cual se le aplica una capa de hule (llamado filler) para ensamblar la ceja, una vez terminado el proceso se coloca en el cargador de la armadora.

Posterior al proceso de ensamble de la ceja se inicia el proceso de armando, lo que se conoce por carcasa que es la primera etapa de la KBN, en esta etapa se aplica sellante, cejas, primera y segunda tela (depende de la llanta, algunas solo llevan una tela) y paredes. El operador se mueve a la segunda etapa de la KBN, en donde se le aplican dos capas estabilizadoras, *spiral layer* y rodado y a esta unión se le conoce como paquete. Estas dos etapas son unidas por la máquina y esta unión forma lo que se denomina llanta verde (llanta que aún no pasa por vulcanización).

Cada llanta terminada por el operador viaja por un *conveyor* y es obligación del operador de la máquina bajar las llantas y colocarlas en una carreta que posteriormente será trasladada por un auxiliar. El auxiliar es el encargado de proveer de materiales al operador y trasladar las llantas verdes a la próxima operación que sería vulcanización. Se cuenta con 8 auxiliares en total para toda el área de KBN'S y por turno, con 2 auxiliares.

Todo el tiempo productivo de la máquina es calculado por medio del sistema *bekido*, el cual se basa en el porcentaje del funcionamiento normal del equipo y no en la cantidad producida, tomando en cuenta que en el transcurso del turno la

máquina va a necesitar de cambios de materiales, ajustes, cambios de medidas, chequeos y además puede tener problemas de fallos de máquina o de materiales. Para registrar estas demoras la máquina cuenta con un sistema llamado *traksys*, en la cual el operador debe justificar cada vez que la máquina es detenida por medio de una pantalla en la cual se encuentran desglosadas las justificaciones de demoras.

Estos dos sistemas trabajan en conjunto, ya que el tiempo registrado en demoras del sistema *traksys* es utilizado para el cálculo del bekido. Cuando el operador comienza el turno queda registrado su nombre y la máquina, en la cual está realizando el trabajo, así como la medida y tipo de llanta, pues se debe recordar que se cuenta con un tiempo de ciclo estándar para cada medida y el mismo se compara con el tiempo real y la diferencia entre ambos va al bekido loss.

Por ejemplo, los cambios de medida y los cambios de materiales son considerados como tiempos de set up de la máquina, el cual está establecido para cada medida de llanta a producir, la demora que se debe registrar es el exceso de tiempo versus el tiempo criterio o estándar y se debe trabajar en tener la mínima diferencia.

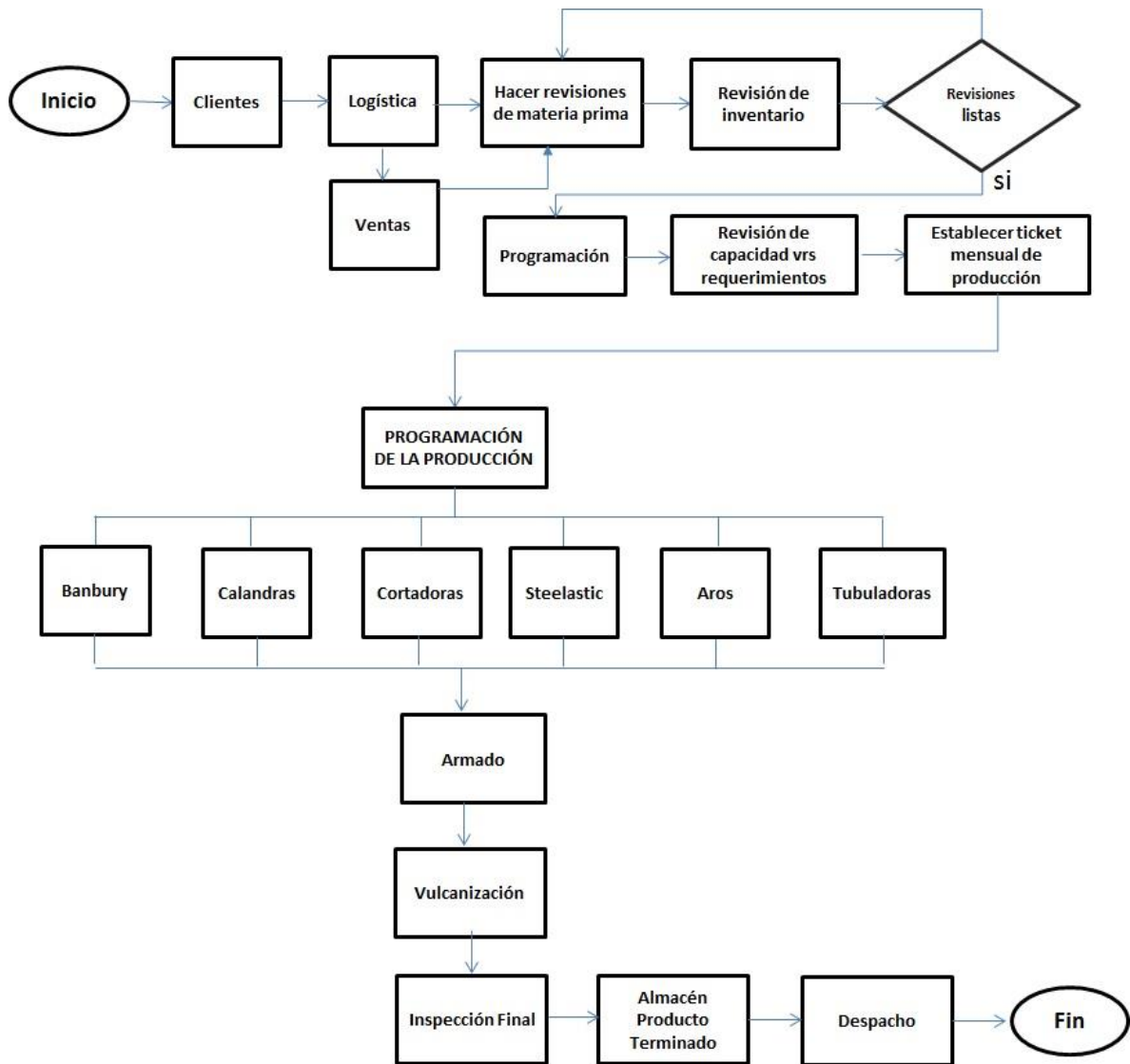
Desde los sistemas se tiene acceso a la productividad por máquina, por operador, por turno, por semana y desglosadas todas las demoras producidas con tiempo y fecha, de ahí son tomados todos los datos que se presentan semanalmente en las reuniones de los grupos multidisciplinarios o CFT.

## **4.2. DIAGRAMAS DE FLUJO Y PLANO DE DISTRIBUCIÓN**

A continuación, se presentan tres imágenes que corresponden al departamento de armado:

En la figura 16 se observa un diagrama de flujo general, desde el momento en que el cliente solicita su pedido y el departamento de ventas y logística se encargan de definir la cantidad de llantas a producir haciendo una revisión de materia prima y del inventario existente. En el momento en que esas revisiones son realizadas, programación de la producción se encarga de hacer un balance de líneas según lo que se encuentre en la bodega de materia prima para después

iniciar con las etapas del proceso, preparación de materiales (Banbury, calandras, cortadoras, *steelastic*, aros y tubuladoras), armado, vulcanización, inspección final hasta finalizar en el almacén de producto terminado.



**Figura 16: Diagrama de flujo general del proceso de la llanta.**

*Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial Bridgestone de Costa Rica, 2015.*

Como parte del diagrama de flujo general, se observa el proceso en estudio (armado de llantas) en el cual se encuentran las KBN'S y como se muestra en la figura 17 Diagrama de flujo KBN'S se tiene el proceso que se lleva a cabo para poder armar una llanta verde, así como la secuencia del proceso y la relación entre las actividades, las cuales son responsabilidad del operador asignado a cada máquina, pues es el que vela por que el proceso se cumpla con éxito.

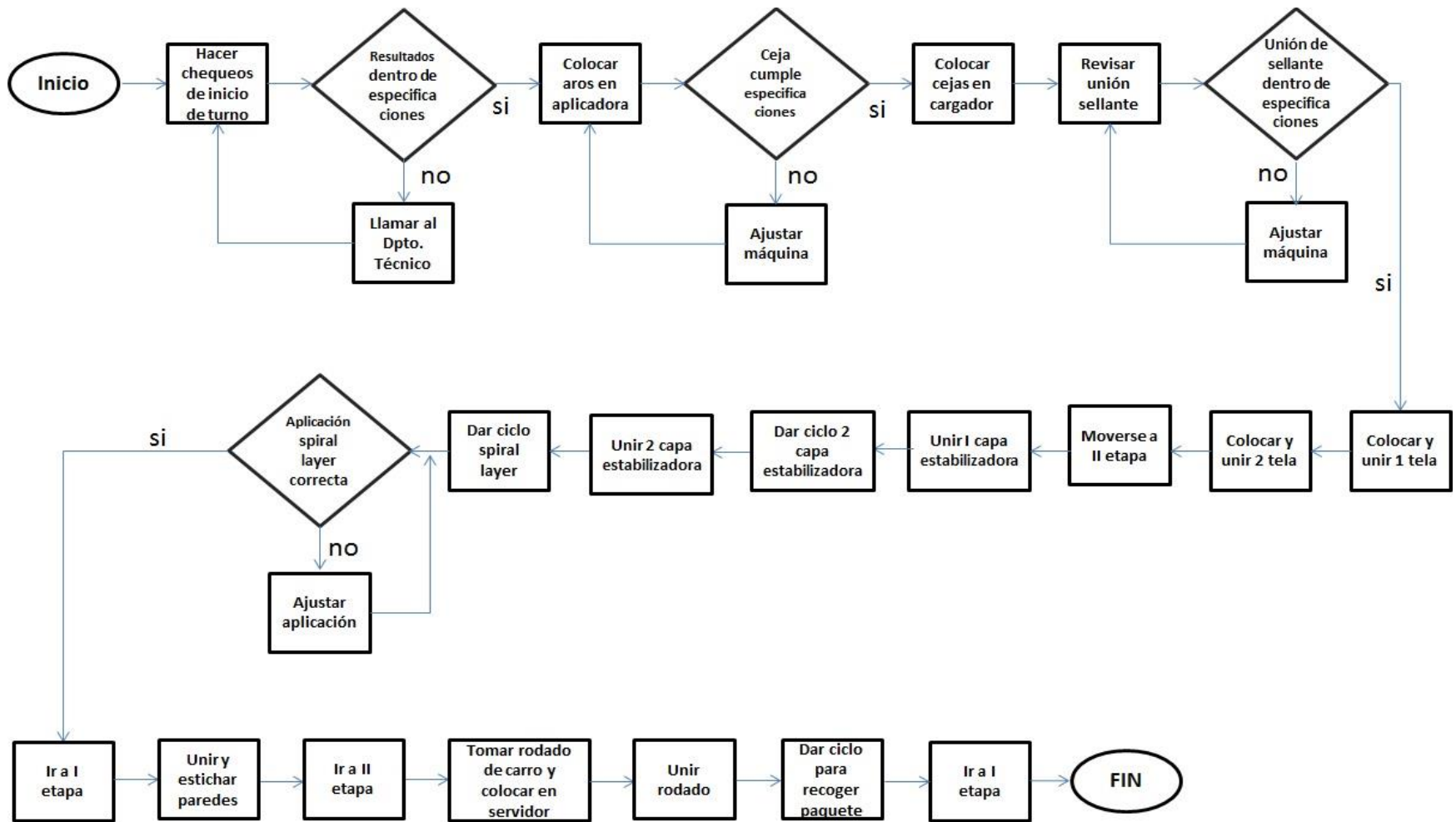
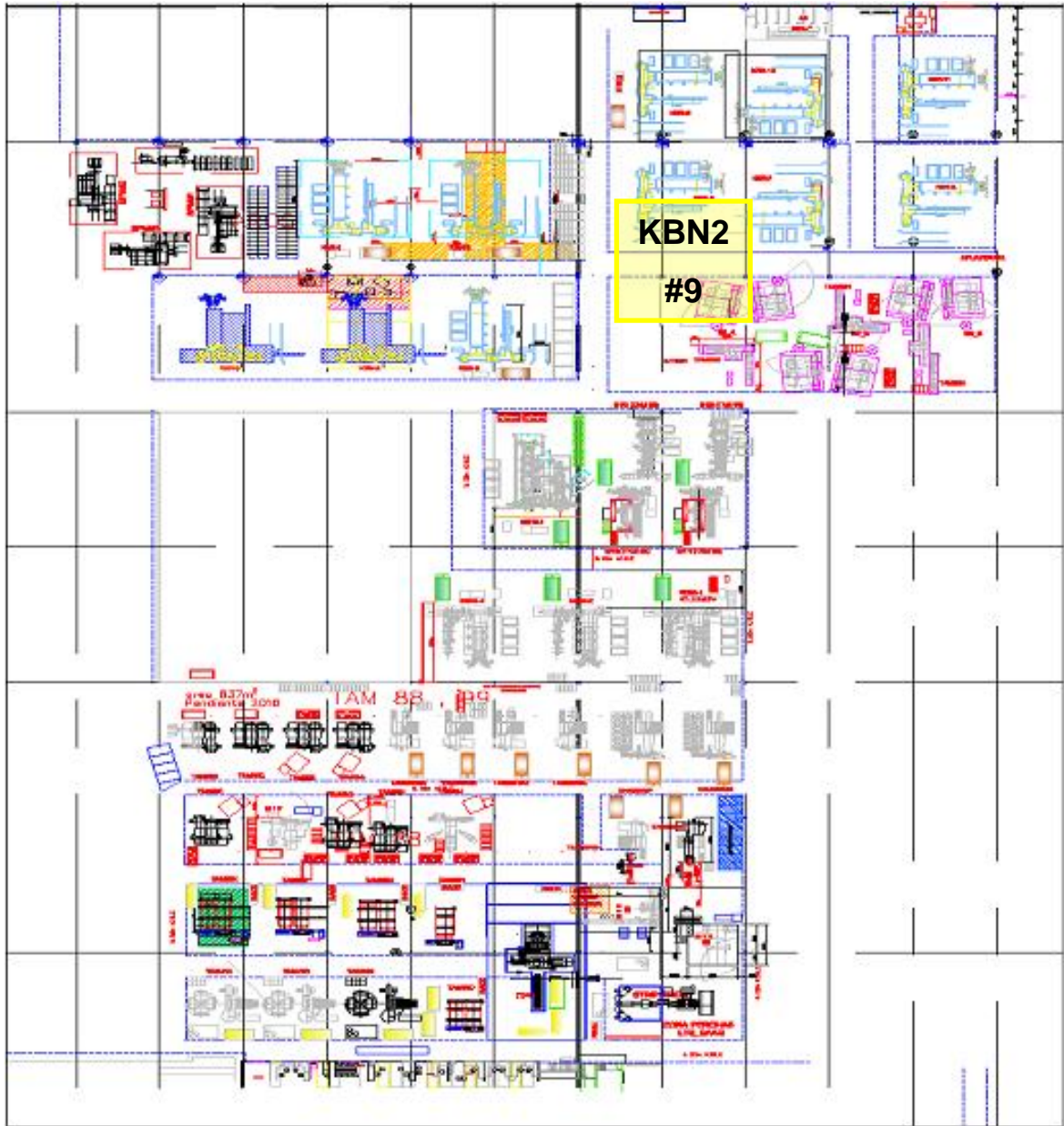


Figura 17: Diagrama de flujo KBN'S

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial Bridgestone de Costa Rica, 2015.

En la figura 18 se presenta el área en estudio que corresponde al departamento de armado, y la ubicación de la máquina KBN2#9.



**Figura 18: Ubicación de la máquina KBN2#9**

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial Bridgestone de Costa Rica, 2016.

### 4.3. BREAKDOWN DE BEKIDO LOSS.

En el momento en el que una máquina es detenida, se tienen aproximadamente 3 minutos para que el operador justifique el paro de máquina. Entre las justificaciones que el sistema *traksys* contiene están las siguientes:

- **Diferencia tiempo de ciclo real vs estándar:** es el cálculo de los tiempos de ciclo realizados durante la producción de las llantas comparado contra el estándar, la diferencia se registra como *bekido loss*.
- **Diferencia del estándar vs real en cambios:**
  - Cambio de rollo: Cambio de materiales (sellante, rodado, paredes, capas, spiral layer y telas.)
  - Cambios de medida: preparar la máquina para una nueva medida de llanta por ejemplo 265 70 R16 a 245 70 R16.
- **Problemas de máquina:**
  - Falla mecánica
  - Falla eléctrica
  - Falla setup
  - Ajuste aplicadora filler
- **Problema de material:** materiales no conformes que generan un atraso en el proceso de armado de la llanta.
- **Falta de materiales:** no hay material disponible en la máquina para seguir armando las llantas.
- **Otras demoras:**
  - Trazabilidad: problemas en el sistema para generar una trazabilidad o de lectura de un material a usar.
  - Falta de auxiliar: el auxiliar no lleva los materiales a tiempo a la máquina por lo que la misma para y no puede continuar produciendo.
  - Falta carreta: cuando se tienen un alto inventario de llanta verde por algún problema y no hay donde colocar las llantas producidas.
  - Falta código de barras: problemas con el sistema para leer los códigos de barras de cada llanta y no permite seguir produciendo.

- Misceláneos: demoras pequeñas que no permiten que la máquina siga produciendo, por ejemplo, necesidades personales.
- Reuniones: reunión del departamento.
- Bajar llantas: el operador debe bajar las llantas del *conveyer* una vez que este esté lleno.
- Ajuste de máquina: labores que realiza el operador sin ayuda de mantenimiento.
- Técnico: pruebas o chequeos que realizan los ingenieros técnicos o de ingeniería de procesos.
- **Preparación:** antes de iniciar el proceso, el operador debe revisar la máquina, el tambor, los servidores, las luces guías de la máquina y verificar los códigos de los materiales.
- **Fuera de *bekido***
  - Mantenimiento preventivo
  - Descanso (se incluye el tiempo asignado de comidas del personal)
  - Pruebas programadas
  - Falta de programa

#### 4.4. PRODUCCIÓN ACTUAL DE LA MÁQUINA & *BEKIDO*.

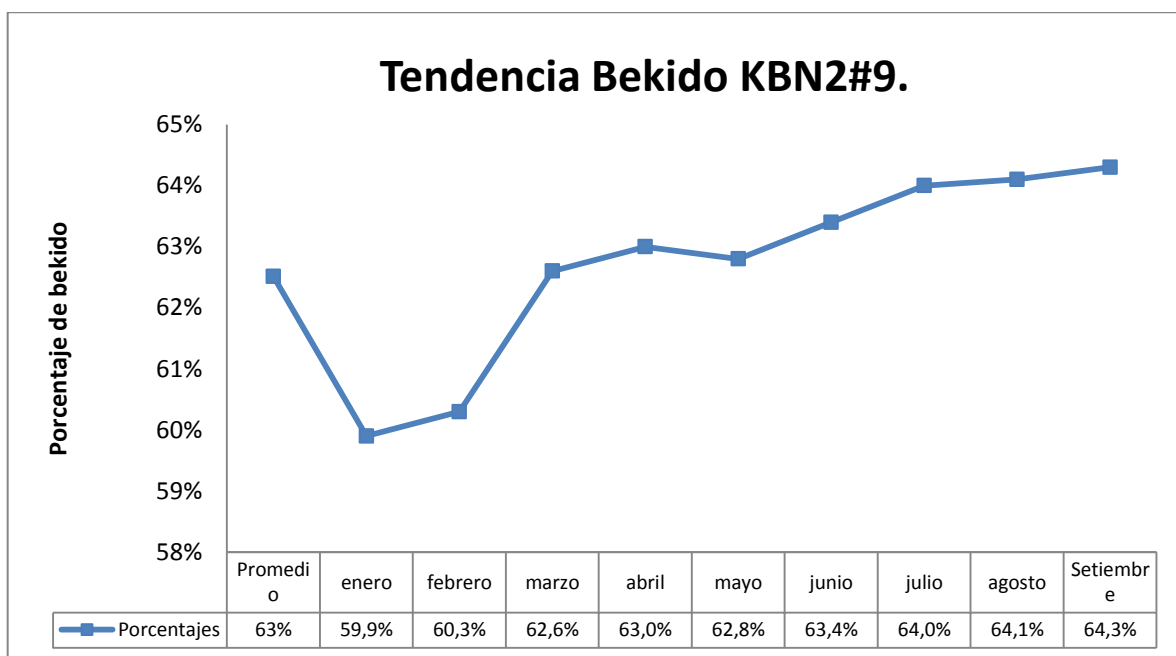
En el año 2016 se implementaron los sistemas *traksys* y *bekido* en las máquinas KBN'S, a partir de ese momento se tiene un control más confiable del porcentaje de productividad de las máquinas. En la tabla 4 se detallan los porcentajes de *bekido* y la producción perteneciente a cada mes y en el apartado 4.6 los principales *breakdown* de *bekido*.

**Tabla 4: Porcentaje de *bekido* obtenido en la máquina KBN2#9 de enero a setiembre 2016.**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
<b>PRODUCCIÓN LLANTAS</b>	252	254	285	292	286	299	301	304	305
<b>BEKIDO</b>	59,90%	60,30%	62,60%	63,00%	62,80%	63,40%	64,0%	64,10%	64.3%

Fuente: Datos extraídos del sistema *Bekido* 2016, elaboración propia Excel.

En el gráfico 1 se detalla con mayor claridad la tendencia del porcentaje de *bekido* de enero a setiembre 2016, en el cual se puede observar que la productividad de la máquina ha tenido un ligero incremento y el proceso se ha mantenido estable. Sin embargo, el estándar establecido por casa matriz debe de estar entre un 68%-72% de *bekido*. A partir del mes de mayo se tiene una sola medida en la máquina, y se puede observar que este cambio no ha impactado drásticamente el indicador.



**Gráfico 1: Tendencia Bekido KBN2#9**

*Fuente: Datos extraídos del sistema Bekido 2016, elaboración propia Minitab.*

#### **4.5. CONFIABILIDAD DE LA INFORMACIÓN REGISTRADA EN EL SISTEMA TRAKSYS Y BEKIDO.**

La información registrada en el sistema traksys se considera muy relevante en el proceso, pues a partir de la misma se determinan y atacan las demoras que con mayor frecuencia se producen en la máquina. Si ésta no fuese confiable, tendría que atacarse la forma en que son registradas las justificaciones de las demoras por parte de los operadores en el sistema, puesto que arrojaría datos erróneos y no se tendría una visión correcta de lo que pasa en la máquina.

Para evaluar la confiabilidad de la información registrada en el sistema *traksys* se realizaron observaciones en la máquina, con el fin de dar seguimiento y evaluar si las justificaciones colocadas por los operadores son correctas.

En conjunto con las observaciones se realizó un análisis de sistemas de medición por atributos, el cual debe de ser preciso y repetible. Por lo que el estudio toma en cuenta los diferentes turnos de producción de la máquina, para poder evaluar las justificaciones colocadas por los tres operadores de la máquina vs el estándar y verificar si entienden y registran lo mismo en las demoras presentadas.

Se tomaron 10 muestras aleatoriamente que representan las principales demoras de los cinco meses en estudio (mayo a setiembre) que se detallan abajo, y se registraron tres mediciones por cada uno de los operadores, teniendo como mínimo 30 repeticiones por operador, la empresa tiene como política un estándar  $n=30$  (Ver anexo 1)

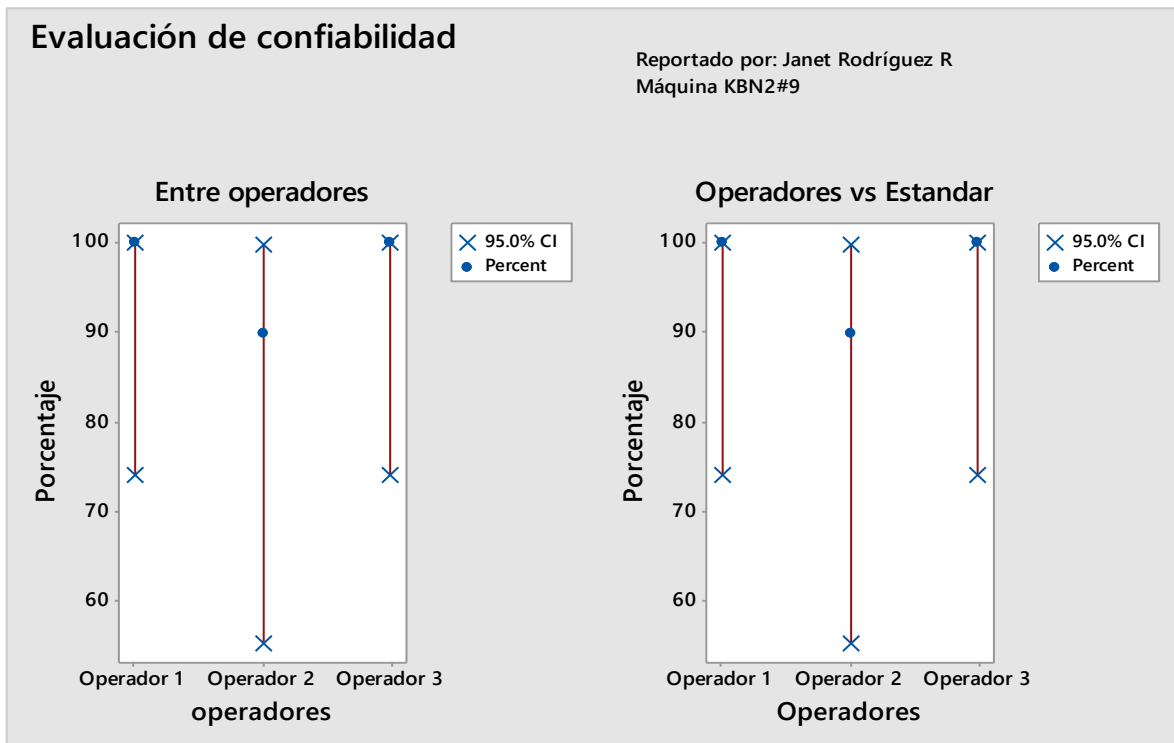
**(10 partes) x (3 operadores) x (3 repeticiones)=90 mediciones**

Las demoras que tuvieron mayor repetición durante los meses en estudio son las siguientes:

- Cambio de materiales
- Ajuste de aplicadora Filler
- Falta de materiales
- Fallas mecánicas y eléctricas
- Trazabilidad
- Falla código de barras
- Defecto en materiales
- Bajar llantas
- Misceláneos
- Ajustes de máquina

Se procesan los datos en el programa minitab licencia 16 perteneciente a Bridgestone de Costa Rica, y se obtiene que el porcentaje de confiabilidad

obtenido es de un 95%, el cual se presenta en el gráfico 2, lo cual indica que los datos registrados por cada una de los operadores vrs el estándar son aceptables.



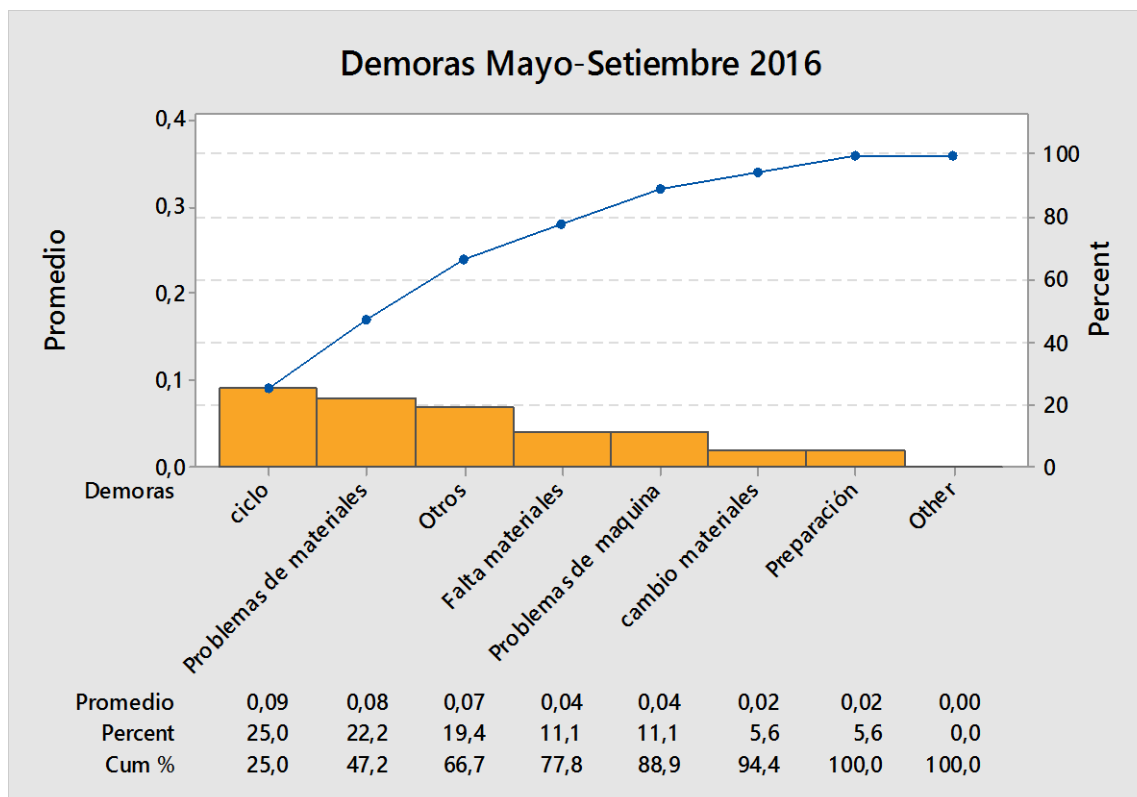
**Gráfico 2: Evaluación de confiabilidad sistemas traksys.**

Fuente: Elaboración propia, Minitab 2016.

#### 4.6. DIAGRAMA DE PARETO

Con el fin de obtener las principales demoras de la KBN2#9 se realizó un diagrama de pareto, para encontrar y atacar las causas más frecuentes. Se utilizaron los datos tomados del sistema *traksys* y *bekido* de cinco meses desde mayo a setiembre del 2016. A partir del mes de mayo se colocó una sola medida para estabilizar la productividad de la máquina.

En estos cinco meses se tiene un promedio de *bekido loss* de un 36.38% que se refleja en el siguiente gráfico desglosado por categorías de las principales demoras de la KBN2#9:



**Gráfico 3: Principales demoras mayo a setiembre 2016**

*Fuente: Datos extraídos del sistema Traksys 2016, elaboración propia Minitab.*

Como análisis gráfico se puede apreciar que las demoras que presentan mayor frecuencia y que representan un 80% corresponden a las siguientes categorías:

- Diferencia del ciclo vs el estándar corresponde a un 25%.
- Problemas de materiales corresponde a un 22.2%.
- Otros corresponde a un 19.4%. (Ver referencia en capítulo 4.2)
- Falta de materiales corresponde a un 11.1%.

#### **4.6.1. Principales categorías a analizar.**

A continuación, se detallarán las categorías que representan en 80% y sus principales justificaciones.

##### **4.6.1.1. Categoría otros.**

En la tabla 5 se presentan los datos de la categoría “otros” correspondiente al 19.4% de las demoras identificado en el gráfico anterior, además se presenta el

detalle de las demoras registradas en la categoría de otros de los últimos 5 meses de mayo a setiembre 2016.

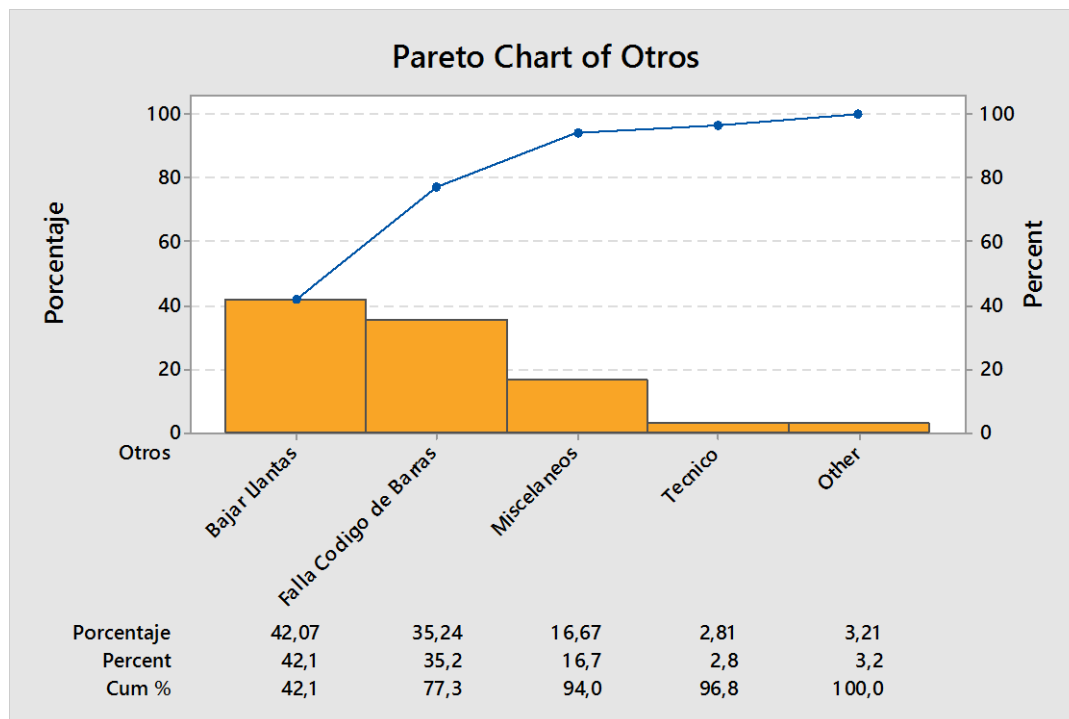
**Tabla 5: Categoría otras demoras.**

Categoría de demoras Otros	Horas	%
Bajar Llantas	5,67	42,07
Falla Código de Barras	4,75	35,24
Misceláneos	2,25	16,67
Técnico	0,38	2,81
Ajuste de Aplic. Filler	0,24	1,80
Falta Auxiliar	0,15	1,11
Trazabilidad	0,04	0,31

Demoras por analizar

Fuente: Datos extraídos del sistema Traksys 2016, elaboración propia Excel.

En el gráfico 4 se puede apreciar las principales demoras dentro de la categoría otros que representan el 80%:



**Gráfico 4: Diagrama de Pareto, categoría otros.**

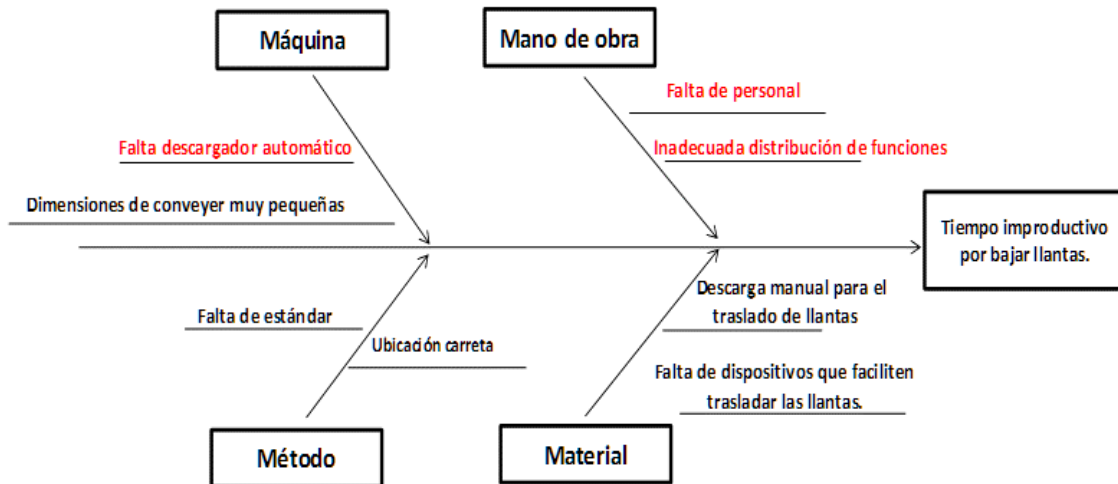
Fuente: Datos extraídos del sistema Traksys 2016, elaboración propia Minitab.

- El 42.1% corresponde a demoras por bajar llantas. Esta demora es contemplada dentro del tiempo de ciclo, sin embargo, se categoriza dentro de “Otros”.
- El 35.2% corresponde a demoras por falla de código de barras. En cuanto a esta falla, se presenta porque a la hora de escanear el código de barra este se queda pegado (no funciona) lo que genera una demora en la máquina.

### **Análisis de causa-efecto de la demora de bajar llantas.**

Según el análisis causa-efecto que se presenta en la figura 19, las siguientes causas influyen ante la demora de bajar llantas:

- **Máquina:** dentro de las causas se presenta la falta de un descargador automático que traslade las llantas de una vez a la carreta para ser reubicadas al departamento de vulcanización y las dimensiones del conveyer hacen que esta operación se tenga que repetir con mayor frecuencia, ya que se llena muy rápido.
- **Mano de obra:** Se hace enfoque a la mala distribución de funciones pues es el operador el encargado de bajar las llantas una vez que el *conveyer* esté lleno, generando que la máquina se detenga y el operador justifique dentro del sistema traksys como demora por bajar llantas y a una falta de personal que tenga a cargo ésta función.
- **Material:** Dependiendo de la medida de la llanta que este programada en la máquina, el operador tendrá mayor dificultad para trasladar las llantas a las carretas por el tamaño y peso de la llanta pues no existe ningún dispositivo para trasladar el material y la función se realiza manual.
- **Método:** se identifica dentro de este punto la falta definición de un estándar para la operación de bajar llantas debido a que ocasiones esta acción dura más tiempo de lo esperado, además una mala ubicación de las carretas complica que esta operación se realice con mayor rapidez.



**Figura 19: Diagrama de Ishikawa, demoras por bajar llantas.**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Todas las categorías fueron evaluadas y puntualizadas por el grupo multidisciplinario del departamento de armado. Se realiza una matriz con todas las causas que se identificaron en el diagrama de causa-efecto, se evaluaron tres puntos primordiales que afectan la operación, los cuales son el tiempo, el porcentaje de *bekido loss* y la calidad. La escala de calificación es de 1 a 5 siendo 1 un valor de poca importancia y 5 de mucha importancia.

Mediante los CFT'S se eligieron las causas más probables por medio de una puntuación como observa en la tabla 6:

**Tabla 6: Matriz causa-efecto por bajar llantas.**

Matriz de causa-efecto.						
		Importancia relativa.			Total	
		10	9	8		
		Requerimientos del cliente			Total	
		Tiempo	% de bekido loss	Calidad		
Item #	Paso del proceso	Entradas				
1	Bajar llantas	Falta de descargador automático	5	5	4	127
2	Bajar llantas	Inadecuada distribución de funciones	4	4	4	108
3	Bajar llantas	Falta personal	4	4	4	108
4	Bajar llantas	Descarga manual para el traslado de llantas	4	4	4	108
5	Bajar llantas	Falta de dispositivos que faciliten trasladar las llantas	4	3	3	91
6	Bajar llantas	Falta de estándar	3	2	3	72
7	Bajar llantas	Ubicación carrreta	2	2	2	54
8	Bajar llantas	Dimensiones del conveyer muy pequeñas	2	2	2	54
9						0

*Fuente: Grupos multidisciplinarios departamento de armado.*

En cuanto a las demoras por bajar llantas, el CFT valora como principales causas la falta de un descargador automático, inadecuada distribución de funciones y falta de personal y descarga manual para el traslado de llantas. Es importante evaluar cuál de las dos opciones es más viable, pues si la compañía no puede invertir en un descargador automático por el costo que este implica se deben de redistribuir las funciones y evaluar el requerimiento de una persona a tiempo completo que asista a varias máquinas a la vez.

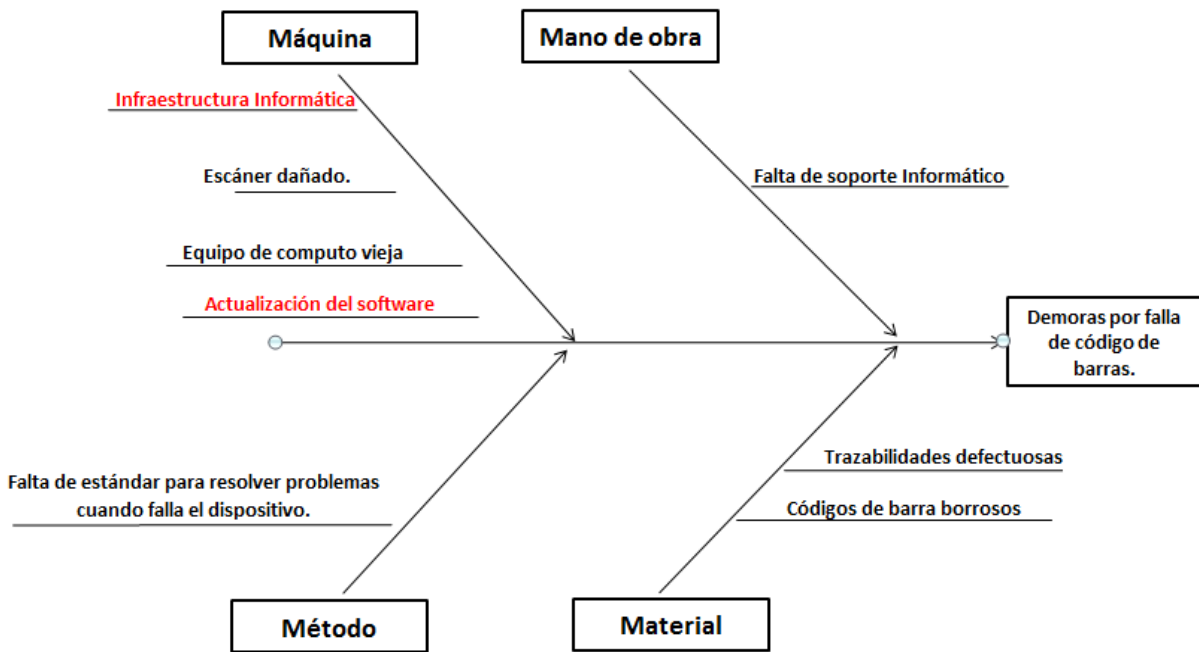
El operador invierte un promedio de 5 horas diarias en la actividad de bajar llantas de la máquina según los datos analizados de los últimos cinco meses, el cual debe dejar de producir para descargar las llantas del *conveyer* una vez que este se llena.

### **Análisis de causa-efecto por falla de código de barras.**

Según el análisis causa-efecto que se *muestra* en la figura 20, se presenta las siguientes causas que influyen ante la demora de fallo de código de barras:

- **Máquina:** dentro de las causas que generan demoras por falla de código de barras se encuentra la infraestructura informática, debido a que desde el momento en que se montó el programa se presentan problemas de colas de espera provocando que en ocasiones el sistema colapse, también se puede presentar por la antigüedad y falta de actualización del software en las computadoras.
- **Mano de obra:** al generarse problemas con el sistema y ser tan repetitiva la demora provoca que el departamento de informática no pueda dar soporte a todas las máquinas.
- **Material:** se presenta porque las trazabilidades (hoja en donde se encuentra toda la información referente al material que se está utilizando) vienen defectuosas o el código de barras viene borroso, lo que implica mayor tiempo para tratar de escanearlos.
- **Método:** no existe un estándar o manual para la solución del problema cuando el dispositivo de código de barras falla, lo que ocasiona que el operador se

quede a la espera de que el sistema vuelva a su función o que algún soporte informático realice la revisión.



**Figura 20: Diagrama de Ishikawa, demoras por falla de código de barras.**

Fuente: Elaboración propia, 2016

Mediante los CFT'S se eligieron las causas más probables por medio de una puntuación como observa en la tabla 7.

**Tabla 7: Matriz causa-efecto por falla código de barras.**

Matriz de causa-efecto.						
Importancia relativa.			10	9	8	Total
Requerimientos del cliente			Tiempo	% de bekido loss	Calidad	
Item #	Paso del proceso	Entradas				
1	Falla código de barras	Infraestructura Informática	5	5	5	135
	Falla código de barras	Actualización del software	5	5	5	135
2	Falla código de barras	Trazabilidades defectuosas	4	4	4	108
3	Falla código de barras	Códigos de barras borrosos	4	4	4	108
4	Falla código de barras	Escaner dañado	4	4	4	108
5	Falla código de barras	Computadora dañada/lenta	4	3	3	91
6	Falla código de barras	Falta de estandar para resolver problemas cuando falla el dispositivo	3	2	3	72
7	Falla código de barras	Falta de soporte informático	2	2	2	54

**Fuente:** Grupos multidisciplinarios departamento de armado.

El sistema de código de barras se automatizó mediante un sistema PCS el cuál desde su implementación ha presentado problemas en cuanto a la lectura de los códigos, ya que se crean colas de espera y retrasa el proceso o en ocasiones provoca que el sistema colapse y esto no permite que la producción continúe. Se tiene como plan por parte del departamento de IT pedir soporte a Microsoft para determinar las causas del problema y a la vez desconectar una máquina para iniciar a correr pruebas de posibles contramedidas.

#### 4.6.1.2. Problemas de materiales.

La siguiente categoría corresponde a materiales defectuosos y corresponde a un 22.2% dentro del diagrama de pareto de las categorías. Con la información recabada se obtienen los datos del siguiente cuadro:

**Tabla 8: Categoría problemas de materiales.**

Problemas de materiales	Horas	%
Defecto Sellante	1,44	28,60
Defecto Spiral Layer	1,38	27,43
Defecto Paredes	1,26	25,08

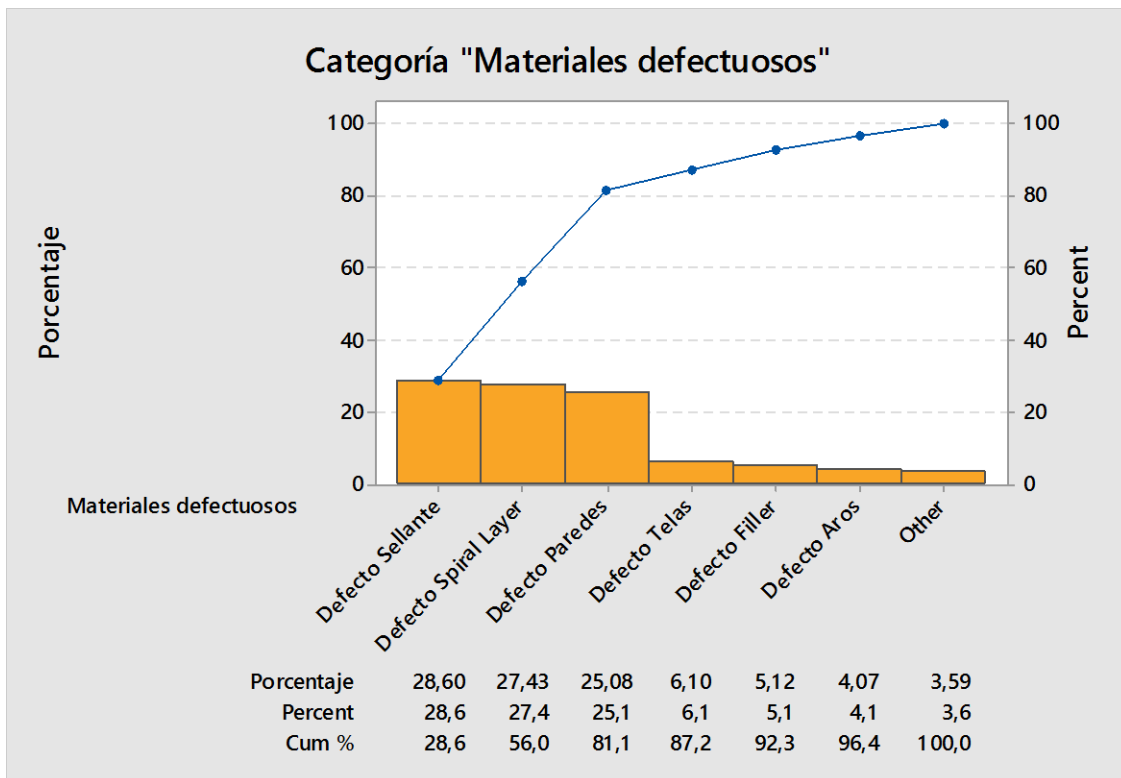
Defecto Telas	0,31	6,10
Defecto Filler	0,26	5,12
Defecto Aros	0,21	4,07
Defecto Rodado	0,18	3,59

Fuente: Datos extraídos del sistema Traksys 2016, elaboración propia Excel.

Las principales demoras que corresponden a la categoría de materiales defectuosos se presentan a continuación:

- 28.6 % corresponde a defecto de sellante.
- 27.4% corresponde a defecto de Spiral Layer.
- 25.1% corresponde a defecto de paredes.

Cabe aclarar que los materiales defectuosos encontrados en el gráfico 5 son realizados en otras máquinas y corresponden a la etapa de preparación de materiales. El sellante es construido en la calandra, el *spiral layer* en la calemard y las paredes en la tubuladora.



**Gráfico 5: Diagrama de Pareto, problemas de materiales.**

Fuente: Datos extraídos del sistema Traksys 2016, elaboración propia Minitab

## Análisis de los defectos encontrados en los materiales que provienen de la etapa de preparación.

### 1. Defecto sellante

El material sellante se realiza en la máquina llamada calandra y su principal defecto es la ondulación, el cual se puede generar por una mal seteo de los parámetros de la máquina, un exceso en la utilización de TMA en la fabricación (hule que se reprocesa) o cambios en la viscosidad del hule.

Estos defectos de material afectan directamente al departamento de armado de dos maneras:

- Una vez colocado el sellante en la máquina armadora se procede a realizar el corte para preparar la llanta, ver figura 21, por la ondulación del material este corte no se realiza de una forma exitosa pues la cuchilla lo arrastra en su recorrido, ver figura 22.



**Figura 21: Aplicación de sellante en tambor.**

Fuente: Bridgestone de Costa Rica.



### **Figura 22: Ondulación de sellante**

Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

- A la hora de aplicar el material este puede quedar con una punta levantada como se observa en la figura 23 y al salir el portacejas interno se lleva el material con la camisa del tambor, lo que genera una falla mecánica.



**Figura 23: Punta levantada de sellante en tambor.**

Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

## **2. Defecto *spiral layer***

El material *spiral layer* se realiza en la máquina de preparación de materiales llamada *calemard*, y este material es aplicado en la segunda etapa de la máquina (Ver imagen 24) y es fácil de reconocer pues son unas tiras de hule que se enrollan por encima de las capas estabilizadores.



**Figura 24: Aplicación de *spiral layer*.**

Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

Los problemas de *spiral layer* defectuoso se da por las siguientes razones:

- Malas uniones de *spiral layer*, donde el operador monta una tira sobre otra y esto genera una pega. Este problema no se ve a simple vista, sino hasta que el material es utilizado.
- *Mal setup* de las cuchillas o un exceso de pegajosidad lo que genera que los hilos se descubran a la hora de separarse, ver figura 25.



**Figura 25: Descubrimiento de hilos.**  
Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

Al ingresar estos materiales al departamento de armado causa que el material que está colocado para su utilización se reviente, ocasionando que se desenhebre en la armadora como se puede observar en la figura 26 y deba realizarse de nuevo generando un retraso de 30 minutos aproximadamente.



**Figura 26: Desenhebrado de spiral layer**  
Fuente: Bridgestone de Costa Rica.

### 3. Defecto paredes.

Este material es realizado en la máquina llamada tubuladora y el problema principal es el efecto banana, el cual consiste en que las paredes tiendan a doblarse en lugar de mantener su linealidad. Al utilizarse este material en armado, la cuchilla no puede cortar el material o genera pegas en la misma, además de malas aplicaciones por la curvatura que presenta.

Este efecto banana se presenta por el transporte, las carretas en las que viajan estos materiales desde preparación de materiales hasta el departamento de armado provoca que los materiales no mantengan su linealidad.



**Figura 27: Transporte de paredes**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica.*

### Análisis de causa-efecto “problemas de materiales”

Según el análisis causa-efecto que se presenta en la figura 28, se detallan las causas que influyen ante la demora por materiales defectuosos:

- **Máquina:** Las máquinas de preparación de materiales son máquinas muy antiguas, y con el paso del tiempo la empresa ha venido invirtiendo poco a poco en ellas para mejorar la calidad de los materiales que llegan al departamento de armado, sin embargo conlleva trabajo de muchos departamentos y de un presupuesto más elevado. Las causas más comunes en cuanto a máquina se dan por desajustes en las mismas y por la falta de mantenimiento preventivo que muchas veces se pospone y genera problemas en materiales.

- **Mano de obra:** una inadecuada dosificación de material realizada por el operador altera el producto final debido a que no sigue la especificación de la receta. Uno de los ejemplos es la utilización en exceso de TMA (hule que se puede reutilizar) el cual genera ondulación en los materiales y se da por negligencia de parte de los operadores, muchas veces por tratar de tener el mínimo de desperdicio de material.

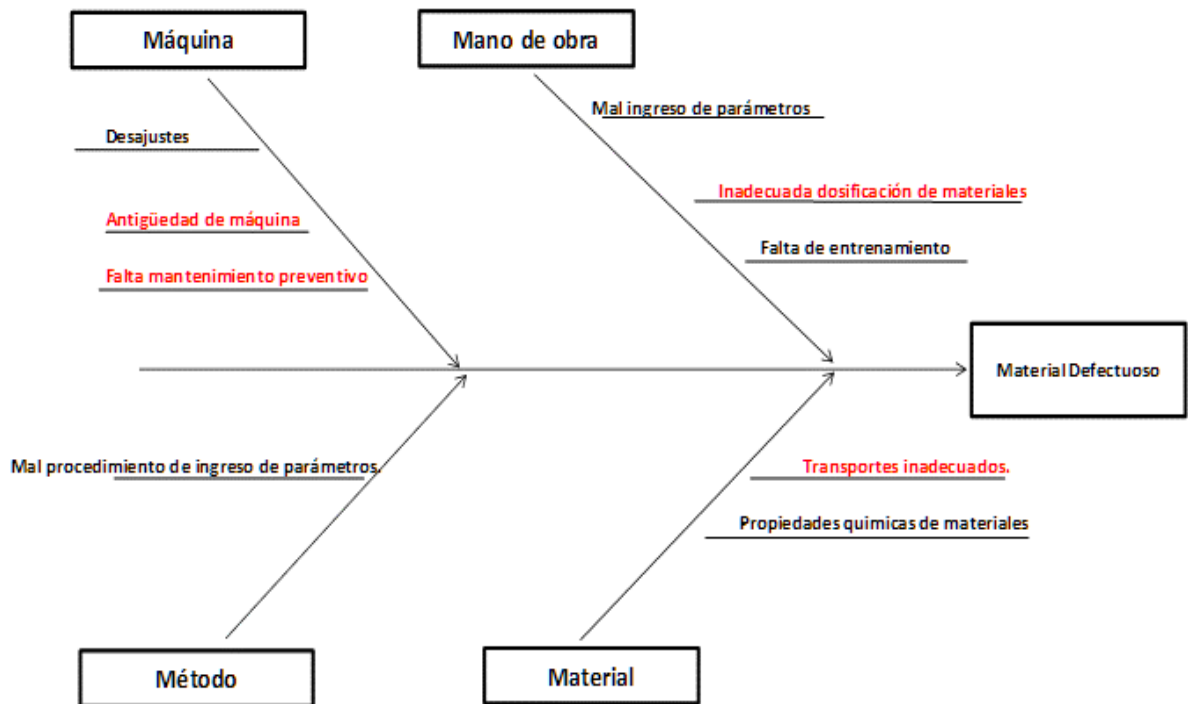
Un mal ingreso de parámetros por parte del operador ocasiona que los materiales no se generen con las especificaciones correspondientes y deja a simple vista la falta de entrenamiento o de estándares para trabajar en la máquina. Por ejemplo, en la máquina calandra si las bandas corren descoordinadas se puede presentar un estiramiento en el material o si se setea mal el espesor, los materiales salen fuera de especificaciones y no se pueden utilizar.

- **Material:** los insumos que se realizan en las máquinas de preparación de materiales son trasladados al departamento de armado por medio de diferentes medios de transporte, la causa incide en que algunos son inadecuados y generan alguna alteración en los materiales como el efecto banana.

Además se dan situaciones cuando realizan el pesaje de los pigmentos, ya que los operadores ajustan las balanzas utilizadas para evitar demoras en el momento de llenar la balanza con los pigmentos, no se llena del todo por lo que la fuerzan para que marque el peso indicado. Se afectan las propiedades químicas de los materiales debido a que no cumple la receta establecida según el tipo de llanta a preparar, lo cual puede traer defectos por exceso o falta de pegajosidad o porosidad. Siempre existen errores de este tipo, anteriormente el pesaje de los pigmentos se realizaba de forma manual en una romana y se presentaba este problema con mayor frecuencia, actualmente se realiza por medio de una balanza electrónica que no permite el tránsito de pigmentos hasta que no entre en la tolerancia que indica la receta programada.

- **Método:** el método para ingresar los parámetros depende de cada operador pues ellos son los encargados de ingresarlos, no existe un estándar o

procedimiento para realizarlo y evitar errores que producen demoras en la máquina. Los operadores recibieron la debida capacitación, sin embargo esta no ha sido efectiva, pues es un problema de cultura seguir patrones establecidos en el cual ellos, por el simple hecho de facilitar su trabajo ajustan los parámetros o realizan cambios.



**Figura 28: Diagrama de Ishikawa, demoras por material defectuoso.**

Fuente: Elaboración propia, 2016

Mediante los CFT'S se realizó una matriz para elegir las causas más probables por medio de una puntuación como observa en la tabla 9.

**Tabla 9: Matriz causa-efecto por materiales defectuosos.**

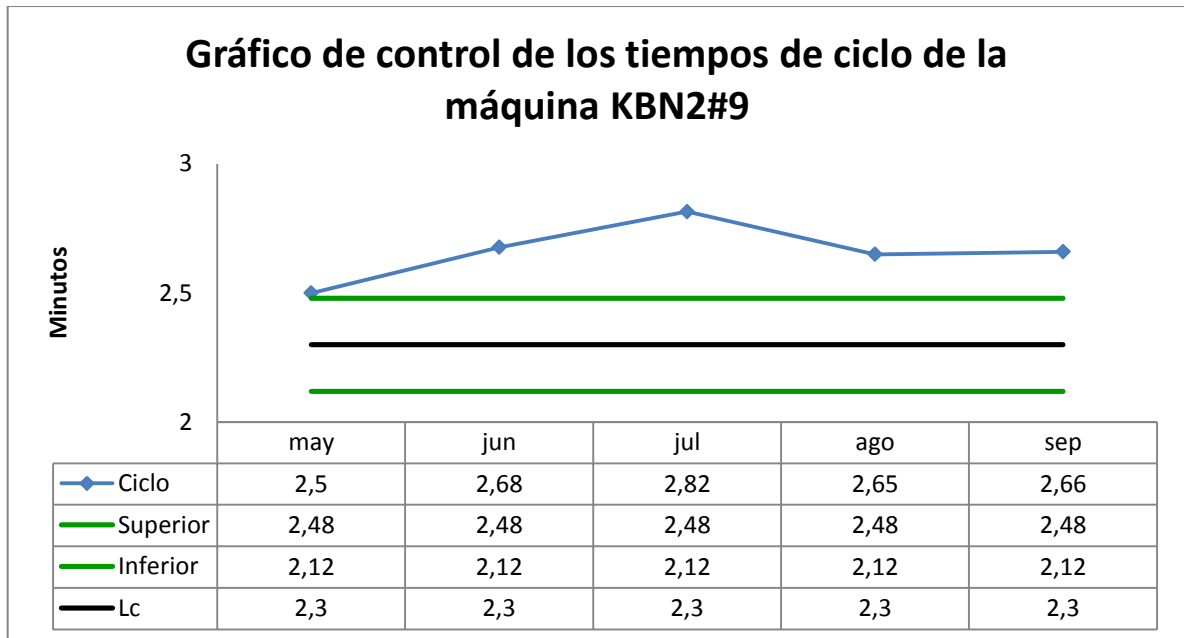
Matriz de causa-efecto.							
Importancia relativa.				10	9	8	Total
Requerimientos del cliente				Tiempo	% de bekido	Calidad	
Item #	Paso del proceso	Entradas					
1	Material Defectuoso	Antigüedad de las maquinas	5	5	5	135	
2	Material Defectuoso	Falta mantenimiento preventivo	4	4	4	108	
3	Material Defectuoso	Transportes inadecuados	4	4	3	100	
4	Material Defectuoso	Inadecuada dosificación de materiales	4	3	3	91	
5	Material Defectuoso	Desajustes en máquina	3	3	3	81	
6	Material Defectuoso	Parámetros mal seteados	3	3	3	81	
7	Material Defectuoso	Mal procedimiento de ingreso de parámetros	3	2	2	64	
8	Material Defectuoso	Falta de entrenamiento	2	2	2	54	
9	Material Defectuoso	Propiedades químicas de materiales	3	3	3	54	
10						0	

Fuente: Grupos multidisciplinarios departamento de armado.

En cuanto al análisis realizado para las demoras ocasionadas en la máquina KBN9 por materiales defectuosos, el CFT valora como principales causas la falta de mantenimiento preventivo de las máquinas de preparación de materiales, las cuales presentan problemas que vienen arrastrando con el tiempo por su antigüedad y que pueden ser atacadas con anticipación. Además de los transportes inadecuados de materiales que generan ondulaciones, así como una inadecuada dosificación de materiales por parte del operador en la preparación de materiales, genera material no conforme y que no se pueda utilizar en el proceso de armado.

#### 4.6.1.3. Demoras por la diferencia del tiempo de ciclo vs el estándar.

En cuanto a la categoría “demoras por la diferencia del tiempo de ciclo vrs el estándar”, se observan en el siguiente gráfico los datos de tiempo de ciclo promedio mensual de la máquina KBN2#9 de los meses de mayo a setiembre 2016, así como los límites, tanto superior como inferior y el ciclo estándar.



**Gráfico 6 : Gráfico de tendencias, categoría ciclo.**

*Fuente: Datos extraídos del sistema Traksys 2016, departamento de Ingeniería Industrial.*

Como se puede observar en el gráfico 6, los datos de los tiempos de ciclo promedio por mes se encuentran fuera de los límites, se debe trabajar para que los tiempos de ciclo se acerquen al estándar, el cual fue suministrado por el departamento de producción y se utiliza para calcular los límites de control que se presentan en el gráfico anterior, tomando en cuenta una desviación estándar de 0.06 minutos. Como límite superior se tiene un 2.48 minutos, como límite inferior 2,12 minutos y limite central 2.3 que corresponde al tiempo de ciclo estándar.

Como punto a tomar en cuenta, el tiempo de ciclo estándar suministrado es un tiempo de ciclo puro, que se toma desde que el operador calificado presiona un botón para iniciar la actividad de la máquina hasta que termina el proceso para producir una llanta verde, se determina del promedio de una muestra de 30 ciclos, el cual no incluye tiempos de ajuste por fatiga, cambios de materiales y *setup* de la máquina.

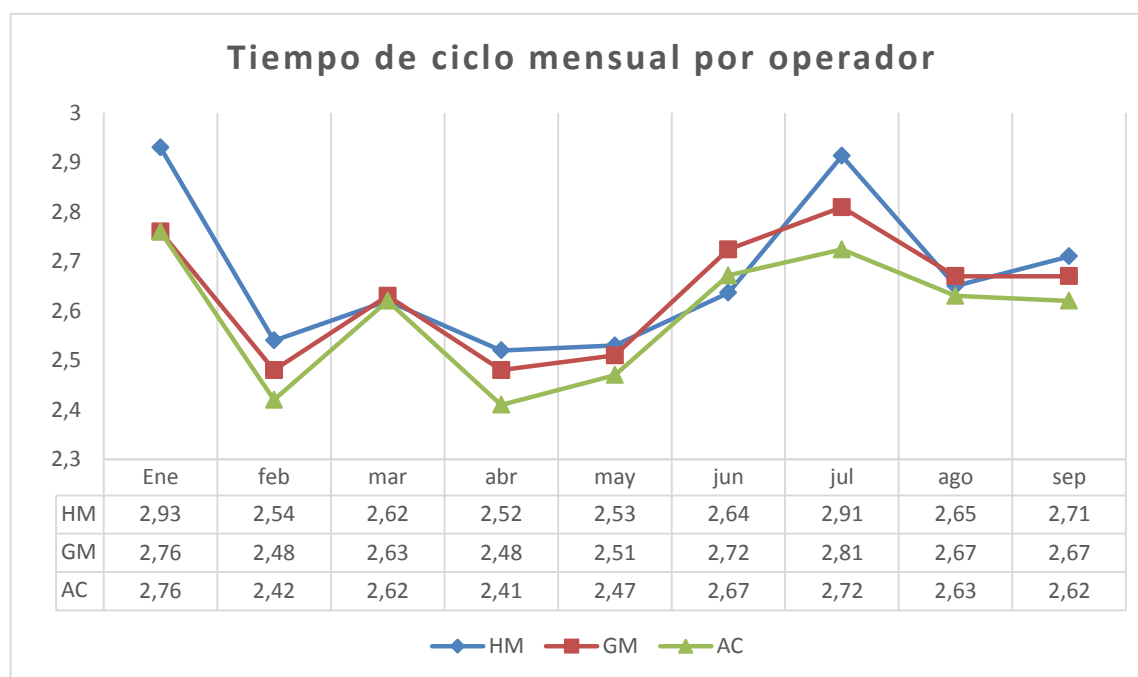
Se debe trabajar en optimizar los tiempos de demoras en la máquina para que el proceso se encuentre bajo control y esté lo más cercano a un ciclo estándar real que contemple suplementos fijos y variables para alcanzar un rango de un 68 a un 70% de *bekido*.

A partir del mes de mayo se mantiene un tiempo de ciclo estándar estable pues se tiene una sola medida instalada en la máquina. Si la medida de la llanta cambia el tiempo de ciclo estándar es diferente, puesto que considerar las variables de diámetro de llanta y cantidad de telas (una o dos).

Además, es importante considerar como una de las variables del proceso, el factor humano, los operadores recibieron la misma capacitación y su experiencia va en orden como se presenta en el gráfico 7, donde Heriberto M es operador desde el 2011 de estas máquinas, Geovanny M es operador desde el 2013 y Ángel C es operador desde el 2014.

En caso de ausentarse alguno de los operadores se trata de que sea reemplazado por uno de la misma máquina, en caso de no ser posible se acude a cualquier operador de las otras máquinas KBN'S.

A continuación, se puede observar el tiempo ciclo por cada operador del mes de enero a setiembre 2016.



**Gráfico 7: Ciclo por operadores de la KBN2#9.**

*Fuente: Departamento de Ingeniería Industria, 2016.*

Aunque los tiempos de ciclo entre operadores se mantienen estables, los tiempos de ciclo por mes presentan una variación de un 6%. Del mes de abril al mes de

julio se presenta una tendencia de incremento que se debe a fallas en máquina por problemas de materiales, por el método de trabajo de cada operador que afecta directamente sobre el ciclo dependiendo de las habilidades, la antigüedad de las máquinas y la utilización de transportes inadecuados. A principios del mes de agosto se refleja un descenso pues se empiezan a realizar mejoras en la máquina de armado. Como primer punto se comunica a los supervisores del departamento de armado que la máquina será sometida a diferentes cambios según las causas encontradas y a principios del mes de septiembre se comienza con la estandarización de unión de paredes y corte y unión de sellante, así como las estandarización de cambios de materiales.

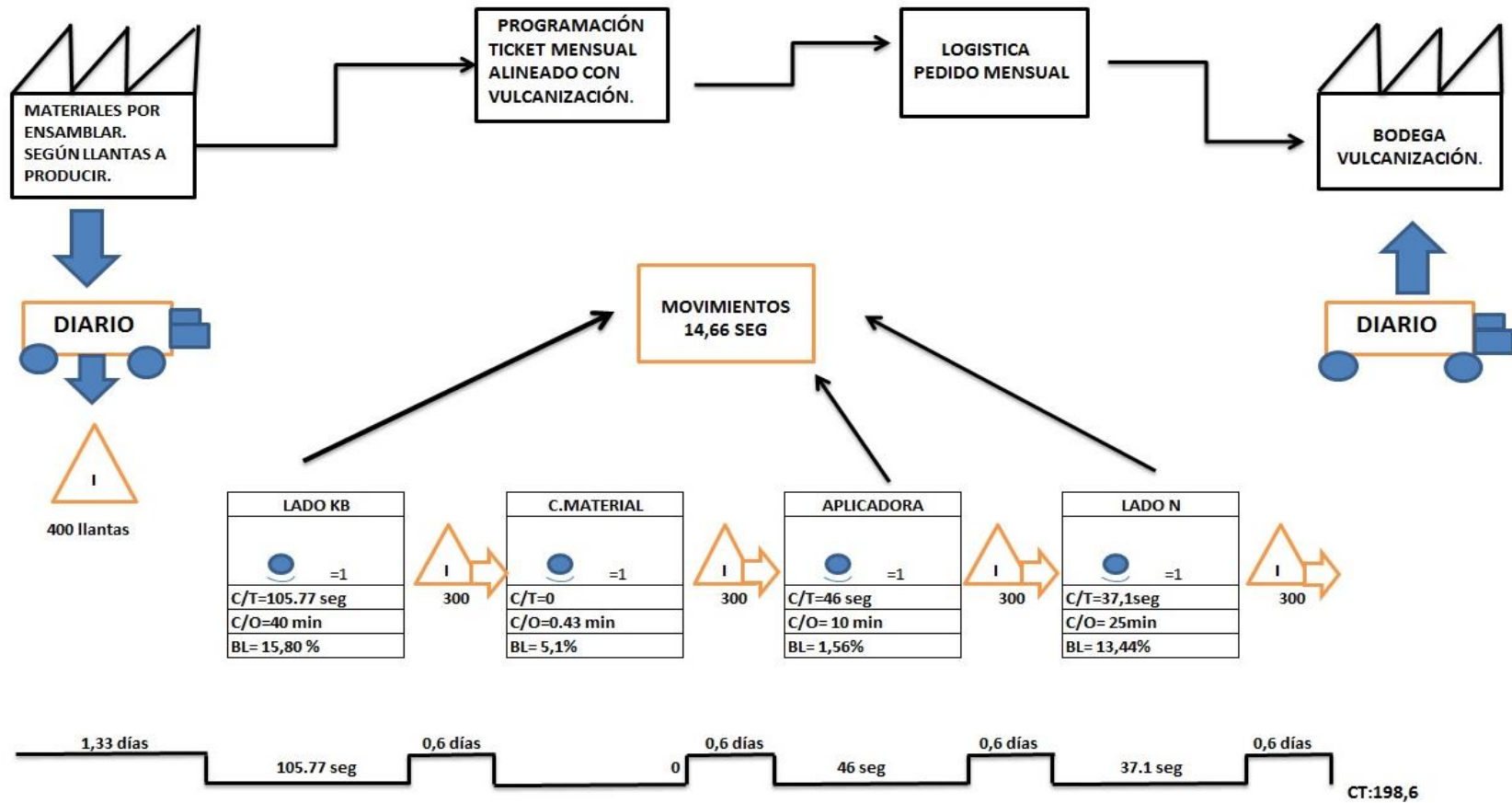
#### Mapeo de la situación actual utilizando *value stream map*

Con el fin de encontrar oportunidades de mejora en el proceso se realiza un *value stream map* del proceso de armado de la máquina KBN2#9, donde se identifican las etapas de acuerdo a como se lleva a cabo el proceso de producción en la máquina para obtener una llanta verde, lado KB o primera etapa, cambio de material, aplicadora filler y lado N o segunda etapa.

Además, se indican en el diagrama de VSM las cantidades de unidades requeridas en el proceso, así como los tiempos de ciclo de cada etapa. En cuanto al flujo de materiales, se tiene un inventario para 400 llantas diarias, de las cuales se producen actualmente un aproximado de 300 llantas diarias que se trasladan a vulcanización y luego son transportadas a la bodega de producto terminado.

En las figuras 29 y 30 se puede observar para cada actividad el tiempo de ciclo (CT) por etapa hasta obtener la llanta armada o terminada, este tiempo incluye demoras y todos los movimientos que realiza la máquina, su respectivo tiempo de cambio de *tooling* o partes de máquina (C/O) y se tiene al final el porcentaje de *bekido loss* por etapa (BL). El análisis realizado tiene como fin identificar la etapa que más demoras presenta para armar la llanta y enfocar esfuerzos. Los porcentajes de *bekido loss* que se utilizaron al realizar el VSM corresponden a 35.9% para el mes de agosto y 35,7% para el mes de setiembre 2016.

## VSM KBN9



**Figura 29: Mapeo de la situación actual agosto 2016.**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

## VSM KBN9

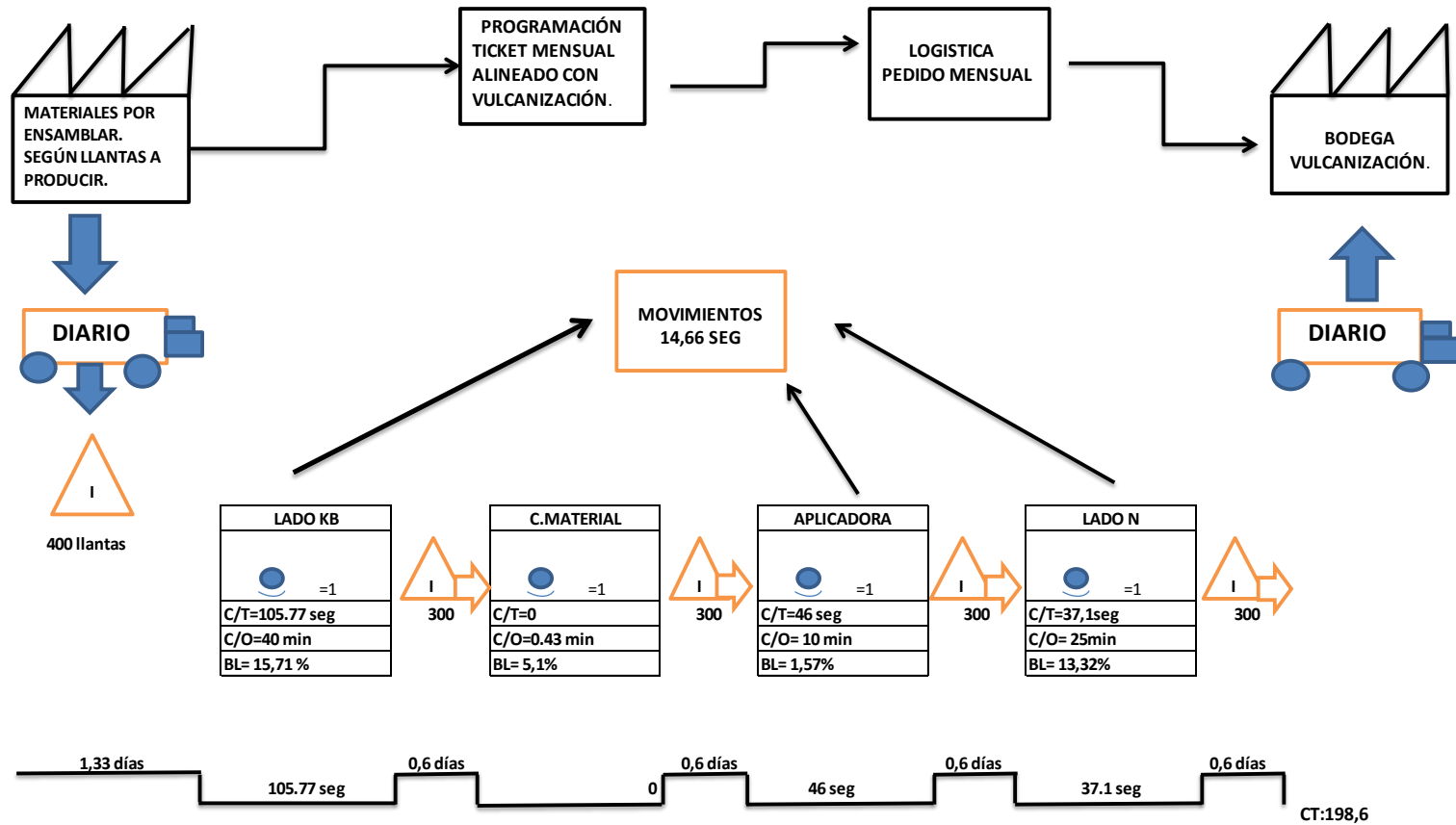


Figura 30: Mapeo de la situación actual Setiembre 2016.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según el VSM de la máquina KBN2#9 que corresponde a un promedio de los meses de agosto y septiembre, los porcentajes de *bekido loss* por etapas se pueden identificar en el siguiente gráfico.



**Gráfico 8: Ciclo por operadores de la KBN2#9.**

Fuente: Departamento de Ingeniería Industria, 2016.

El lado KB corresponde a un 43,7% y el lado N le pertenecen 37,6% del 80%, por lo cual se dará mayor énfasis en la reducción de tiempos en estas etapas para poder disminuir el porcentaje de *bekido loss*.

### **Análisis de causa-efecto de la demora por la diferencia del tiempo de ciclo vs el estándar.**

Según el análisis causa-efecto se presentan las siguientes causas que influyen ante la demora por diferencia de tiempo de ciclo vs el estándar:

- **Medición:** los parámetros se encuentran en pantalla en la máquina sin restricción, pues el operador debe ingresarlos o cambiarlos según la medida que se va a trabajar y estos son establecidos por el departamento técnico. Los

operadores son los encargados de ingresar los parámetros o modificarlos y llenar un formato de chequeo de inicio de turno, el supervisor debe de retirarlo y revisarlo al final del turno. Sin embargo, en ocasiones son modificados ya sea por el departamento técnico o por el inspector de calidad como ajuste para que la máquina no genere producto no conforme.

- **Máquina:** se presentan fallas mecánicas o eléctricas que afectan el tiempo de ciclo, aunque estas se pueden prevenir en ocasiones se salen de control. Además se presentan desajustes en la máquina, por ejemplo cuando el operador debe realizar ajuste de las luces guía para lo cual debe detener la máquina afectando el tiempo de ciclo.

Otra de las causas que afecta directamente el tiempo de ciclo son los parámetros mal determinados o establecidos en la máquina, los cuales provocan que el tiempo se prolongue, un ejemplo de ello serían los parámetros establecidos para el estichado de materiales los cuales se podrían realizar en un menor tiempo.

- **Mano de obra:** una de las causas se da por descoordinación en el armado de llantas y sucede por alguna distracción del operador mientras realiza la operación, además de un inadecuado ingreso de parámetros recordando que el operador es el encargado de ingresarlos, esto se debe a la falta de entrenamiento efectivo o bien por falta de supervisión debido a que los operadores realizan las actividades por costumbre y no siguen el estándar como corresponde.

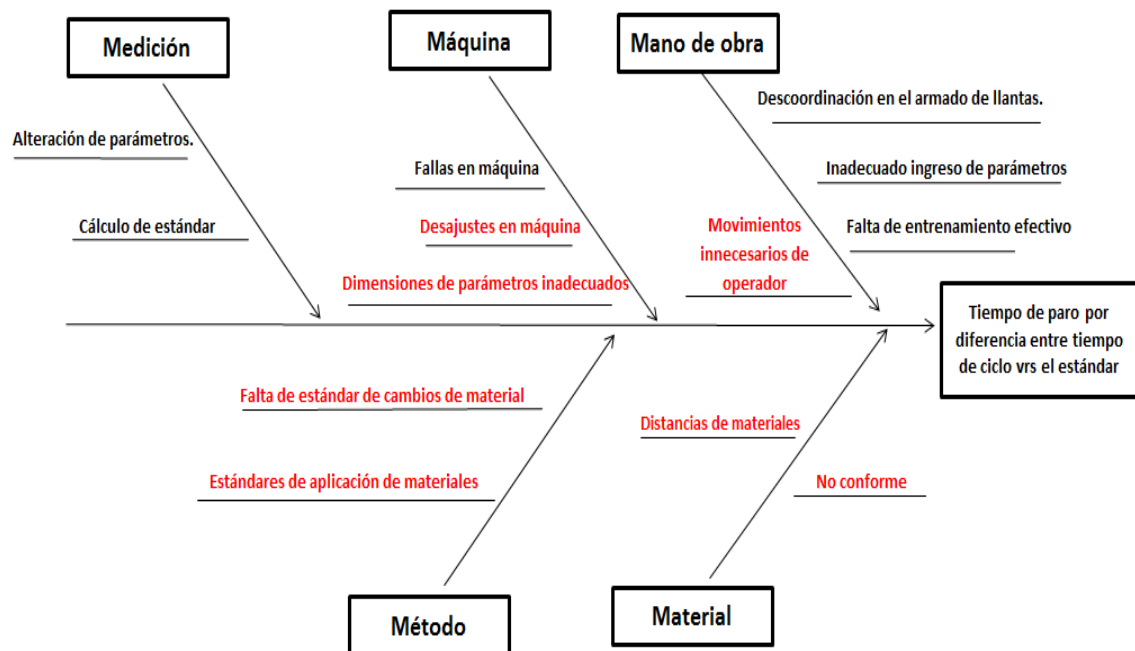
Además, algunos movimientos que realiza el operador son innecesarios y alargan el tiempo de ciclo.

- **Material:** En cuanto a material se refiere a todos aquellos materiales que llegan al proceso de armado y se consideran como materiales no conformes, la mayoría de ellos por fallas en las máquinas de preparación de materiales o por el medio en que se transportan es inadecuado. Aunque estos materiales presentan algunas características de no conformidad son utilizados de igual forma en el armado de llantas, provocando paros de máquinas por arrollamiento

de materiales, exceso de pegajosidad, puntas levantadas y cualquier otro tipo de no conformidad lo que provoca que el ciclo eleve el tiempo de ciclo.

Otra de las causas es la colocación de los materiales a una distancia larga lo de la máquina, lo cual dificulta al operador a la hora de realizar el armado de llantas.

- **Método:** una de las causas que impactan es la falta de estándares de trabajo que inciden directamente en el tiempo de ciclo, por ejemplo, la falta de estándares para realizar los cambios de materiales que elevan el tiempo porque se realizan de una forma inadecuada. Otro de los puntos es la estandarización de aplicación de materiales (colocación de materiales en máquina), muchas veces los operadores realizan la operación según a ellos les parezca mejor causando esto un alargamiento en el ciclo.

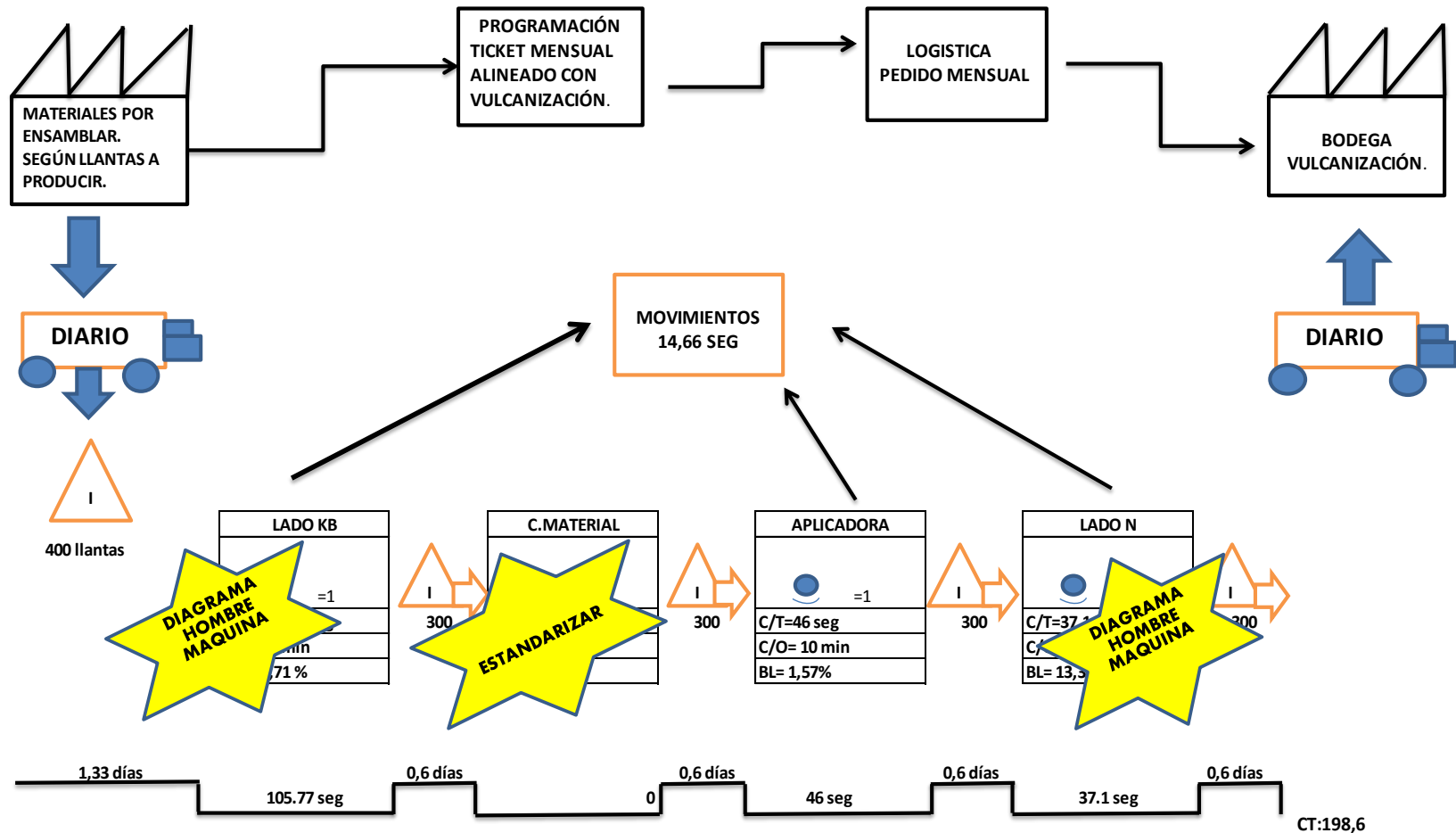


**Figura 31: Diagrama de Ishikawa, demoras por ciclo.**

*Fuente: Elaboración propia, 2016*

En el VSM se identifican oportunidades de mejora, ver figura 32, en el cual se indica la necesidad de realizar un análisis de diagrama hombre-máquina y estandarizar los cambios de materiales para reducir el tiempo de ciclo de la etapa KB y N de mayor incidencia.

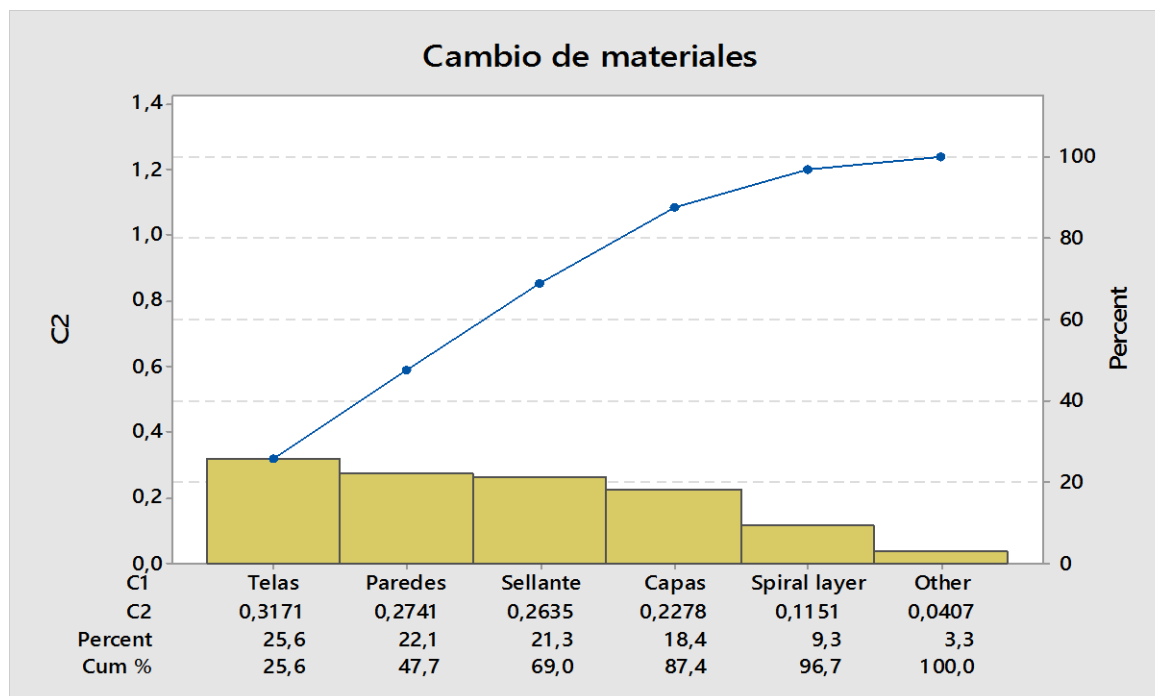
## VSM KBN9



**Figura 32: Mapeo de la situación actual con puntos a atacar.**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Los cambios de materiales los realiza el operador de la máquina y el auxiliar es el encargado de llevar hasta la máquina los materiales y acomodarlos en la posición correcta para que se ejecute la operación en el tiempo esperado. Existen nueve tipos de cambios de materiales (tela 1 y 2, paredes, spiral layer, sellante, capa I y II y filler). Según el análisis realizado los principales cambios de materiales que generan mayor tiempo por parte del operador son: telas, paredes, sellante y capas.



**Gráfico 9: Cambio de materiales**

*Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, 2016.*

Con el fin de determinar los puntos exactos a trabajar en el tiempo de ciclo, se presenta el diagrama de hombre máquina actual, en el cual se pueden observar los pasos, tanto de primera etapa (compuesta por el lado KB, el transferidor, el cargador de cejas y el hombre), segunda etapa (compuesta por el transferidor 2, hombre, BT, anillos y descargador) y los movimientos que realiza el operador para cumplir con las funciones, los tiempos que se muestran en el diagrama son suministrados por el departamento de Ingeniería Industrial. Las dos etapas de la máquina trabajan al mismo tiempo, es por esa razón que el operador realiza diferentes movimientos de una etapa a la otra y sus funciones consisten en la

inspección de los materiales en el proceso, la unión de los materiales, colocar los aros en la máquina y operar la aplicadora de filler como se observa en la figura 33.

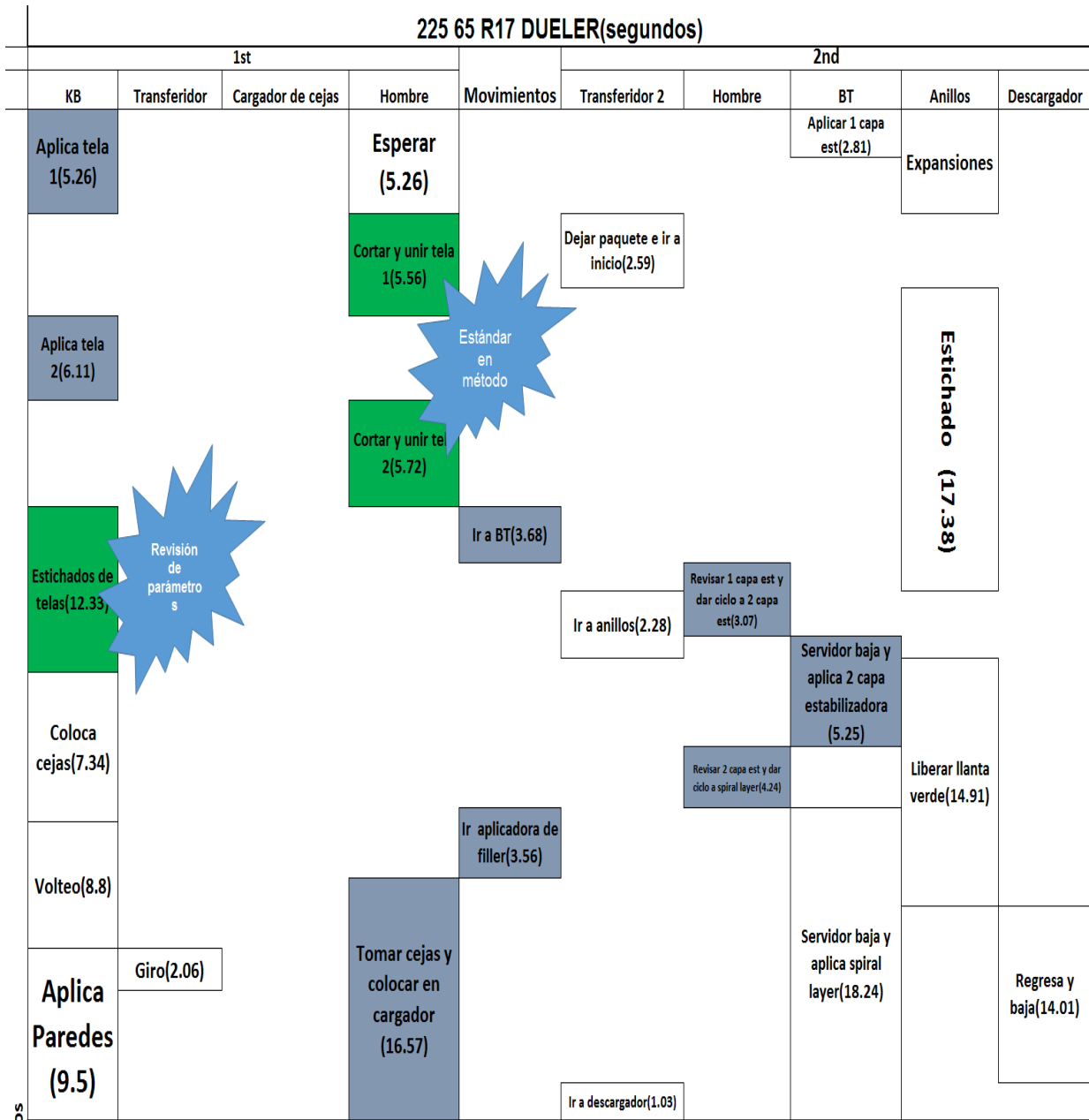
En cuanto a puntos a mejorar se analizó el diagrama actual y se encontraron varios puntos de mejora, que se indican a continuación:

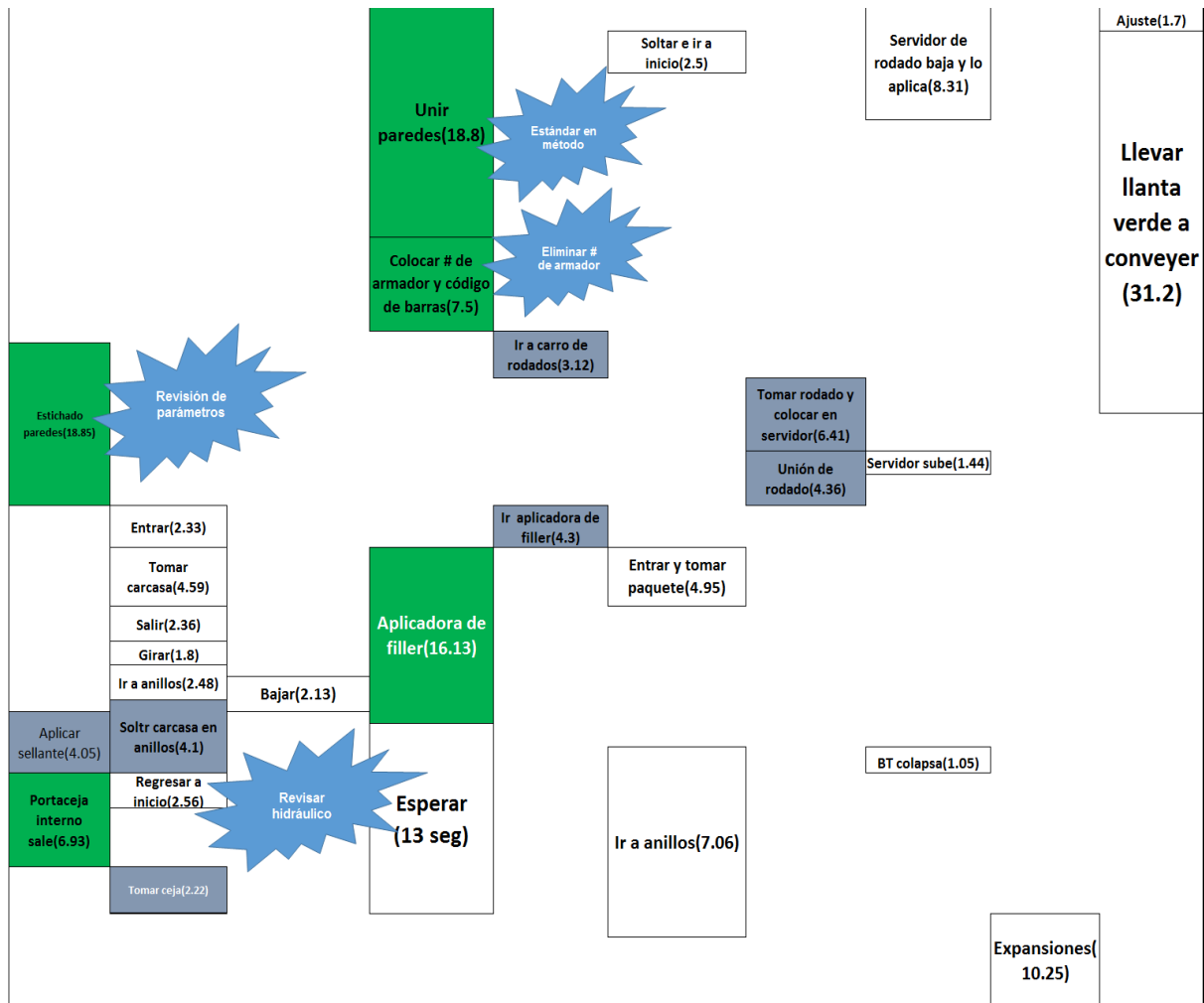
- Cortar y unir telas: Una vez que la máquina aplica las telas, el operador debe cortar y unir las mismas, esta operación se realiza de forma manual, donde cada operador tiene un método distinto para cortar y estichar la unión.
- Estichado de telas y paredes: la función del estichado tanto de tela y paredes es sacar el aire atrapado en la carcasa, en el proceso de armado de la mayoría de tipos de llantas se tienen los estichers cerrados al iniciar en el tambor para asegurar sacar todo aire y evitar ampollas en la llanta, lo cual implica un mayor tiempo de ciclo que actualmente es de 31,18 segundos por estichado de telas y paredes.
- Unir paredes: el operador debe unir las paredes utilizando el estichado manual, en esta actividad los operadores tienen diferente método ya que algunos realizan más pasadas sobre la unión para asegurar que la unión no se vaya a abrir, se tiene como oportunidad de mejora estandarizar el método para esta actividad.
- Colocar número de armador: cuando el operador termina de estichar las paredes debe colocar su número de armador en el sellante de la próxima llanta a producir, se realiza una doble actividad que no es necesaria, pues en el código de barras se encuentra toda la información necesaria si ocurriera algún problema o simplemente para hallar las características de la llanta.
- Porta ceja interno sale: el portacejas interno sale a recoger la ceja del cargador de la máquina, durante este tiempo el operador espera el recorrido, por lo que se debe analizar en conjunto con el área de mantenimiento que el ajuste de la velocidad neumática e hidráulica de la

máquina se encuentre al máximo para que el tiempo de demora sea el mínimo.

- Aplicadora de filler: se debe analizar los desplazamientos del operador para colocar los aros en la aplicadora, ya que debe ir a una carreta que se encuentra contiguo a la máquina para tomar trasladarlos.

Puntos a mejorar en diagrama hombre máquina





**Figura 33: Análisis del diagrama hombre máquina.**

*Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, 2016.*

Mediante los CFT'S se realizó una matriz para elegir las causas más probables por medio de una puntuación como observa en la tabla 10.

**Tabla 10: Matriz causa-efecto por fallas de ciclo vs estándar.**

Matriz de causa-efecto.							
Importancia relativa.				10	9	8	Total
Requerimientos del cliente				Tiempo	% de bekido	Calidad	
Item #	Paso del proceso	Entradas					
1	Ciclo real vrs estándar.	Materiales no conformes.	5	5	5	135	
2	Ciclo real vrs estándar.	Dimensiones de parámetros inadecuadas.	5	5	4	127	
3	Ciclo real vrs estándar.	Falta de estandar de cambios de materiales.	5	5	3	119	
4	Ciclo real vrs estándar.	Estándares de aplicación de materiales.	4	4	4	108	
5	Ciclo real vrs estándar.	Movimientos innecesarios de operador	4	4	2	92	
6	Ciclo real vrs estándar.	Distancias de materiales.	4	3	2	83	
7	Ciclo real vrs estándar.	Desajustes en máquina	3	3	3	81	
8	Ciclo real vrs estándar.	Fallas de máquina	3	3	2	73	
9	Ciclo real vrs estándar.	Falta de entrenamiento efectivo	3	3	2	73	
10	Ciclo real vrs estándar.	Alteración de parámetros	3	2	3	72	
11	Ciclo real vrs estándar.	Cálculo de estándar	3	2	3	72	
12	Ciclo real vrs estándar.	Inadecuado ingreso de parámetros	3	2	2	64	
13	Ciclo real vrs estándar.	Descoordinación en el armado de llantas.	2	2	2	54	

Fuente: Grupos multidisciplinarios departamento de armado.

En cuanto a demoras por la diferencia de ciclo real vs el estándar el grupo de mejora CFT's determinan como principales causas:

- los materiales no conformes que llegan al departamento de armado los cuales impactan fuertemente el tiempo y por ende el porcentaje de *bekido*.
- las dimensiones de los parámetros que se programa la máquina son inadecuados o muy cerrados, lo que puede alargar el ciclo hasta en 30 segundos.
- Las faltas de estándares para los principales cambios de materiales inciden con mayor frecuencia en los tiempos de paro y falta de estándares para la aplicación correcta de los materiales y en el tiempo establecido.
- Algunos de los movimientos que realiza el operador son innecesarios y las distancias entre algunos materiales y el operador se pueden mejorar para que los tiempos de ciclo se acorten.
- Los desajustes en máquina impiden la secuencia del mismo ciclo, es decir, es importante que los movimientos (hidráulicos y neumáticos) que la máquina realiza sean fluidos para que no alarguen el tiempo de ciclo.

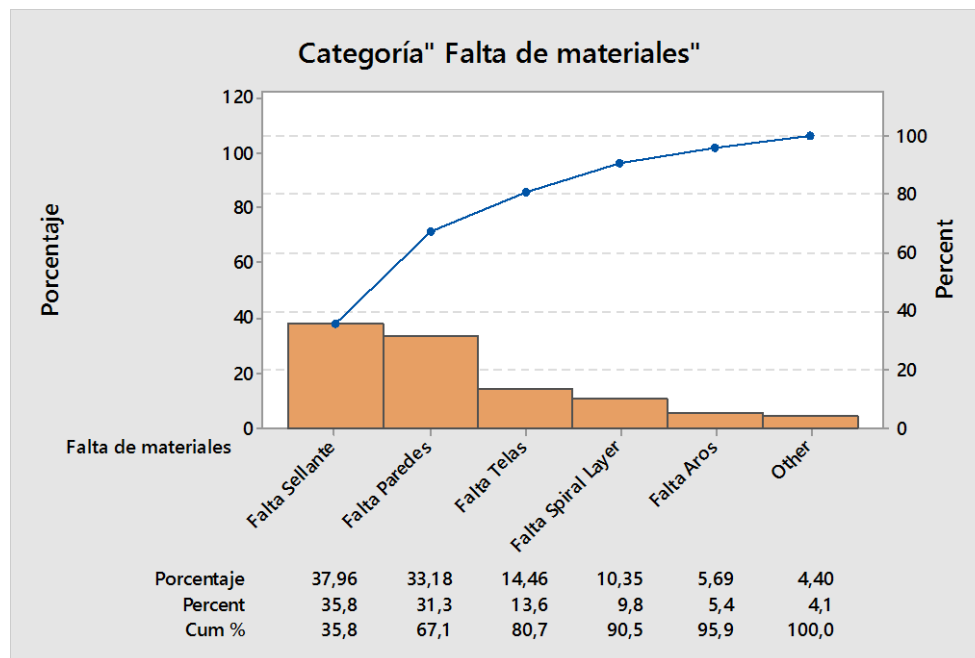
#### 4.6.1.4. Falta de materiales.

A continuación, se presenta una tabla con los diferentes materiales del departamento de armado y las horas de *bekido loss* que se obtuvieron durante los 5 meses en estudio de mayo a setiembre del 2016.

**Tabla 11: Categoría falta de materiales.**

Falta de materiales	Horas	%
Falta Sellante	1,14	37,96
Falta Paredes	1,00	33,18
Falta Telas	0,25	14,46
Falta Spiral Layer	0,31	10,35
Falta Aros	0,17	5,69
Falta Rodado	0,09	2,87
Falta Filler	0,05	1,53

Fuente: Datos extraídos del sistema Traksys 2016, elaboración propia Excel.

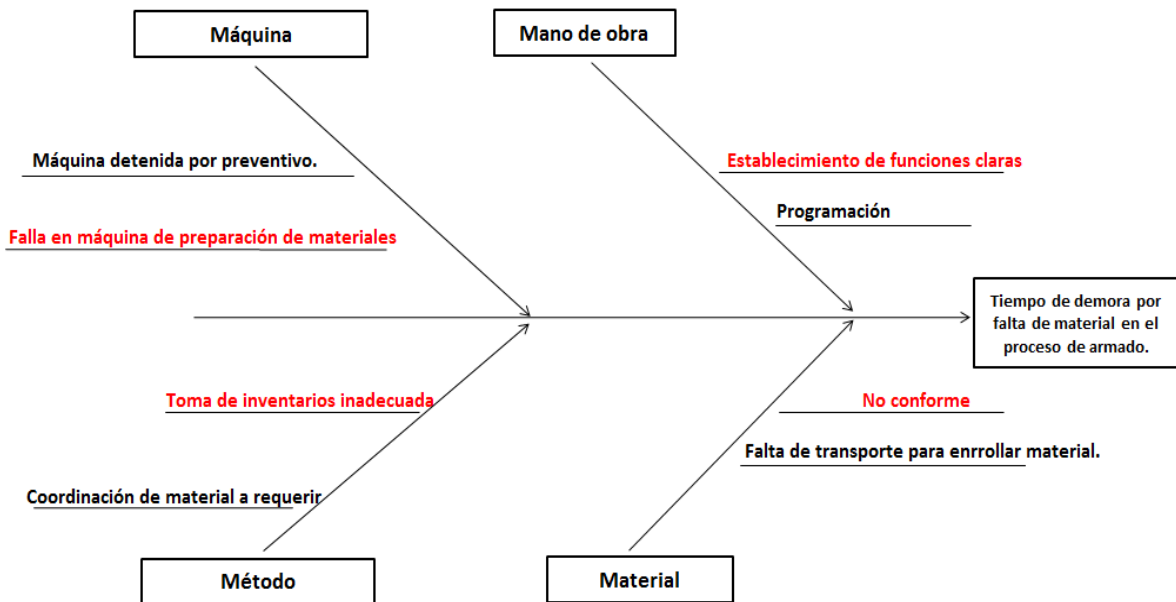


**Gráfico 10: Categoría "Falta de materiales".**

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, 2016.

Dentro de la categoría “Falta de materiales” las demoras que representan el 80% del pareto corresponden a faltantes de sellante, paredes y telas requeridos en el proceso de armado.

### **Análisis de causa efecto de la demora por falta de material.**



**Figura 34: Diagrama de Ishikawa, demoras por falta de material.**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según el análisis causa-efecto se presentan las siguientes causas que influyen ante la demora por falta de materiales:

- **Máquina:** una de las causas de paro de las máquinas de preparación de materiales se da por mantenimiento preventivo, esto provoca faltante de materiales en el proceso de armado, aunque este tiempo ya debe de estar contemplado en ocasiones se sale fuera de control. Si las máquinas de preparación de materiales fallan se atrasa el proceso de armado.
- **Mano de obra:** el departamento de programación de la producción es el encargado de establecer la cantidad de materiales requeridos en cada máquina para el armado de llantas, se han presentado fallas o errores por parte de este departamento que provoca un faltante de materiales.

Otra de las causas es el establecimiento de funciones claras, pues los auxiliares deben de suministrar al departamento de armado los materiales por utilizar, para esto deben de realizar inventario todos los días para evitar faltantes, sin embargo, muchas veces no lo realizan esperando a que el departamento de programación lo realice pues estos no tienen un recorrido establecido, sino que cada persona busca realizar inventario de los materiales que sean de las máquinas que tienen a cargo.

- **Material:** el material que ingresa al departamento de armado que no cumple con las especificaciones, se identifica como no conforme, se rechaza para que no se pueda utilizar, causando un atraso en la máquina de armado por falta de materiales. Dependiendo de la no conformidad el material se deja pasar, como lo es muchas veces, el caso del material sellante ondulado según la ondulación se deja pasar a su utilización. También se tiene como causa la falta de transportes para enrollar los materiales que son enviados al departamento de armado lo que provoca que los materiales no lleguen a tiempo y el operador deba justificar la demora como faltante de materiales.
- **Método:** los auxiliares no aseguran la toma física de los inventarios de las estaciones de trabajo y muchas veces no los completan esperando los inventarios emitidos por el departamento de programación, esto provoca el paro de las máquinas por falta de los materiales requeridos, mientras que los programadores deben realizar toda la lista de códigos que se encuentren en el proceso y les corresponde realizar la programación.

Mediante los CFT'S se realizó una matriz para elegir las causas más probables por medio de una puntuación como observa en la tabla 12.

***Tabla 12: Matriz causa-efecto por falta de materiales.***

Matriz de causa-efecto.						
Importancia relativa.			10	9	8	Total
Requerimientos del cliente			Tiempo	% de bekido	Calidad	
Item #	Paso del proceso	Entradas				
1	Falta de material	Material no conforme	5	5	5	135
2	Falta de material	Toma de inventarios inadecuada	5	4	3	110
3	Falta de material	Fallá en máquina de preparación de materiales	4	4	4	108
4	Falta de material	Establecimiento de funciones claras	4	4	4	108
5	Falta de material	Máquina detenida por preventivo	3	3	3	81
6	Falta de material	Programación	2	2	2	54
7	Falta de material	Coordinación de material a requerir	2	2	2	54
8	Falta de material	Falta de transporte para enrollar material	2	2	2	54
9						0

Fuente: Grupos multidisciplinarios departamento de armado.

En cuanto al análisis de las demoras por falta de materiales el grupo de los CFT determina las principales causas, que se mencionan a continuación.

- Una de ellas es el material no conforme que se utiliza para ensamblar las llantas, pues una vez que este se identifica como defectuoso no se puede utilizar y el tiempo de respuesta para reponerlo es lento, por lo cual el operador justifica el paro de máquina como falta de materiales.
- Otra de las causas es la forma inadecuada en cómo se realiza el levantamiento del inventario por parte de los auxiliares, debido a que no completan el recorrido para asegurar la toma física de todas las estaciones de las máquinas para determinar los materiales requeridos, los operadores reportan paro de máquina por falta de material disponible o porque no cuentan con la cantidad requerida. Además, se presenta que algún auxiliar no realiza el inventario, esperando el que emite el departamento de programación de la producción, provoca que en ese lapso se detengan las máquinas. El establecimiento de funciones no es claro, pues mientras el programador invierte entre 2 o 3 horas en realizar el inventario de todos los

códigos que le corresponde programar, el auxiliar solo realiza inventario de los materiales o códigos que requieren las máquinas para producir.

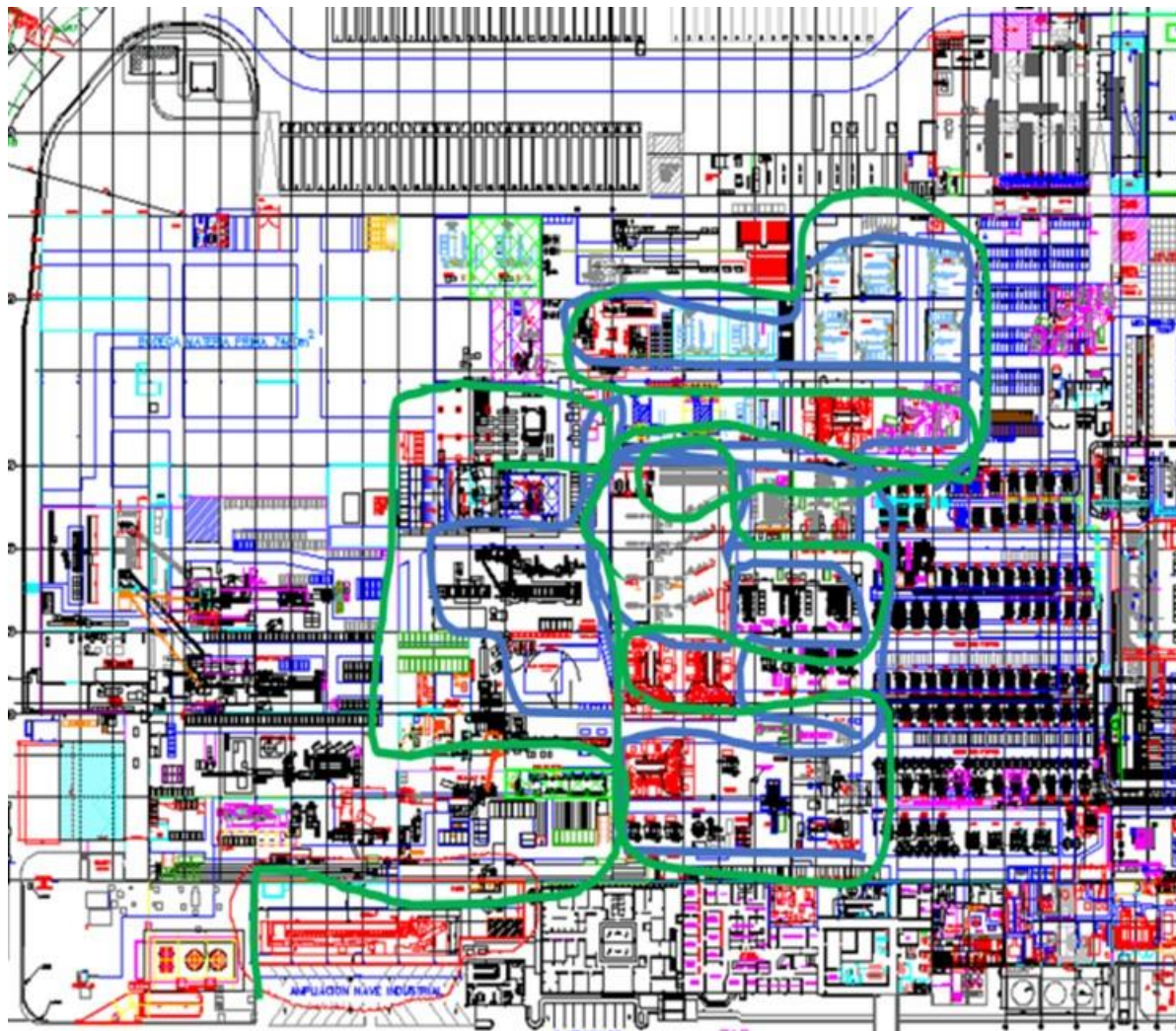
- Si las máquinas de preparación de materiales presentan fallas y tienen que ser detenidas, se genera un atraso en el departamento de armado por falta de materiales.

			#	CODIGO	CODIGO	F-788-10 RO TOT PROGRA.	HRS HOMBRE	HRS HOMBRE	CARCAZAS	INV	INV	04/11/2016 14:49		
Cantidad molde	# espec	ciclo	vulca	LL VERDE	CARCASA	11885	HRS 1 TUR	HRS 11 TUR	8 HRS	CARC.	LLVE.	I Turno	MODI	II Turno
KBN9														
6	0381-0	23	354	8980	8979	LT 245/75 R17 TRANSFORCE HT	9,4	9,4	198		21	165		165

**Figura 35: Cédula programa de armado.**

*Fuente: Elaboración propia, 2016*

La figura 36 representa la distribución de los departamentos en los cuales se realiza el inventario y se aprecia que el recorrido de los auxiliares es igual al recorrido que hacen los programadores, es una razón de que la toma de inventarios no sea la adecuada y que las funciones no están claras por parte de las 2 partes. El tiempo promedio aproximado de recorrido es de 2,30 horas por operador según el recorrido que tenga que programar, el encargado del área de armado del departamento de ingeniería industrial suministra estos tiempos y mantiene un estudio que consta de 30 observaciones.



Recorrido 8 auxiliares

Recorrido 4 programadores

**Figura 36: Recorrido de inventario.**

Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016.

## 4.7. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE CAUSAS

- 1- El análisis de las principales demoras que afectan directamente el porcentaje de *bekido*, se realiza para el período comprendido de mayo a setiembre 2016, durante este tiempo el porcentaje de *bekido* ha tenido una tendencia de crecimiento de mayo a setiembre, sin embargo, el porcentaje más alto obtenido es de un 64.3% de *bekido* en setiembre 2016. La meta establecida por la empresa está entre un rango de 68-72% de *bekido*
- 2- De acuerdo con el análisis de los datos obtenidos en el MSA por atributos, la confiabilidad de los sistemas *traksys* y *bekido* corresponde a un 95% y confirma que la información que registran los operadores es veraz.
- 3- Del análisis de las principales demoras que afectan el porcentaje de *bekido*, se obtuvieron las siguientes categorías y dentro de cada una las principales causas:

a. Categoría tiempo de demora por diferencia entre el tiempo de ciclo real vs estándar:

A esta categoría le corresponde un 25% del total de los paros contemplados en el pareto, según el análisis realizado el ciclo real se encuentra fuera de los límites de control, por lo cual se debe trabajar en optimizar el tiempo de ciclo de la máquina KBN9 para que se encuentre entre los límites de control y se aproxime al tiempo estándar establecido.

Las principales oportunidades de mejora identificadas por los CFTS son la falta de estándares en los cambios de materiales principalmente de telas, paredes, sellantes y capas, falta de control del producto no conforme generado en las máquinas de preparación de materiales, disminución de parámetros en máquina y disminución de tiempos de ciclo, para ello se identificó mediante diagrama hombre máquina varias oportunidades de mejora a nivel técnico y de métodos.

b. Categoría tiempo de demora por problemas de materiales:

A esta categoría le corresponde un 22.2% del total de paros contemplados en el pareto, se concluye que las principales causas que generan los problemas de materiales son: antigüedad de las máquinas, falta de

mantenimiento preventivo, transportes inadecuados y mala dosificación de materiales.

Según el pareto realizado de producto no conforme, los materiales que presentan mayores defectos son:

- Sellante con un 28.6 % y sus principales causas son las ondulaciones del material y puntas levantadas, lo que provoca arrastramiento del material a la hora de realizar los cortes.
- Spiral Layer con un 27.4 % donde sus principales causas son las malas uniones del material por parte del operador y mal *set up* de las cuchillas, lo que provoca que el material se reviente cuando es utilizado en el departamento de armado.
- Paredes con un 25.1%, su principal causa es el transporte que provoca el “efecto banana” en el material y a la hora de la utilización en el departamento de armado la cuchilla no realiza bien el corte y genera pegas.

c. Categoría otras demoras:

A esta categoría le corresponde un 19.4% del total de paros contemplados en el pareto, según el análisis realizado los dos paros que contribuyen son:

- Tiempo de demora por bajar llantas que corresponde a un 42.1 % de la categoría de otros, su principal causa es la mala distribución de funciones y falta de un descargador automático para que el operador no tenga que detener la máquina cada vez que el *conveyer* esté lleno.
- Tiempo de demora por falla del código de barra que corresponde a un 35.2% de la categoría de otros y su principal causa se da por una inadecuada infraestructura informática.

d. Categoría de demora por falta de materiales:

Según el pareto de demoras la falta de materiales corresponde a un 11.1% del total y se presenta principalmente por los problemas con materiales no conformes, por la toma de inventarios inadecuada y fallas en las máquinas de preparación de materiales. Los materiales que faltan con mayor frecuencia en el departamento de armado son:

- Sellante con un 35.8 %.
- Paredes con un 31.3%.
- Telas con un 13.6%.

El proyecto se enfoca en disminuir las demoras mencionadas anteriormente enfocándose en las causas identificadas por cada tipo de paro, con el fin de mejorar el porcentaje de *bekido* y poder alcanzar el porcentaje que establece la casa matriz.

**CAPÍTULO V:  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE  
LA SOLUCIÓN.**

Mediante el análisis de las principales causas de los tiempos de paro realizado en el capítulo anterior, se procede al desarrollo de propuestas que corresponden a mejoras en el departamento de armado, específicamente en la máquina KBN2#9 y corresponden a mejoras en los estándares de trabajo, tiempos de ciclo, mantenimiento de la máquina, instalación de nuevos sistemas en máquina y nuevos recorridos para realizar inventarios. Las cuales se realizaron en conjunto con el grupo multidisciplinario y fueron autorizadas por la gerencia de producción.

### **5.1. PROPUESTAS DE MEJORA EN LOS MÉTODOS Y ESTÁNDARES DE TRABAJO PARA DISMINUIR EL TIEMPO DE CICLO DE LA MÁQUINA KBN2#9.**

Dentro del tiempo de ciclo real de cada operador se toman en cuenta tres puntos muy importantes como suplementos, el tiempo por cambios de materiales en la máquina, el tiempo que utilizan para bajar llantas y el tiempo considerado por fatiga o descanso (cyokoteis).

El tiempo de demora de bajar llantas se encuentra dentro de la categoría de otros, pues así se justifica en máquina, sin embargo este punto se contempla dentro del ciclo total de cada operador es por esta razón que debe ser considerado directamente en esta propuesta.

Como parte inicial de la propuesta de mejora, se realizó el cálculo del *takt time* para determinar el ciclo requerido de la máquina y poder cumplir con la meta establecida. En el siguiente cuadro se observa el *takt time* de la máquina KBN2#9:

***Tabla 13: Cálculo del takt time.***

TAKT TIME KBN2#9	
Tiempo disponible total	79200 seg
Bekido	70%
Tiempo disponible de bekido	55440 seg
Cantidad requerida /llantas	330 llantas
Ciclo requerido	2.8 min
Tiempo estándar	2.3 min
Cambio de materiales	0.35 min
Bajar llantas	0.26 min
Fatiga/Cyokoteis	0.4 min
Tiempo total	3.31 min
Tarifa actual de llantas	18 llantas/hora

Fuente: Ingeniería Industrial Bridgestone Costa Rica.

El tiempo total disponible es de 79200 segundos que corresponden a 22 horas de trabajo por día, si se lleva el *bekido* total a un 70% y la cantidad de llantas a 330 unidades aproximadamente que es lo requerido para el cumplimiento del *ticket*, el tiempo disponible corresponde a 55440 segundos (cálculo realizado por regla de 3).

Según los datos anteriores, el tiempo requerido para cumplir el ciclo es de 2.8 minutos para poder producir 330 llantas, en donde se contemplan suplementos por cambio de materiales, bajar llantas y tiempos por fatiga y descanso.

El tiempo estándar corresponde a 2.3 minutos, es el tiempo normal de la operación y es establecido por producción (tiempo puro sin suplementos) pero a este se le deben agregar varios suplementos, como el tiempo por cambios de materiales, pues esto solo lo puede realizar el operador, porque la máquina cuenta con cortinas de seguridad y al ingresar en las mismas pasa a modo manual, es decir, si alguna persona llega a realizar los cambios de materiales el operador de la máquina no va a poder seguir trabajando, pues se va a detener, es por esta razón que el mismo operador realiza esta función.

Además, se deben considerar los tiempos de fatiga y cyokoteis (tomar agua, algún ajuste rápido en máquina, ir al baño) y como suplemento a considerar se tiene el tiempo en la operación de bajar llantas del *conveyer* a la carreta, la cual es

realizada por el operador. Los tiempos destinados a los factores mencionados son establecidos por la empresa y se determinan de la siguiente forma:

**Cambio de materiales:** se calcula tomando el largo que tiene cada rollo de material y se divide entre el largo que requiere cada llanta del componente para obtener las llantas por rollo de material, este resultado se divide entre el tiempo total del cambio de material para sacar los minutos por llanta. Los tiempos de cambio de materiales son suministrados y elaborados por el departamento de Ingeniería Industrial, estos tiempos de cambio ya están definidos, pues los rollos siempre traen la misma cantidad de material.

El cálculo del factor cambio de materiales, se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 14: Calculo de cambios de materiales.**

<b>TIEMPOS DE CAMBIO</b>				
	<b>Tiempo de cambio</b>	<b>Llantas por rollo</b>	<b>Tiempo por Llanta</b>	
I Tela	2,9	140	0,02	
2 Tela	2,9	139	0,02	
Pared(Negra)	2,7	62	0,04	
Pared(Negra)	2,7	62	0,04	
S.LAYER	3,4	43	0,08	
Sellante	3	77	0,04	
I CAPA	2,8	106	0,03	
II CAPA	2,8	101	0,03	
FILLER	3,6	75	0,05	
<b>T.T.Cambios</b>			0,35	<b>min</b>

*Fuente: Ingeniería Industrial Bridgestone Costa Rica.*

**Bajar llantas:** se calcula dividiendo el tiempo aproximado en bajar llantas que corresponde a 2.72 minutos tiempo suministrado por el departamento de Ingeniería Industrial calculado por el encargado de área por medio de un estudio de tiempos, entre la cantidad de llantas que tiene capacidad el *conveyer* el cual corresponde a 15, más la sumatoria de 8 segundos correspondientes a movimientos efectuados por el operador.

**Fatiga y cyokoteis:** este aspecto está establecido para Bridgestone de Costa Rica, existe una directriz de como calcularlo y representa el 2% con respecto al ciclo establecido que corresponde a un factor de 0.46%.

El tiempo de ciclo real corresponde a 3.31 minutos, en el cual se suman los factores mencionados anteriormente por cambio de materiales, fátiga y cyokoteis y por bajar llantas para una producción actual de 18 llantas por hora.

Se determina que el tiempo de ciclo real está por encima del tiempo de ciclo requerido en 0.51 minutos, por lo que las propuestas de mejora se enfocan a trabajar en la estandarización de los cambios de materiales debido a que en ocasiones el operador realiza funciones del auxiliar aumentando este tiempo, se trasladó la actividad de bajar llantas del operador a el auxiliar para disminuir el tiempo de ciclo de la máquina con ayuda del departamento técnico y de mantenimiento y el factor fatiga y cyokoteis se mantiene.

### **5.1.1. Mejoras técnicas en la máquina KBN#9 en las etapas KB y N para disminuir los tiempos de ciclo.**

Una vez diseñado el *takt time* se analiza el *value stream map* realizado en el capítulo IV, se extrae que el porcentaje de *bekido loss* de la máquina se centra en el lado KB y N. Partiendo de estos resultados y del análisis de causas se plantean propuestas de mejoras en los tiempos de ciclo y en los estándares de cambios de materiales.

En el diagrama Hombre-Máquina desarrollado en el análisis de causas del capítulo anterior, ver figura 33, se identificaron oportunidades por desajustes técnicos y falta de estándares de métodos en la máquina KBN2#9, para lo cual se plantean las siguientes propuestas de mejora:

#### **1. Ajuste en el estichado de telas y paredes**

El proceso de estichado de telas y paredes se encuentra en la primera etapa del proceso, y su función es sacar el aire y asegurar la unión de los materiales para evitar las ampollas.

En conjunto con el departamento técnico, se propuso abrir los *estichers*, es decir que las posiciones de los mismos empiecen a una distancia mayor que como se presenta normalmente (las medidas varían dependiendo del parámetro) y utilizar el rodillo del centro como se muestra en la figura 37 para sacar el aire y evitar ampollas en las llantas.



**Figura 37: Rodillo del centro.**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016.*



**Figura 38: Estichers.**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016.*

Se describen algunos aspectos por considerar en el proceso de estichado que afectan el tiempo de ciclo:

- cuando se coloca las paredes la máquina realiza de nuevo la función de estichado.

- se realizan pausas de estichado cuando se tiene definido que la unión de los materiales es compleja y necesita de más tiempo.

En la tabla 15 se muestran los parámetros y las medidas referentes a la posición en las que se encontraban los estichados antes de la propuesta:

**Tabla 15: Estado inicial estichados.**

<b>Parámetros</b>	<b>Medidas (mm)</b>
Inicio estichado atadura	100
Fin estichado atadura	486
Inicio estichado pared	160
Pos media estichado pared	100
Pausa inicio pared	2 seg
Pausa mitad pared	2 seg
Retardo final pared	2 seg

*Fuente: Departamento técnico, Bridgestone Costa Rica.*

Al modificar los parámetros, los tiempos de estichado disminuyen porque van a empezar en una posición distinta a la anterior. Con esta modificación se ahorra 12 segundos del tiempo de ciclo. En la tabla 16 se observa las medidas de los parámetros una vez modificados.

**Tabla 16: Propuesta estichados.**

<b>Parámetros</b>	<b>Medidas (mm)</b>
Inicio estichado atadura	380
Fin estichado atadura	486
Inicio estichado pared	300
Pos media estichado pared	300
Pausa inicio pared	1 seg
Pausa mitad pared	1 seg
Retardo final pared	1 seg

*Fuente: Departamento técnico, Bridgestone Costa Rica.*

Con la puesta en marcha de la propuesta, se ahorran 12 segundos del ciclo total. (Ver anexo 5, 6 y 7) En la siguiente tabla se presentan los tiempos de ciclo antes y después de los ajustes de estichados de telas y paredes:

**Tabla 17: Tiempos de ciclo antes y después de ajustes de estichados de telas y paredes.**

Operación	Antes	Después
Ajustes de estichados de telas y paredes.	31,17 seg	19,18 seg

*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

## **2. Estandarizar el método de unión y corte de telas y unión de paredes.**

Se propone un nuevo estándar para el corte y unión de telas y paredes, como se puede observar en las figuras 41 y 42.

Con la estandarización, se trabajaron los tiempos de estichado pues los operadores estichan los materiales de telas y paredes más veces de las indicadas con el fin de que estos queden bien sellados y los materiales no se abran durante el proceso o provoquen ampollas. Para que un material quede bien sellado solo es necesaria la pasada del esticher 2 veces, en muchas ocasiones el ciclo aumenta hasta en 10 segundos por la mala realización del estichado.

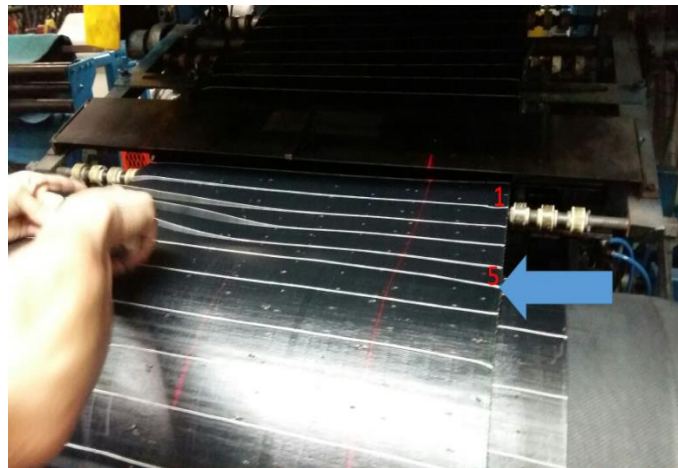
En cuanto al corte de tela según la especificación de cada llanta, se modificó el giro en grados de este parámetro del tambor para aplicar la tela y fue el departamento técnico el encargado como se puede observar en la figura 39. Este parámetro se bloqueó de manera que el operador de la máquina no pueda manipularlo para la tela 1 el parámetro se establece en un giro de 350 grados y para capa 2 se establece un giro de 355 grados.

Se debe realizar el corte como se muestra en la figura 40 dejando 3mm para asegurar la unión y este calce a la hora de unirse. Si se realiza de una forma incorrecta el corte el operador debe quitar la tela y volverla a montar, lo cual provoca que se eleve el tiempo de ciclo.



**Figura 39: Seteo de parámetros de aplicación de tela.**









*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*



**Figura 40: Corte de tela.**









*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016.*

Hay que recalcar que estas mejoras fueron validadas con el departamento de producción y técnico y se verificaron las mejoras en el tiempo de ciclo, además fueron comunicadas a los supervisores de áreas y deben de seguir los pasos establecidos en los estándares para poder obtener resultados en la disminución en el tiempo de ciclo. Los estándares de unión de paredes y corte y unión de telas se realizaron en conjunto con el departamento de Suru Raku encargados de crear todos los estándares y mejora continua en los procesos.

<b>Código:</b> MT131001	<b>Estado:</b> Monitoreo		
<b>Revisión:</b> 0	<b>Nombre:</b> Unión de pared		
<b>Tipo:</b> Ensamble	<b>Fecha Creación:</b> 07/09/2016		
<b>Departamento:</b> Armado	<b>Usuario Creación:</b> Janet Rodriguez		
<b>Máquina:</b> Kbn's	<b>Fecha Actualización:</b>		
<b>Área:</b> -	<b>Usuario Actualización:</b>		
	<b>Revisión:</b> Carlos Marín		
<b>Ítems corresponden a la Revisión: 0</b>			
<b>Tiempo de actividad(seg):</b> 9,28			
# de Ítem	Ítem	Descripción del ítem	Imagen asociada
1	Unir pared derecha y colocar código de barras	Se debe unir la pared derecha a tope	
2	Unir pared izquierda	Se debe unir la pared izquierda a tope	
3	Tomar esticher	Se toma el esticher que se encuentra al lado izquierdo del tambor	
4	Estichar pared derecha	Se debe estichar la unión 2 veces para evitar que se abra	
5	Estichar pared izquierda	Se debe estichar la unión 2 veces para evitar que se abra	
6	Guardar esticher y dar ciclo	Colocar esticher en el lugar correspondiente y dar ciclo para el siguiente paso	
			

**Figura 41: Estándar de unión de paredes.**

Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016.

<b>Código:</b>	MT131001	<b>Estado:</b>	Monitoreo
<b>Revisión:</b>	0	<b>Nombre:</b>	Corte y unión de tela
<b>Tipo:</b>	Ensamble	<b>Fecha Creación:</b>	07/09/2016
<b>Departamento</b>	Armado	<b>Usuario Creación:</b>	Janet Rodriguez
<b>Máquina:</b>	Kbn's	<b>Fecha Actualización:</b>	
<b>Área:</b>	-	<b>Usuario Actualización:</b>	
		<b>Revisión:</b>	Carlos Marín
<b>Ítems corresponden a la Revisión: 0</b>		<b>Tiempo de actividad(seg):</b>	10,8
# de Ítem	Ítem	Descripción del ítem	Imagen asociada
1	Parámetros	Setear los grados de giro para aplicar la tela según especificación de la llanta.	
2	Tomar cuchillo	El operador debe tomar el cuchillo que se encuentra al lado izquierdo del tambor para realizar el corte de tela.	
3	Corte de tela	Se debe cortar la tela en el 5to hilo según imagen, para que quede una unión de 3mm con el gancho del cuchillo.	
4	Unir tela	Se debe unir la tela por todo el largo asegurando los 3mm en la unión	
5	Estichar unión de tela	Se debe estichar con una pasada la unión para sacar el aire de la misma	
6	Dar ciclo	Se presiona el botón de ciclo para el siguiente paso	
			

**Figura 42: Estándar de corte y unión de telas.**

Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016.

Al estandarizar la unión de paredes y el corte y unión de telas, se ahorra 10 segundos del ciclo total. (Ver anexo 8 y 9) En la siguiente tabla se presentan los tiempos de ciclo antes y después de la propuesta de mejora.

**Tabla 18: Tiempos de ciclo antes y después del estándar de telas y paredes.**

Operación	Antes	Después
Cortar y unir telas	11,28 seg	9,28 seg
Unir paredes	18,8 seg	10,8 seg

*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

### **3. Eliminar la actividad de colocar el número de armador.**

La propuesta para este punto consistió en eliminar la colocación del número de armador en el sellante, anteriormente se realizaba con el fin de poder identificar con facilidad el lote y el armador ante una situación de reclamo o bien ante la necesidad de obtener información del proceso. Esta función se eliminó del todo, pues la llanta también lleva un código de barra la cual a la hora de escanearse arroja toda la información necesaria para identificar el número de armador, el lote y las horas en las que esta fue producida.

Con la eliminación de este número, se logra mejorar el tiempo de ciclo en 2 segundos pues se elimina del todo y el costo del proceso en \$4.000 anuales por máquina al ahorrar la compra de las etiquetas con número de armador.



**Figura 43: Colocación de número de armador.**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*

Al eliminar la colocación del número de armador, se ahorra 2 segundos del ciclo total. (Ver anexo 10) En la siguiente tabla se presenta el tiempo de ciclo antes y después de la propuesta de mejora:

**Tabla 19: Tiempos de ciclo antes y después de la eliminación del número de armador.**

<b>Operación</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
Colocar #de armador y código de barras	7,5 seg	5,5 seg

*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

#### **4. Mantenimiento del portaceja interno para aumentar la velocidad neumática.**

En conjunto con el departamento de mantenimiento se realiza revisión de la máquina y se determina que en la salida del portacejas interno se traba cuando sale a recoger las cejas que se colocan a los lados de la llanta, el cual funciona de forma neumática, es decir, por medio de unas mangueras que expulsan aire a presión para la movilidad de la máquina.

La propuesta consiste en ajustar con mantenimiento la salida del mismo, se cambiaron las mangueras de aire por unas de mayor dimensión para un mayor flujo, con este se logra incrementar la velocidad de salida y así eliminar las trabas que se generaban a la hora de salir el portacejas interno. El cambio de mangueras y seguimiento de esta propuesta se realizó a nivel interno, con mecánicos y eléctricos del taller de división de armado por lo cual no se cuenta con documentación referente a este ajuste, los gastos en los que se incurrió fueron la compra de las nuevas mangueras a utilizar y la reserva que tiene que quedar en la bodega de repuestos para futuros mantenimientos los cuales corresponden a \$1.000.



**Figura 44: Salida del portacejas interno.**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*

Al darle mantenimiento al portaceja interno de la máquina, se reduce en 3 segundos el ciclo total. En la siguiente tabla se presentan los tiempos de ciclo antes y después de la propuesta de dar mantenimiento del portaceja interno para aumentar la velocidad neumática:

**Tabla 20: Tiempos de ciclo antes y después de dar mantenimiento a Portaceja interno en máquina.**

Operación	Antes	Después
Portaceja interno	6,93 seg	3,93 seg

*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

##### **5. Mejora en el desplazamiento del operador para colocación de los aros en la aplicadora de filler.**

Para disminuir los tiempos de ciclo en cuanto a la aplicadora filler, en conjunto con el departamento de mantenimiento se construyó una estructura metálica entre la aplicadora y la estructura donde se colocan los aros para facilitar que el operador pueda tener acceso a los mismos a una distancia corta.

El auxiliar es el encargado de suministrar los aros a cada máquina armadora, su función es colocarlos en la estructura grande que se encuentra frente a la máquina. Anteriormente el operador tenía que tomar los aros uno por uno de la

estructura donde el auxiliar coloca los aros y llevarlos a la aplicadora filler, la estructura correspondiente a la propuesta tiene una capacidad de 50 aros, que corresponden a 25 llantas, lo que facilita la operación para el operador y se disminuye el tiempo de ciclo en 3 segundos. La estructura se encuentra a 40cm aproximadamente de la aplicadora filler, lo que acorta los movimientos del operador, el cual solo debe volverse y colocar los aros.



**Figura 45: Aplicadora Filler.**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*



**Figura 46: Aplicadora filler con estructura.**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*

El construir una estructura para colocar los aros tiene como objetivo una distancia más corta para que el operador los tome y coloque en la aplicadora de

filler, se reduce el tiempo en 3 segundos del ciclo total. En la siguiente tabla se presentan los tiempos de ciclo antes y después de la construcción de una estructura metálica para la aplicadora filler:

**Tabla 21: Tiempos de ciclo antes y después de construcción de estructura metálica para la aplicadora filler:**

Operación	Antes	Después
Aplicadora Filler	16,13 seg	13,13 seg

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En resumen los tiempos de hombre-máquina antes y después de las mejoras propuestas se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla 22: Tiempos de ciclo antes y después de las propuestas.**

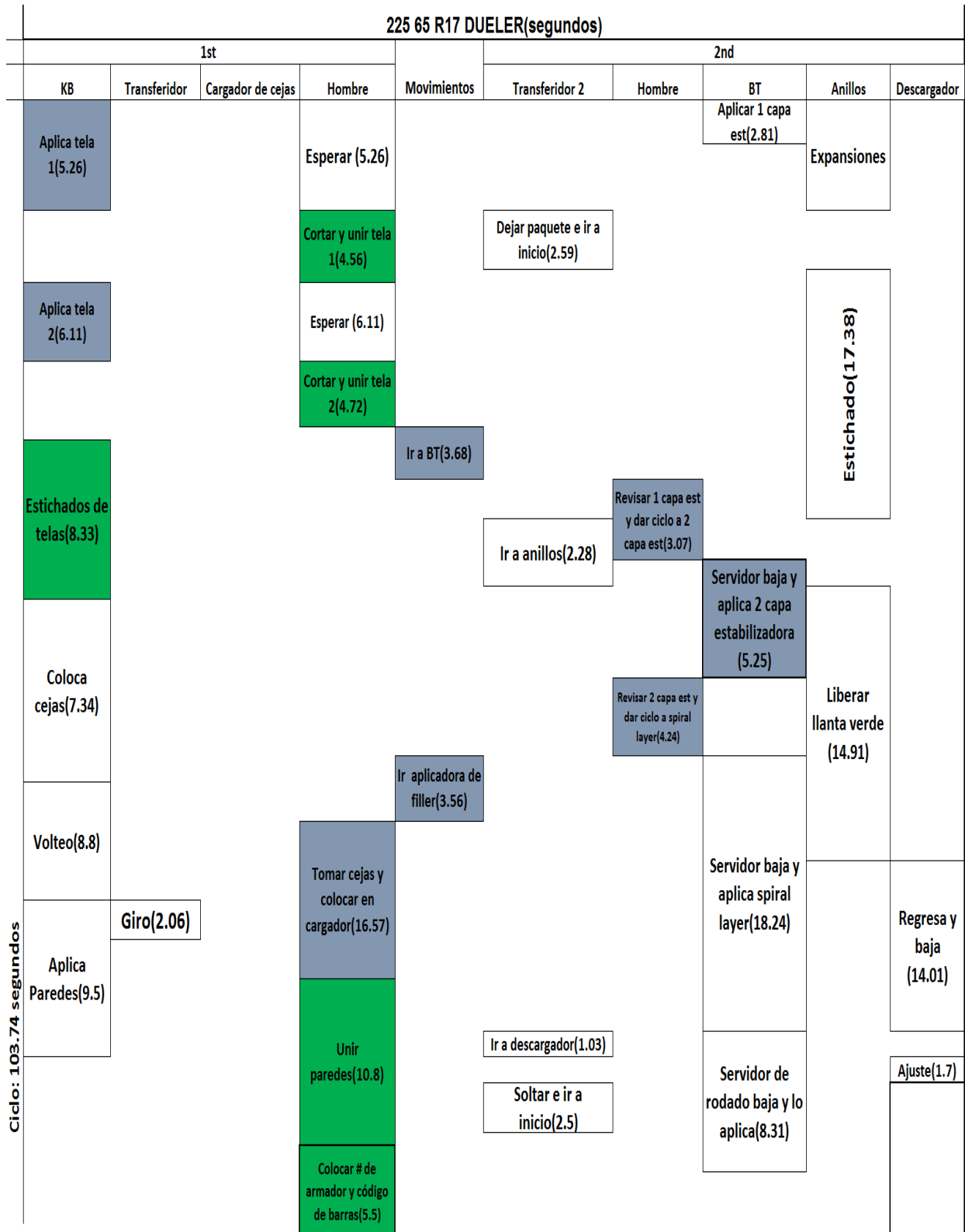
Operación	Antes	Después
Cortar y unir telas	11,28 seg	9,28 seg
Estichados de telas	12,32 seg	8,33 seg
Unir paredes	18,8 seg	10,8 seg
Colocar #de armador y código de barras	7,5 seg	5,5 seg
Estichado de paredes	18,85 seg	10,85 seg
Portaceja interno sale	6,93 seg	3,93 seg
Aplicadora Filler	16,13 seg	13,13 seg

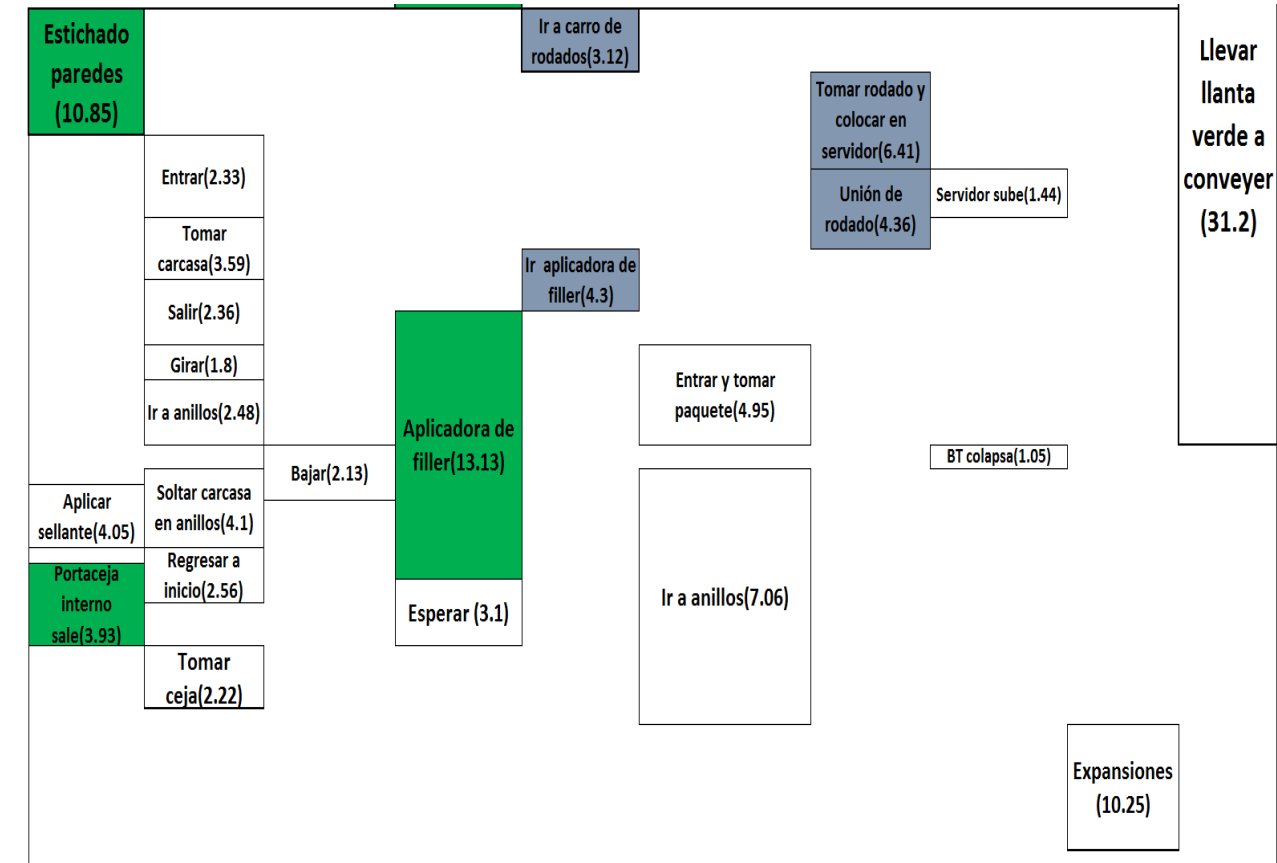
Fuente: Elaboración propia, 2016.

El departamento de Ingeniería Industrial es el encargado de controlar semanalmente estos tiempos, con el fin de que siempre se mantengan o se minimicen.

Anteriormente los tiempos de ciclo correspondían a 137.06 segundos, mediante las mejoras y propuestas realizadas el tiempo de ciclo mejoró en 33.32 segundos. Los nuevos tiempos en total del ciclo son representados en el diagrama hombre máquina como se puede observar en la figura 47 donde las casillas señaladas en color verde representan las mejoras propuestas. El diagrama H-M contiene los procedimientos de primera etapa, segunda etapa y los movimientos generados por el operador, así como los tiempos de espera mientras la máquina realiza el procedimiento de armado de llanta verde.

103.74 segundos de ciclo





**Figura 47: Diagrama hombre máquina actual.**

*Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, 2016.*





### 5.1.2. Estandarización en los cambios de materiales en la máquina KBN2#9.




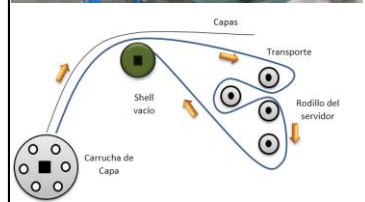
Una vez realizado el *takt time* se determina la disminución de los tiempos de cambio de materiales, se procede a establecer estándares de trabajo para lo cual el departamento de Ingeniería Industrial debe dar seguimiento por medio del sistema *traksys*. El proceso de estandarización de los cambios se realiza para los materiales que representan más tiempo para el operador: las capas, telas, sellantes y paredes, los cuales fueron determinados en el capítulo de diagnóstico. Se debe aclarar que los materiales que corresponden a capas y paredes se colocan dos veces en la elaboración de materiales, es decir existe capa 1 y Capa 2, y dos paredes estabilizadoras.

En la figura 48 se presenta la estandarización para capas estabilizadoras, el operador debe seleccionar la capa estabilizadora que va a utilizar, sea capa 1 o

capa 2 una vez seleccionado, compara la trazabilidad que se encuentra en el material versus el código de material especificado según la medida montada en máquina. Se selecciona el carro por utilizar para montar el material y se coloca la carrucha en la guía base, una vez que se monta el carro se debe colocar el pasador en el extremo que queda fuera de la carrucha, por seguridad se hala el carro con la carrucha para asegurar montaje. Una vez instalado, se debe enhebrar la capa por los rodillos para su utilización.

La estandarización de telas y sellantes se realiza de la misma manera, por ser un material muy parecido como se puede observar en la figura 49. El carro que contiene el material debe de estar en la zona demarcada, con el fin de que una vez que se necesite realizar el cambio de material el operador solo deba de tomarlo y colocarlo. Como primer punto, el operador debe de sacar el casete sin material (estructura donde se coloca los materiales) y colocarlo en la zona demarcada de almacenamiento, al cual se le coloca una barra para separar el material sellante o telas del transporte y sacar el material para poder hacer la unión de materiales en la máquina. Se ingresa el nuevo casete y el operador debe guiar el material presionando el botón, se hace la unión con el enhebrado en máquina para que el operador presione el botón de avance para dejar material con lazo.

<b>Código:</b>	SR131519	<b>Estado:</b>	Monitoreo
<b>Revisión:</b>	1	<b>Nombre:</b>	Enhebrado de capas estabilizadoras.
<b>Tipo:</b>	Estandar Operativo	<b>Fecha Creación:</b>	20/09/2016
<b>Departamento</b>	Armado	<b>Usuario Creación:</b>	Janet Rodriguez
<b>Máquina:</b>	Kbn's	<b>Fecha Actualización:</b>	
<b>Área:</b>	-	<b>Usuario Actualización:</b>	
		<b>Revisión:</b>	Carlos Marín
<b>Ítems corresponden a la Revisión: -</b>		<b>Tiempo de actividad(seg):</b> 2,5 minutos	
# de Ítem	Ítem	Descripción del ítem	Imagen asociada
1	Seleccionar Capa Estabilizadora	<p><b>Calidad:</b> Escoger la carrucha correspondiente a la I o II Capa estabilizadora según corresponda. Revisar el código del material ubicado en la trazabilidad versus el código del material ubicado en la especificación que tiene la medida.</p>	
2	Seleccionar carro de capa	<p><b>Calidad:</b> Conforme a la capa que va a montar seleccionar el carro a utilizar, ya que hay para I o II Capa estabilizadora</p> <p><b>Seguridad:</b> Aflojar el freno de la espiga del carro de capa para que pueda girar al dar vuelta a la manilla</p>	
3	Montar carrucha	<p><b>Producción:</b> Montar la carrucha de I o II Capa estabilizadora en la guía de base</p>	
4	Acercar carro de capa	<p><b>Producción:</b> Acercar el carro de capa a la base. Colocar la espiga del carro en línea al orificio central de carrucha. Empujar el carro de capa hacia adentro.</p>	






5	Colocar pasador	<p><b>Seguridad:</b> Una vez que la espiga del carro ingresó en la carrucha se debe colocar el pasador en el extremo que queda fuera de la carrucha.</p>	
6	Extraer carrito con carrucha	<p><b>Seguridad:</b> Halar el carro con la carrucha montada.</p>	
7	Enhebrar la capa	<p><b>Producción:</b> Enhebrar la capa por los rodillos (Ver diagrama adjunto)  <b>Calidad:</b> La capa no puede quedar expuesta, debe enhebrarse hasta que el material quede a una vuelta para su uso.</p>	 



SISTEMA REGIONAL E-OTRS

**Figura 48: Estándar de cambio de capas estabilizadoras.**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

<b>Código:</b> CM13101	<b>Estado:</b> Monitoreo		
<b>Revisión:</b> 0	<b>Nombre:</b> Cambio tela o sellante		
<b>Tipo:</b> Cambio	<b>Fecha Creación:</b> 07/09/2016		
<b>Departamento:</b> Armado	<b>Usuario Creación:</b> Janet Rodriguez		
<b>Máquina:</b> Kbn's	<b>Fecha Actualización:</b>		
<b>Área:</b> -	<b>Usuario Actualización:</b>		
	<b>Revisión:</b> Carlos Marín		
<b>Ítems corresponden a la Revisión: 0</b>			
<b>Tiempo de actividad(seg): 170</b>			
# de ítem	Ítem	Descripción del ítem	Imagen asociada
1	Cassete en zona de inventario	El carro debe estar en la zona demarcada para ser ingresado cuando se requiera, el rollo debe estar enhebrado con el material expuesto, función correspondiente al auxiliar.	
2	Cassete en máquina	Sacar cassete sin material	
3	Cassete en máquina	Colocar cassete en zona de almacenamiento	
4	Preparación de cassete	Colocar barra a cassete para separar tela o sellante de transporte	
5	Preparación de cassete	Terminar de sacar material para poder hacer unión	

6	Cassete en máquina	Ingresar cassette con nuevo material en la máquina	
7	Cassete en máquina	Hacer unión de material nuevo con el enhebrado en máquina	
8	Cassete en máquina	Dar avance a botón para dejar material con lazo	

**BRIDGESTONE**

SISTEMA REGIONAL E-OTRS

**Figura 49: Estándar de cambio de telas o paredes.**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

La estandarización de cambios de paredes se puede observar en la figura 50, una vez que el operador debe realizar cambios de este material, como primer paso debe enhebrar el transporte sobrante y retirarlo para colocarlo en el área de almacenamiento, lo mismo debe de hacer con la carrucha sin material.

Se coloca la nueva carrucha con material y debe colocar el Shell para enhebrar el transporte. Una vez enhebrado, se debe guiar el material presionando el botón y realizar la unión del material nuevo con el utilizado para mantener el enhebrado en máquina.

Como puntos a recalcar:

- La cantidad de metros de material es estándar como se observa en la tabla 23 lo que cambia es la cantidad de material que se utiliza en cada llanta.

**Tabla 23: Cantidad de metros de material estándar.**

<b>Material</b>	<b>ROLLO mts</b>
PARED NEGRA	85
PARED NEGRA	85
TELA 1	172,8
TELA 2	172,8
SLAYER	1800
SELLANTE	94,05
1 CAPA ESTABILIZADORA	240
2 CAPA ESTABILIZADORA	230
FILLER	100

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016.*






- El montaje y desenhebrado de los materiales corresponde al auxiliar y no al operador; el operador solo se encarga del cambio. Los estándares de los cambios de materiales, fueron expuestos y aprobados en los CFT'S en presencia de los supervisores de área.





Con la estandarización de cambios de materiales se ahorra 0.05 minutos del ciclo total que corresponde una mejora del 15%, para lograr reducir el tiempo de ciclo de 3.31 minutos a 3.26 minutos. En la siguiente tabla se presentan los tiempos de ciclo antes y después de la estandarización de los cambios de materiales:

**Tabla 24: Tiempos de ciclo antes y después de la estandarización de cambios de materiales:**

<b>Operación</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
Estandarización de materiales.	0.35 minutos	0.30 minutos

*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

<b>Código:</b> CM13102	<b>Estado:</b> Monitoreo		
<b>Revisión:</b> 0	<b>Nombre:</b> Cambio paredes		
<b>Tipo:</b> Ensamble	<b>Fecha Creación:</b> 07/09/2016		
<b>Departamento:</b> Armado	<b>Usuario Creación:</b> Janet Rodriguez		
<b>Máquina:</b> Kbn's	<b>Fecha Actualización:</b>		
<b>Área:</b> -	<b>Usuario Actualización:</b>		
	<b>Revisión:</b> Carlos Marín		
<b>Ítems corresponden a la Revisión:</b> 0	<b>Tiempo de actividad(seg):</b> 150		
# de ítem	Ítem	Descripción del ítem	Imagen asociada
1	Carrucha sin material	Enhebrar el transporte sobrante en shell	
2	Transporte	Retirar transporte sin material de la máquina.	
3	Transporte	Colocar transporte en pin de almacenamiento	
4	Carrucha	Retirar carrucha y colocar en zona de almacenamiento	
5	Carrucha con material	Colocar nueva carrucha con material en estructura.	

6	Shell	Colocar shell para enhebrar transporte	
7	Transporte y carrucha	Enhebrar transporte en shell	
8	Material	Guiar pared por transporte por medio de boton de inicio.	
9	Material	Hacer unión de material nuevo con el utilizado para mantener enhebrado en máquina	

**BRIDGESTONE** SISTEMA REGIONAL E-OTRS

**Figura 50: Estándar de cambio de paredes.**

Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 5.1.3. Propuesta de bajar llantas.

Como primer punto a tomar en cuenta, el tiempo de demora por bajar llantas corresponde a la categoría de otros, sin embargo, se toma en cuenta dentro del ciclo pues es una actividad que realiza el operador y le afecta directamente.

La propuesta consiste en asignar esta función a un tercero o auxiliar de la máquina para que sea el encargado de bajar llantas, esta acción corresponde a 0.26 minutos del tiempo de ciclo, como antes ya mencionado este tiempo es

calculado dividiendo el tiempo aproximado en bajar llantas que corresponde a 2.72 minutos entre la cantidad de llantas que tiene capacidad el *conveyer*, el cual corresponde a 15, más la sumatoria de 8 segundos correspondientes a movimientos efectuados por el operador.

Por el momento un auxiliar es el encargado de bajar las llantas de la máquina KBN2#9 cada vez que se requiera, el departamento de producción es el responsable de realizar una distribución de las funciones para que personal de apoyo se encargue de bajar llantas en las cuatro máquinas. Se debe recordar que en total existen 12 máquinas KBN'S en el departamento de armado y cada auxiliar bajara llantas de 4 máquinas es decir se necesitan de 3 personas para poder abarcar toda el área.

Por lo que si se elimina que el operador realice esta acción se reduce 0.26 minutos del tiempo del ciclo total. En la siguiente tabla se presentan los tiempos de ciclo antes y después de la propuesta de bajar llantas:

**Tabla 25: Tiempos de ciclo antes y después de la propuesta de bajar llantas:**

Operación	Antes	Después
Bajar llantas	0.26 minutos	0 minutos

*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

Otra de las propuestas es la compra de un descargador automático para cada una de las máquinas, para el cual la empresa debe invertir entre \$15.000 - \$18.000 por máquina. Esta propuesta aún no es válida para la empresa, puesto que decidieron que es mejor tener una persona que además de sustituir la función del operador de bajar llantas pueda ayudar en otras labores.

En cuanto a la categoría otros, una de las demoras que influyen directamente en el porcentaje de *bekido loss* es la demora por fallo de código de barras. Se realizó un análisis de causas, sin embargo, la propuesta de mejora de este tiempo de paro no puede darse en la realización de este proyecto, puesto que a nivel técnico aún no se han determinado las causas principales que provocan que se presente esta falla. El departamento de IT está trabajando en la corrida de las pruebas con el fin de realizar un análisis de las posibles causas y *ofrecer* una posible propuesta.

## **5.2. DISEÑO PARA MEJORAR LA CATEGORÍA “MATERIALES DEFECTUOSOS”**

Para efectos del proyecto, se establecen propuestas de mejora directamente al departamento de armado, pues se sale del alcance poder enfocarse en otros departamentos por el presupuesto y el tiempo. Sin embargo, todas las propuestas fueron analizadas por el CFT y son propuestas válidas para el departamento de armado, pues cada una de ellas mejora o elimina tiempos de paro causado por producto no conforme.

Entre los materiales no conformes que afectan el departamento de armado se pueden mencionar el sellante con un 28,6%, spiral layer con un 27,4% y paredes con un 25,1% del total, que son analizados con la finalidad de evitar los paros por demoras de materiales defectuosos.

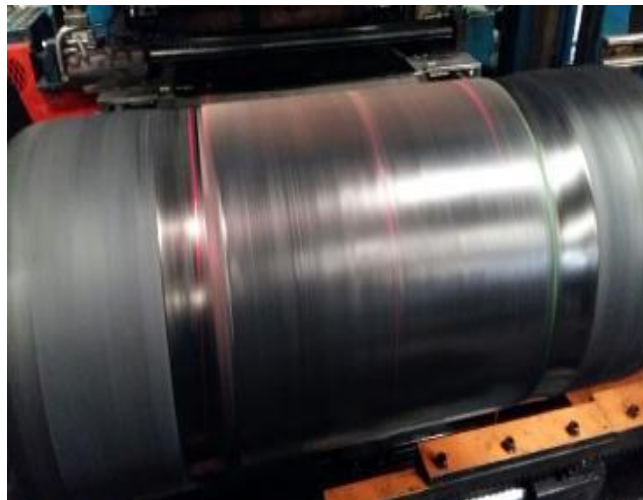
### **Sellante**

El material sellante proviene de la máquina más antigua conocida como calandra, la cual tiene prioridad en las inversiones programadas por la compañía a corto plazo para modernizarla, pues anteriormente no se tenían tantos fallos de materiales. Esto se debe a que el material (sellante) utilizado en las máquinas individuales se coloca manualmente y los operadores pueden acomodar el sellante de una forma en que no se levanten puntas u ondulaciones, pero con el paso del tiempo estas máquinas han sido sustituidas por máquinas como las KBN´S, donde el material es aplicado automáticamente y el operador no puede acomodarlo.



**Figura 51: Colocación de sellante en máquinas individuales.**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*



**Figura 52: Colocación de sellante en KBN'S.**

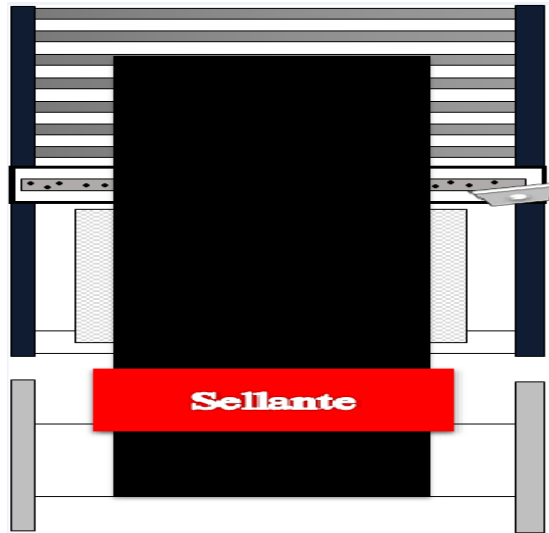
*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*

La propuesta para atacar las demoras en cuanto a material defectuoso sellante consiste en modificar el sistema de corte y la guía del sellante y el cambio de ciclo de corte. Es importante mencionar que el operador no puede estar manipulando los materiales, pues cuando la máquina coloca el sellante el operador se encuentra en la segunda etapa de la máquina.

El sistema de corte y guía de sellante consiste en la colocación de una guía de doble vacío para un mejor corte, aun cuando el sellante venga ondulado. La principal función es atraer el material sellante para que una vez que la cuchilla

pase a cortar el material se evite el enrollamiento del mismo. También tiene como función soplar el sellante para que no se pegue a la guía, anteriormente cuando la cuchilla cortaba el sellante que traía problemas de ondulación o puntas levantadas este lo arrollaba.

Anteriormente se presentaba que al retroceder la cuchilla para ir a posición inicial el material se mantenía sobre la cuchilla y ocasionaba que se pegara y se hicieran pelotas como se observa en la figura 54, el cambio realizado consiste en que la banda haga retroceder el material para que no se encuentre sobre la guía y no se arrolle, esto se realizó mediante un cambio en la secuencia del PLC.



**Figura 53: Guía de doble vacío.**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*



### Figura 54: Enrollamiento de sellante.

Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016

En la siguiente tabla se presentan los tiempos antes y después de la propuesta del sistema de corte y guía de sellante:

**Tabla 26: Tiempos antes y después de la propuesta del sistema de corte y guía de sellante:**

Operación	Antes	Después
Sistema de corte y guía de sellante	1,44 horas	0,50 horas

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el análisis realizado en el capítulo IV el material sellante representaba 1,44 horas al día en promedio de los 5 meses en estudio de demora. Con la realización de esta propuesta, se mejoró en un 35% la disminución por material sellante defectuoso a unas 0,50 horas por día.

### **Spiral Layer**

El *spiral layer* se produce en la máquina calemard y su principal demora en el departamento de armado es porque al provenir el material con algunas fallas, ya sea por malas uniones de material, exceso de pegajosidad o por falta de *set up* en las cuchillas, el material se revienta y se desenhebraba del acumulador generando un atraso por parte del operador de 30 minutos aproximadamente, para volver a enhebrar el material en el acumulador.

La propuesta consiste en conjunto con el departamento de mantenimiento en la fabricación de un dispositivo. Su principal función es que a la hora de que el material se revienta se sostenga y evite que se vaya hacia atrás generando que se desenhebre, este dispositivo se le llamo freno.



**Figura 55: Spiral Layer Enhebrado**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*

El freno de *spiral layer* está compuesto por dos fases principalmente, una de ellas la conforma un pistón que se encuentra dentro del enhebrado de *spiral layer*, el cual trabaja de forma neumática y su función consiste en hacer presión una vez que el material *Spiral* se revienta, es decir el pistón baja evitando que el material se desenhebre de la jaula, ver figura 56.



**Figura 56: Pistón de enhebrado.**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*

La siguiente mejora consiste en dos sensores colocados en distintas partes del enhebrado de material, cuya función consiste en la lectura del material mientras la máquina se encuentra en movimiento, una vez que el material se revienta, el sensor realiza lectura de que no hay material pasando por lo que el dispositivo manda una señal y se detiene la máquina. Además, se presiona un pistón que se encuentra arriba de los sensores, manteniendo el material enhebrado. Uno de los sensores se encuentra al inicio del enhebrado y el otro después del enhebrado de *spiral layer*.



**Figura 57: Sensores de *Spiral layer*.**

*Fuente: Bridgestone de Costa Rica, 2016*

Es importante recalcar que una vez que se revienta el material, el operador recibe una señal a nivel de máquina donde avisa que algo está sucediendo con el material *spiral layer*, y la máquina se detiene en el mismo instante pues si ésta sigue en funcionamiento utilizaría el material que aún se encuentra enhebrado y no se podría volver a realizar la unión.

En la siguiente tabla se presentan los tiempos que inciden en las demoras antes y después de la propuesta del freno de *spiral layer*.

**Tabla 27: Tiempos de ciclo antes y después de la propuesta de freno de *spiral layer*:**

Operación	Antes	Después
Freno spiral layer	30 minutos	4 minutos

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

Las demoras por parte de *spiral layer* se redujeron a 4 minutos aproximadamente, pues se evita el enhebrado de todo el material. El operador solo debe unir de nuevo el material a la máquina.

### **Paredes**

Una vez realizado las paredes en la tubuladora, es transportado hasta el departamento de armado para su utilización. En el proceso de preparación este material pasa por ciertas temperaturas estimadas que no se pueden disminuir porque afectaría directamente al material provocando que a la hora de enrollarse en la carrucha se deformen, ya que el transporte no funciona de la manera correcta por tener un espesor muy pequeño.

La empresa cotizó con varios proveedores, una empresa mexicana llamada el Shaddai que suministra los transportes para Bridgestone Cuernavaca, ofreció un transporte con mayor espesor probado en México, para la planta de Costa Rica a un mismo costo. El espesor pasa de 0.55mm a 0.87mm, con esto las paredes se mantienen con la forma que necesita el proceso y elimina el efecto banana. La empresa realizará estos cambios en la compra anual del transporte, por lo que esta propuesta no podrá ser evaluada para fines de este proyecto por factores de tiempo.

### **5.3. DISEÑO PARA MEJORAR LA CATEGORÍA “FALTA DE MATERIALES”**

La propuesta para mejorar la falta de materiales se basa directamente en la inadecuada realización de inventarios. Anteriormente, algunos auxiliares esperaban que el programador terminará de realizar el inventario para solicitárselo y cada auxiliar se encarga de buscar los códigos y materiales que fuesen de su interés de medidas montadas en las máquinas que atiende, mientras que el programador se encarga de inventariar todos los códigos que se encuentran en el

proceso y que le correspondan programar, lo que lo convertía en un proceso largo y tedioso.

En conjunto con el CFT y encargados de programación de la producción se asigna un área específica a cada uno de los auxiliares y programadores como se describe a continuación:

**Auxiliar 1:** Zona de rodados, 41´s y TAM AG.

**Auxiliar 2:** 88´s angular- M1B- FIFO Tubuladora#3

**Auxiliar 3:** TAM 88´S y TAM 99´S.

**Auxiliar 4:** KBR´S Módulos 1:1 y módulos 2:1.

**Auxiliar 5:** Zona de KBN´S.

**Auxiliar 6:** FIFO de capas estabilizadoras

**Auxiliar 7:** FIFO de paredes

**Auxiliar 8:** Zona de cejas y aros.

**Programador 1:** Cortadora 4 y slitters.

**Programador 2:** Calandra 2, cortadora 1 y 2.

**Programador 3:** C-ply y calandra 1.

**Programador 4:** Tubuladora 6 y banbury.

Las funciones fueron diseñadas en conjunto con el departamento de ingeniería industrial y asignadas como funciones fijas para cada uno de los colaboradores. Los auxiliares al finalizar la realización de inventario deben llevar la hoja de formato de inventario completa y ordenada a cada uno de los programadores que son encargados de realizar las cédulas producción.

En la siguiente tabla se presentan los tiempos antes y después de la propuesta de diseño de recorrido de inventario:

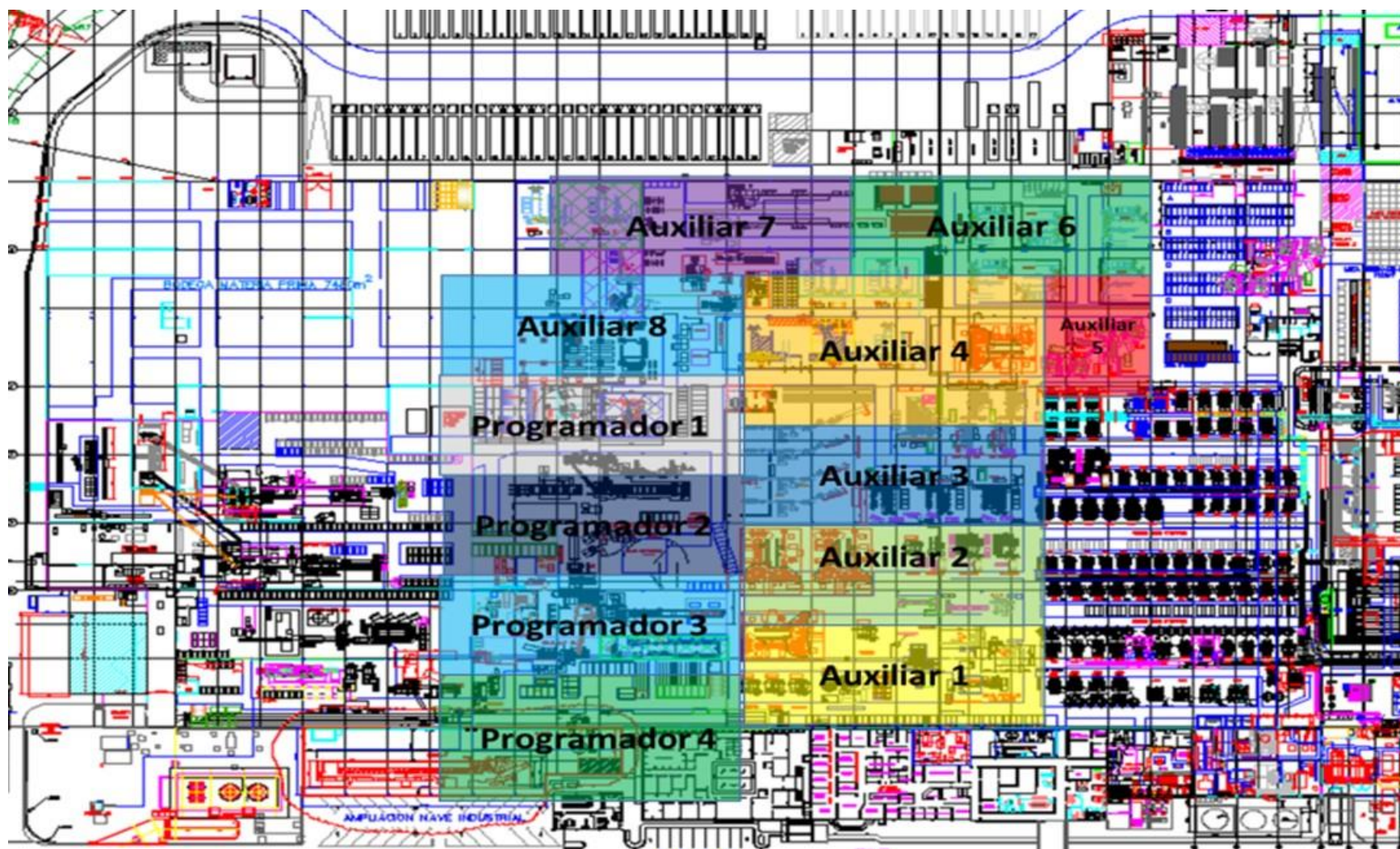
***Tabla 28: Tiempos de ciclo antes y después de la propuesta de diseño de recorrido de inventario:***

<b>Operación</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
Recorrido de inventario	2,30 horas	30 minutos

*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

Anterior a la propuesta el programador duraba aproximadamente 2 hrs y 30min tomando el inventario, posteriormente debía preparar las cédulas de producción por lo que las cédulas nuevas del día las llevan a la máquina entre 11 y 12 md pero a la hora de distribuir las áreas entre los auxiliares y programadores este tiempo se reduce a 30 minutos. Es decir, cada uno dura aproximadamente 30 minutos en inventariar su área.

La ganancia de esta propuesta es la disminución del tiempo del programador en un 80% y para el proceso productivo en sí, ya que las cédulas de producción se llevan a la máquina entre 9 y 10 de la mañana. (Ver anexo 13)



**Figura 58: Recorrido de inventario actual.**

Fuente: CFT armado, 2016.

## 5.4. INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN MÁQUINA & BEKIDO.

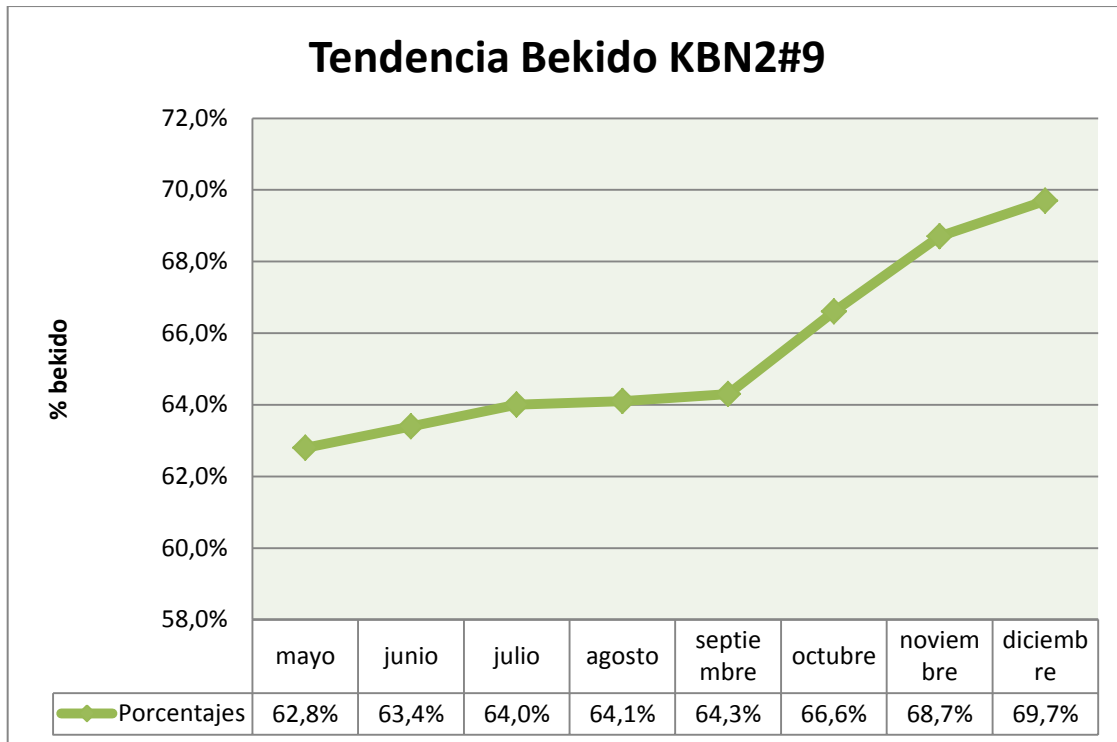
A continuación, se presentan los porcentajes de productividad de la máquina KBN2#9 señalado anteriormente en el capítulo IV, con la diferencia de que en la siguiente tabla se agregaron los meses correspondientes al periodo de octubre a diciembre 2016, utilizados para realizar las propuestas y visualizar las mejoras en el departamento de armado. En la tabla 29 se detallan los porcentajes de *bekido* y la producción perteneciente a cada mes:

**Tabla 29: Porcentaje de *bekido* obtenido en la máquina KBN2#9 de enero a diciembre 2016.**

	En ero	Febr ero	Marz o	Ab ril	Ma yo	Jun io	Juli o	Agos to	Setie mbre	Octu bre	Novie mbre	Dicie mbre
<b>PRODUCCIÓN LLANTAS</b>	252	254	285	292	286	299	301	304	305	318	328	332
<b>BEKIDO</b>	59,9 0%	60,30 %	62,60 %	63 %	62,8 0%	63,4 0%	64.0 %	64,10 %	64.3%	66,60 %	68,7%	69,7%

*Fuente: Datos extraídos del sistema Bekido 2016, elaboración propia Excel.*

En el gráfico 11 se detalla la tendencia de *bekido* de mayo-diciembre 2016. Anteriormente este porcentaje para los meses de enero a setiembre 2016 tuvo un ligero crecimiento sin embargo se mantuvo estable. Para los meses de octubre a diciembre este porcentaje ha tenido un crecimiento significativo debido a las mejoras que se realizaron para atacar las principales demoras que impactan el porcentaje de *bekido loss* en la máquina KBN2#9.



**Gráfico 11: Tendencia de bekido en la máquina KBN2#9**

Fuente: Elaboración propia, Minitab 2016.

A final del mes de setiembre a noviembre 2016 se validaron las propuestas en la máquina en conjunto con los CFT'S, departamento de mantenimiento, técnico, programación y cada uno de los departamentos involucrados como se puede observar en la figura 59: los meses en los que se pusieron en marcha las diferentes propuestas, es por esta razón que los porcentajes de *bekido loss* y los tiempos de ciclo disminuyeron.

En la figura 60 se presenta el *value stream map* correspondiente al mes de diciembre y se puede observar como los tiempos de ciclo disminuyeron considerablemente según las propuestas realizadas para mejorar las etapas KB Y N además de los estándares realizados para los cambios de materiales. El porcentaje de *bekido loss* se disminuyó a un 30.3% en el mes de diciembre lo cual lleva a alcanzar la meta establecida por casa matriz entre un 68%-72% de bekido.

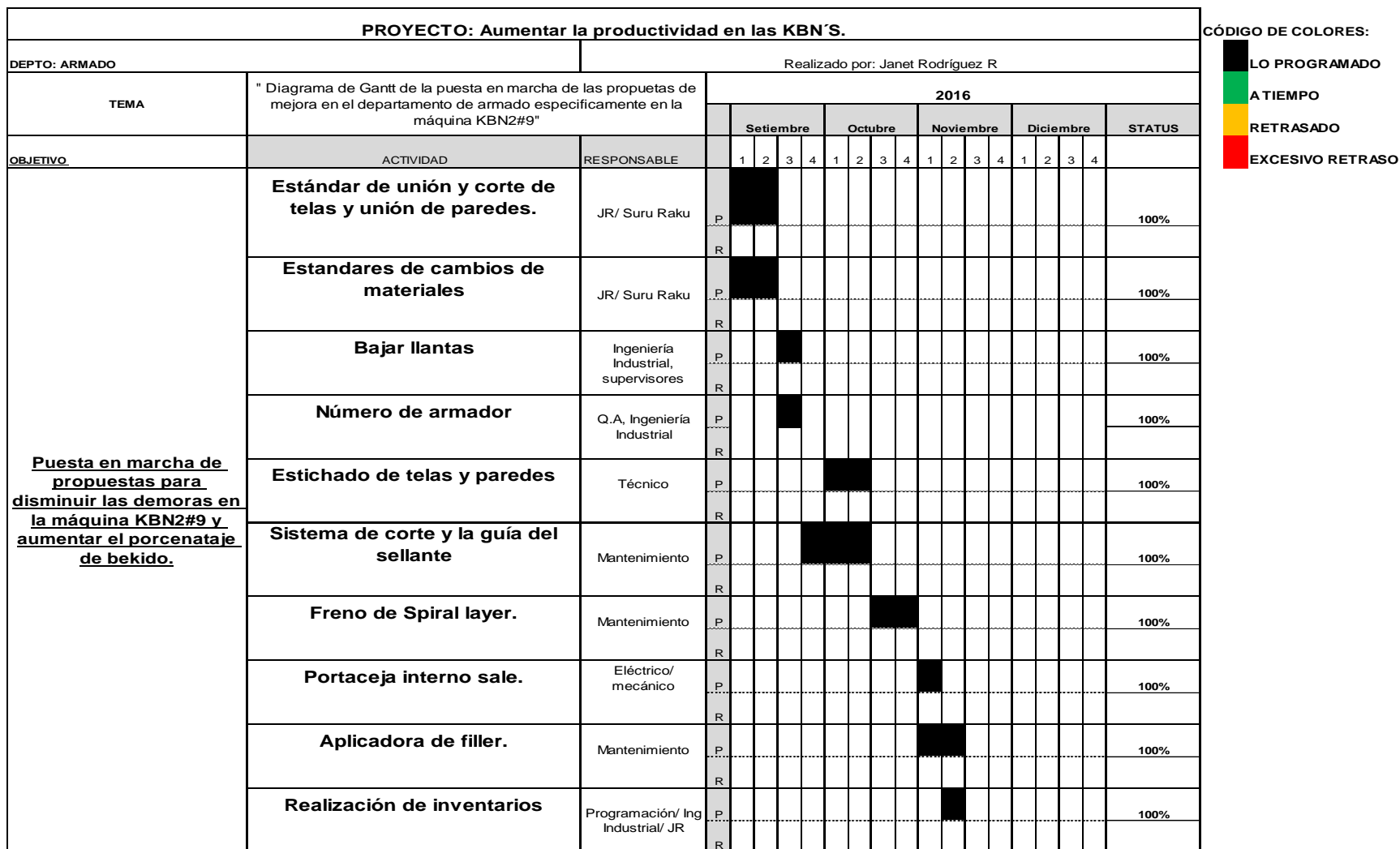


Figura 59: Gantt de realización de propuestas 2016.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

## VSM KBN9

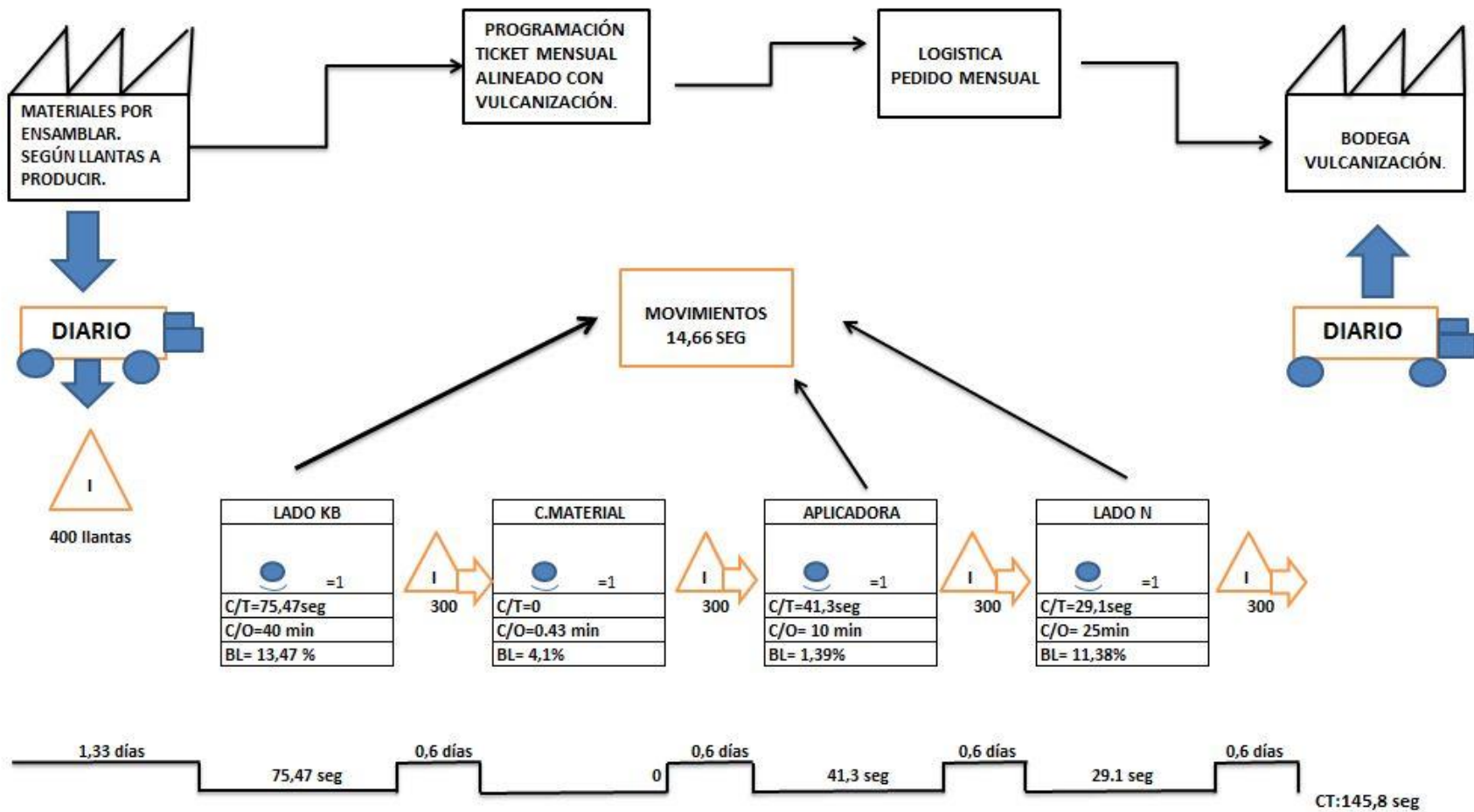




Figura 60: VSM después de mejoras.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

## 5.5. PRUEBA PILOTO

Con el fin de comprobar una mejora en el porcentaje de productividad que impacta directamente los tiempos de ciclo, se realizaron 30 tomas corridas establecidas como mínimo para tener una distribución normal, de los tiempos de ciclo estándar con las mejoras implementadas y desarrolladas en la extensión del proyecto.

**Tabla 30: Estudios de tiempos de ciclo.**

 Ingeniería Industrial		Estudio de tiempos 				
Fecha:	02.12.2016		Producto:	Llanta verde		
Dpto:	Armado		Código de Producto:	8980		
Máquina:	KBN2#9		Estudio N°:	1		
Operador:	Angel Chavez		Realizado por:	Janet Rodríguez R.		
Cantidad de corridas	Descripción del proceso	Hora Inicio	Hora Fin	Método utilizado	Tiempo de Ciclo (Minutos)	Observaciones
1	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,71	
2	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,72	
3	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,73	
4	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,72	
5	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,72	
6	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,75	
7	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,73	
8	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,77	Acomodar código de barras
9	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,76	Quitar unión de pared
10	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,71	
11	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,70	
12	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,71	
13	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,75	
14	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,74	
15	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,71	
16	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,72	
17	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,70	
18	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,75	
19	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,73	
20	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,74	
21	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,77	Juntar cuchillo
22	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,70	
23	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,72	
24	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,73	
25	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,74	
26	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,77	Tomar agua
27	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,75	
28	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,73	
29	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,72	
30	Armado de llanta	9:00 AM	11:00 AM	In situ / cronometro	1,73	
					1,73	

Fuente: Elaboración propia, 2016

Según el estudio de los tiempos de ciclo que se observan en la tabla 30, los tiempos de ciclo estándar varían entre 1.70-1.77 minutos según la corrida realizada para comprobar la mejora.

El promedio de todos los ciclos es de 1.73 minutos que sería catalogado como el nuevo ciclo estándar con las mejoras realizadas en el proceso. Anteriormente, se tenía un tiempo de ciclo estándar para la medida LT245/75R17TRANSFORCE HT de 2.3 minutos, es decir el tiempo mejoró en 0.57. A ese nuevo ciclo estándar se le deben sumar los suplementos de fatiga y cyokoteis y cambios de materiales como se observa en la tabla 31.

En la siguiente tabla se presenta el cálculo del *takt time* con el nuevo ciclo estándar correspondiente a 1,73 minutos:

**Tabla 31: Nuevo cálculo del takt time.**

TAKT TIME KBN9	
T.DISP TOTAL	79200
BEKIDO	70%
T.DISPONIBLE BEK	55440
CANTIDAD REQ	330
CICLO REQ en minutos	2,8
ESTANDAR	1,73
CAMBIO MATERIALES	0,30
BAJAR LLANTAS	0
FATIGA/CYOKOTEIS	0,4
TOTAL	2,43
TARIFA ACTUAL	25

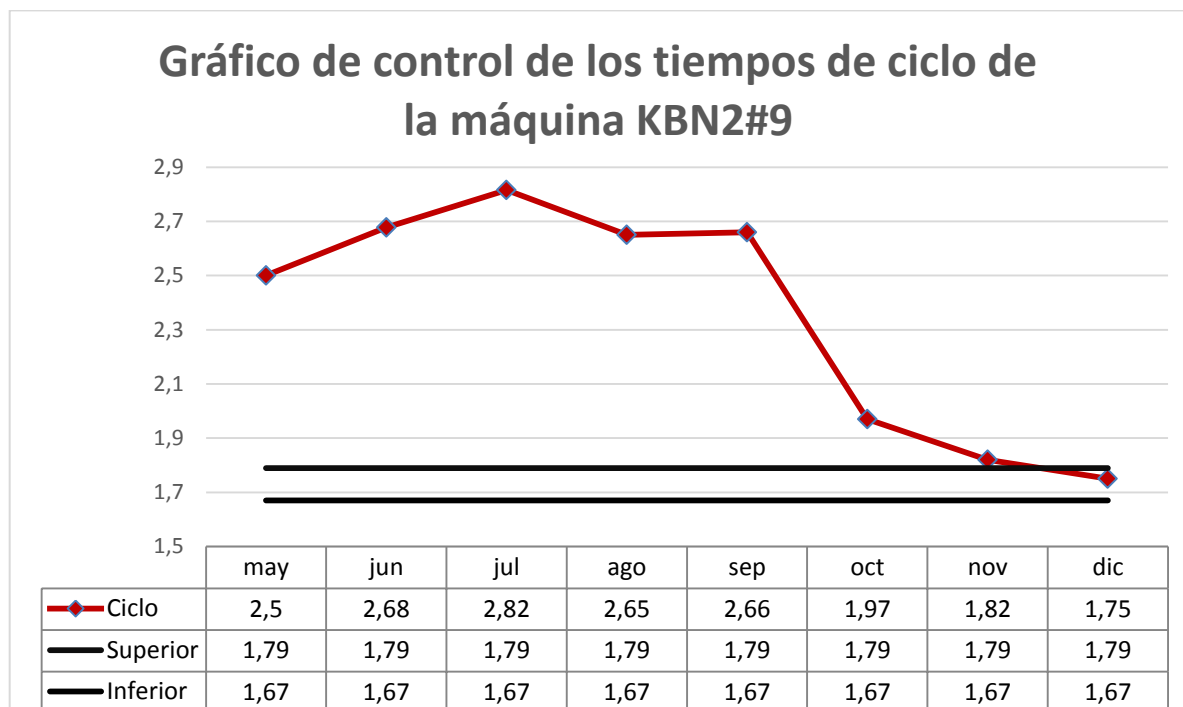
*Fuente: Ingeniería Industrial Bridgestone Costa Rica.*

Según el takt time desarrollado al inicio de este capítulo, para poder alcanzar la cantidad de unidades requeridas para cumplir con el ticket mensual, el ciclo debería de estar en 2.8 minutos como máximo. Con la realización de cada una de las propuestas de mejora, el ciclo estándar puro se redefine y pasa de 2.3 a 1.73 minutos. Al tiempo de ciclo estándar se le suman tres suplementos, y al trasladar la función de bajar llantas al auxiliar este factor no se toma en cuenta para

determinar el ciclo total de la máquina, es decir, el factor de 0.26 minutos se elimina de los suplementos.

Se toman en cuenta los suplementos de cambios de materiales que corresponden a 0.30 minutos y fatiga y Cyokoteis que corresponden a 0.4 minutos. La sumatoria del ciclo estándar y los factores mencionados llevan el ciclo total a 2.43 minutos, es decir, con el ciclo total se puede alcanzar la producción de 345 llantas aproximadamente.

Al obtener un nuevo estándar de 1,73 se redefinen los límites de control, los cuales corresponden a 1,79 minutos como límite superior y como inferior 1,67 minutos, se puede observar como a partir del mes setiembre los tiempos de ciclo disminuyeron significativamente según todas las propuestas presentadas. En el mes de diciembre el ciclo estándar se encuentra entre los límites de control.



**Gráfico 12: Tiempos de ciclo máquina KBN2#9.**

*Fuente: Elaboración propia, Excel 2016.*

En la siguiente figura se muestra un Gantt de implementación para las dos propuestas que no se pudieron realizar en el desarrollo de este proyecto:

PROYECTO: Aumentar la productividad en las KBN'S.																	
DEPTO: ARMADO					Realizado por: Janet Rodríguez R												
TEMA	" Diagrama de Gantt de la puesta en marcha de las propuetas de mejora en el departamento de armado específicamente en la máquina KBN2#9"				2016												
					Febrero				Marzo				Abril				STATUS
OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESPONSABLE		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
<u>Puesta en marcha de propuestas para disminuir las demoras en la máquina KBN2#9 y aumentar el porcentaje de bekido.</u>	Nuevo transporte de material sellante	Ingeniería Industrial	P	■	■	■	■									0%	
			R														
	Pruebas de códigos de barras	IT/CFT'S	P				■	■	■	■							0%
			R														

Figura 61: Gantt de aplicación de Yokoten en máquinas KBN'S 2016.

Fuente: Elaboración propia, 2016.

## 5.6. COSTO-BENEFICIO DE LA MEJORA.

Una vez planteadas las propuestas de mejora, es necesario realizar un análisis de costo-beneficio para verificar la viabilidad de la puesta en marcha de las mismas. Para este análisis se consideraron cada una de las propuestas realizadas y la producción total alcanzada con el fin de obtener datos confiables para poder replicarlas en las otras máquinas KBNS del departamento de armado.

### 5.6.1. Costo-beneficio de eliminar la acción de bajar llantas.

Al eliminar la acción de bajar llantas por parte del operador, se ahorra del ciclo total 0.26 minutos. En la siguiente tabla se observa el costo-beneficio del incremento en la producción de llantas diarias considerando el costo de la implementación de la propuesta:

**Tabla 32: Costo-Beneficio propuesta bajar llantas.**

<b>Detalle</b>	<b>Cantidades</b>
Ahorro	0,26 min
Ciclo Actual	3,31 min
Ciclo mejora	3,05 min
Incremento	34 u/día
Mensuales	884 Unid
Anuales	9860 Unid
Ganancia anual /máquina	\$89.594,34
Salario anual/ auxiliar costo implementación	\$2.750
Ganancia neta/anual	\$86.844.34

*Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial, 2016.*

Se obtiene un incremento en llantas de 34 u/ día aproximadamente, lo que corresponde a una ganancia anual de \$89.594,34. Si se asigna a un tercero para que realice esta operación en cuatro máquinas tiene un costo anual de \$11.000 /auxiliar es decir el costo por pagar un tercero por máquina es de \$2.750. La implementación de esta propuesta se recupera en un periodo aproximado de menos de un mes (0.03 años) en la máquina KBN2#9.

### 5.6.2. Costo-beneficio de acuerdo con el incremento de producción.

El incremento en llantas desde mayo a diciembre 2016 donde se encontraba estable una medida aro 17 es de 46 unidades diarias lo que representa 1196 llantas mensuales. El costo de producción por llantas (aro 17) es de \$60,43 con una utilidad por llanta de un 15% aproximadamente. Es decir, con el incremento de llantas la utilidad anual se eleva a \$120.860,4.

**Tabla 33: Incremento en producción en KBN2#9.**

Detalle	Cantidad
Producción promedio diaria mayo	286 llantas
Producción promedio diaria diciembre	332 llantas
Incremento de llantas diarias	46 llantas
Costo de producción de llanta (aro 17)	\$60.43
Utilidad aproximada por llanta (15%)	\$9,06
Incremento de llantas mensuales	1196 llantas
Incremento de utilidad mensual	\$10.835,76
Incremento de llantas anuales	13340 llantas
Incremento de utilidad anual	\$120.860,4

**Fuente: Elaboración propia Excel, 2016.**

En la tabla 34 se muestran las inversiones para cada propuesta de mejora realizada en la máquina KBN2 #9 y la suma total de las inversiones. Los costos fueron calculados según cada propuesta de mejora:

**Portaceja intera sale:** Este costo corresponde a la compra de nuevas mangueras a utilizar y las reservas que deben existir en bodega para futuros mantenimientos. Este costo no incluye mano de obra pues se realiza el cambio a nivel interno con técnicos de armado.

**Aplicadora Filler:** Costo establecido por un contratista para realizar la estructura metálica.

**Bajar llantas:** Salario establecido de un auxiliar anual por máquina.

**Sistema de corte y guía de sellante:** Costo establecido por contratista en la colocación de una guía de doble vacío y cambios en la banda a nivel de PLC correspondiente a \$2.100. Además de la puesta en marcha del sistema de corte y guía de sellante, se compraron equipos a mantener en *stock* correspondientes a \$838.

**Freno de *spiral layer*:** La elaboración de la propuesta se realizó a nivel interno con la colaboración del departamento de mantenimiento, los costos incurren en la compra de pistones y la elaboración de una jaula que cubre el enhebrado del *spiral layer*.

**Tabla 34: Inversiones para propuestas de mejora en KBN2#9.**

Propuestas	Costos \$
Portaceja interno sale	\$1000
Aplicadora Filler	\$100
Bajar llantas	\$2.750
Sistema de corte y la guía de sellante	\$2.938
Freno de <i>spiral layer</i>	\$300
<b>Total inversión</b>	<b>\$7.088</b>

Fuente: Elaboración propia Excel, 2016.

En la tabla 35 se obtiene el costo-beneficio de elevar el porcentaje de *bekido* a un 69.7% correspondiente al mes de diciembre que representa un incremento de \$120.860,4 y el ahorro de eliminar la acción de colocar el número de armador en la llanta, pues se definió como una acción innecesaria, para un ahorro total de \$124.860.4. Los costos de inversión del proyecto representan \$7.088, se estima que el retorno de inversión será en un periodo de aproximadamente 0,05 años. El costo beneficio de la propuesta es únicamente para la maquina KBN2#9, al realizar las mejoras en las otras máquinas estos costos deben de volver a tomarse.

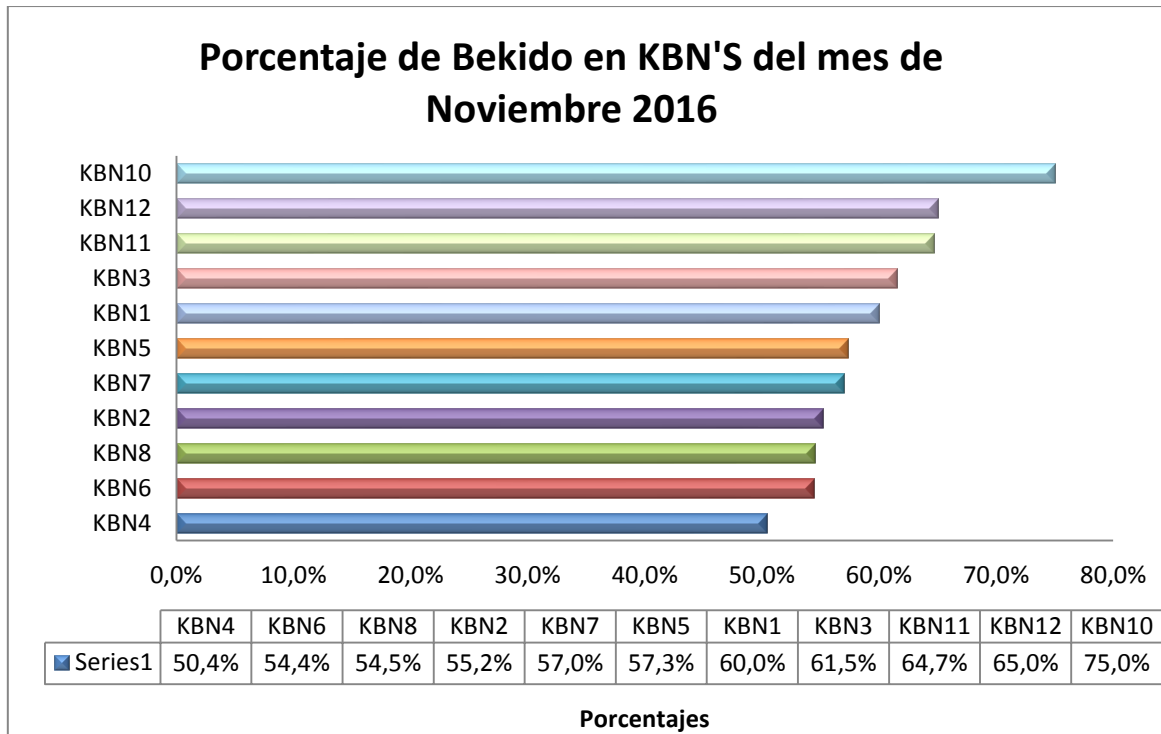
**Tabla 35: Costo-beneficio de las propuestas de mejora**

Detalle	Cantidad
Incremento en llantas	\$120.860,4
Ahorro de colocación de número de armador	\$4.000
<b>Total Ahorro</b>	<b>\$124.860,4</b>
Costos	\$7088
<b>Total Beneficio- Costo</b>	<b>\$117.772,4</b>
<b>Retorno Inversión</b>	<b>0,05 años</b>

Fuente: Elaboración propia Excel, 2016.

## 5.7. YOKOTEN

Según la metodología implementada por Toyota cuando se hace una mejora esta no se puede dar por finalizada hasta que se aplique la práctica de Yokoten, es por esta razón que se realizó un Gantt con el fin de implementar todas las mejoras realizadas a las demás máquinas armadoras KBN'S como se muestra en la figura 62. Para que se pueda implementar yokoten en las demás máquinas KBN'S es importante que se dé seguimiento a cada una de las propuestas realizadas y que los supervisores de cada departamento se comprometan para que los resultados sean sostenidos durante el tiempo. En el grafico 12 se observa los tiempos de bekido del mes de noviembre de todas las máquinas armadoras KBN'S con el fin de implementar las mejoras con un orden lógico a partir de la máquina que presente mayor porcentaje de *bekido loss*. Se debe realizar un estudio independiente por el tipo de llanta que se esté produciendo para establecer las condiciones de mantenimiento respecto a las mejoras técnicas planteadas anteriormente para la máquina KBN2#9.



**Gráfico 13: Porcentaje de bekido en KBN'S.**

*Fuente: Sistema bekido, 2016.*

Los CFT'S son los encargados de liderar cada una de las mejoras que se deban implementar en las máquinas armadoras y estos deben estar compuestos por un integrante de cada departamento de Bridgestone de Costa Rica, el análisis y las propuestas presentadas en este proyecto son una guía para identificar con mayor rapidez las principales demoras que inciden en los porcentajes de *bekido* sin embargo, el equipo de trabajo deberá evaluar cada máquina a la que se le va a realizar los cambios, pues las condiciones son distintas y dependerá del tipo de llanta que esté programada para esa máquina. Un punto a tomar en cuenta son los tiempos estándar, pues para cada tipo de llanta son distintos. Se deberá calcular los límites del gráfico para saber si los tiempos de ciclo se encuentran dentro de control o si se deberá realizar las mejoras correspondientes para identificar un nuevo tiempo de ciclo estándar. La mejora debe de ser continua y aplicada a todas las máquinas para poder alcanzar el *ticket* mensual.



**CAPÍTULO VI:  
CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES.**

## 6.1. CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto busca mejorar la productividad de las máquinas del departamento de armado, específicamente la KBN2#9 de Bridgestone de Costa Rica, con el fin de seguir siendo competitivos en un mundo que se encuentra en constante crecimiento.

Al finalizar el proyecto se concluye lo siguiente:

- Se identificó por medio de un Genba Walk las principales causas de tiempos de paro las cuales la conforman las categorías de otros, falta de materiales, problemas con materiales y demoras por diferencia de ciclo real vrs estándar. Además, se comprobó en máquina por medio de un MSA que la información que los operadores justificaban es confiable.
- El alcance de este proyecto no contempla mejoras en las máquinas de preparación de materiales por la inversión que la compañía debe realizar al no poder invertir dinero en estas máquinas, se modificó la máquina de armado para disminuir los tiempos de paro por materiales defectuosos y su efecto por faltantes de materiales para producir. Los ajustes realizados correspondieron a los estichados de telas y paredes, aumentar la velocidad del portaceja interno, modificar el sistema de corte y guía de sellante y la colocación de un freno para el material spiral layer.
- Se logra disminuir el tiempo de ciclo en 33.32 segundos mediante la realización de un diagrama Hombre-Máquina en donde se realizaron propuestas como ajuste de estichados, estándares de métodos de trabajo, eliminación de número de armador, mantenimiento de portaceja y construcción de una estructura metálica para evitar desplazamientos de operador.
- Al estandarizar los tiempos de cambios de materiales se mejora el suplemento en un 15% lo que corresponde una disminución de 0.05 minutos. Los auxiliares deben dejar los materiales colocados y desenhebrados correctamente para que el operador solo se encargue de realizar el cambio en máquina.

- La acción de bajar llantas se elimina de las actividades del operador y se asigna un tercero (auxiliar) que se encargue de realizar esta actividad. Con esta propuesta, el suplemento de bajar llantas se elimina de las actividades del operador por lo cual disminuye 0.26 minutos del tiempo de ciclo.
- Una adecuada distribución de funciones respecto a la toma física del inventario por parte del departamento de programación y los auxiliares, disminuye la incidencia del faltante de materiales en la máquina y el proceso productivo en sí. Al redefinir las tareas, los tiempos de recorrido de inventarios disminuyen de 2,30 horas a 30 minutos aproximadamente.
- Se logra reducir los tiempos de *bekido loss* por etapas según el VSM realizado para obtener una visión más clara de donde se encontraban las principales pérdidas de tiempo de ciclo. Se reduce el tiempo del lado KB en un 13% y del lado N en un 15%.
- Se logra un tiempo de ciclo de 103,74 segundos, que representa en conjunto todas las propuestas que se validaron en máquina y se redefine el tiempo de ciclo estándar a 1,73 minutos. Los suplementos de fatiga y descansos se deben sumar a este tiempo estándar según la OIT además de los tiempos de cambios de materiales, para llevar el ciclo real a 2,43 minutos.
- Para la realización de las propuestas se obtiene un costo de inversión de \$7.088, una reducción de insumos al eliminar la colocación del número de armador de \$4.000 y se obtiene una ganancia de \$117.772,4. La recuperación de la inversión es aproximadamente de 0,05 años.
- El porcentaje de *bekido* alcanza un 69,7% en el mes de diciembre 2016 se encuentra en el rango definido por casa matriz que corresponde entre 68%-72%. El nuevo tiempo de ciclo corresponde a 2,34 minutos.

## 6.2. RECOMENDACIONES

El proyecto sirve como punto de partida para la realización de la metodología Yokoten en las 12 máquinas KBN'S restantes del departamento de armado, según

los pasos de la metodología DMAIC, es por eso que se recomiendan los siguientes puntos:

- Es necesario que el departamento de ingeniería en conjunto con los CFT'S realicen seguimiento al proceso de preparación de materiales con el fin de atacar los problemas de materiales defectuosos, pues es uno de los factores con mayor incidencia y representa un 22,2% del total en los tiempos de paros de máquina.
- El departamento de Ingeniería Industrial debe dar seguimiento semanal a los tiempos de ciclo en máquina para comprobar la mejora y mantenerla durante el tiempo.
- Aplicar la metodología Yokoten en las demás máquinas armadoras, con el fin de alcanzar el *ticket* mensual para cumplir con unos de los objetivos de la planta de sacar de funcionamiento las máquinas individuales por impacto en costos y calidad.
- Eliminar de la pantalla del sistema *traksys* la justificación de demoras por bajar llantas, pues esta acción se eliminó del todo y no debe ser utilizada por el operador.
- Dar seguimiento por parte del departamento de mantenimiento a las máquinas de armado para que se realicen a tiempo los mantenimientos preventivos correspondientes con el fin de evitar fallos en máquina y demoras.
- Validar en un futuro la compra del descargador automático para bajar las llantas directamente a la carreta que realiza el traslado al departamento de vulcanización.
- Una vez determinadas las causas principales de las fallas por códigos de barra, el departamento de IT en conjunto con el CFT de armado darán seguimiento para eliminar posibles tiempos de demoras. El departamento de IT es el encargado de las corridas de las pruebas.
- Implementar la utilización del nuevo transporte de material de paredes para evitar el defecto conocido como efecto banana. Este transporte tiene un espesor de 0,87 mm lo que permitirá que el material se mantenga en las

mejores condiciones para su utilización. Una empresa mexicana será la encargada de suministrar el material a Costa Rica a un mismo costo. La empresa realizará estos cambios en la compra anual del transporte, por lo que esta propuesta no podrá ser evaluada para fines de este proyecto por factores de tiempo.

- Los parámetros de la máquina deben de estar en constante revisión pues es un factor que afecta directamente los tiempos de ciclo. El departamento técnico se encargará de esta acción.

## **BIBLIOGRAFIA**

Arqueros. (2011). Diagrama de actividades múltiples.

Bridgestone de Costa Rica. (s.f.). *Smart flow for documents*.

Bridgestone de Costa Rica, departamento de Ingeniería Industrial. (s.f.). *Smart flow for documents*.

Bridgestone, Costa Rica. (2011). *Departamento de Uniformidad*.

Castañer. (2014). *Análisis de costo beneficio* .

Castillo, F. D. (2009). Obtenido de [http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/mecanica/mat/mat\\_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf)

Epín. (2012). *CDI LEAN*. Obtenido de <http://www.cdiconsultoria.es/gemba-walk-paseo-gemba>

Hernández, F. &. (1991). Metodología de la investigación.

López. (2016). *Ingeniería Industrial Online*.

Medina. (2014). Contabilidad de costos.

Menezes, F. M. (2013). Obtenido de [http://www.abdi.com.br/Acao%20Documento%20Legislacao/Apostila%20MSA\\_ESPANHOL.pdf](http://www.abdi.com.br/Acao%20Documento%20Legislacao/Apostila%20MSA_ESPANHOL.pdf)

*mtmingenieros*. (s.f.). Obtenido de <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-takt-time/>

Neira, A. C. (S.A). *Técnicas de medición del trabajo*.

Pérez & Martha Lucia. (2013). *Seis Sigma: guía didáctica para Pymes*. Bogotá: Universidad de Ibagué.

Pizarro. (S.A). Los equipos interdisciplinarios.

Rica, B. d. (2016). *SFD*.

Ruth, R. R. (1998). *Sistemas de manufactura*.

Siria, S. (2011). Obtenido de  
<http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v18n3/art02.pdf>

Vargas & Ruiz. (2008). *Fuentes de información primarias, secundarias y terciarias*.

## **GLOSARIO**

**Cyokoteys o demoras misceláneas:** son tiempos no operativos menores a 6 minutos no reportadas por el operador por ser un tiempo pequeño, pero pueden presentar alta frecuencia. (Rica, 2016)

**Transportes:** son rollos de nylon que se utilizan como separadores del hule para evitar que se peguen entre sí.

**TMA:** hule que puede ser reprocesado en el proceso en dosificaciones especificadas por el departamento Químico.

**Trazabilidad:** Hoja que se coloca en los materiales y que contiene toda la información referente al material. (Operador, fecha de vencimiento, lote, etc.)

**Atadura:** Unión de los materiales de primera etapa, el inicio y el fin de estichado.

# ANEXOS

## Anexo 1. MSA aplicado en la máquina KBN2#9.

C1	C2	C3	C4	C5
RunOrder	Samples	Appraisers	Assessments	Standards
1	1	Operador 1	Trazabilidad	Trazabilidad ✓
2	2	Operador 1	Ajuste máq.	Ajustes de máquina ✓
3	3	Operador 1	Cambio materiales	Cambio de materiales
4	4	Operador 1	Falla código de barras	Falla código de barras
5	5	Operador 1	Ajuste aplicadora Filler	Ajuste de aplicadora Filler
6	6	Operador 1	Defecto en materiales	Defecto en materiales
7	7	Operador 1	Falta de materiales	Falta de materiales
8	8	Operador 1	Bajar llantas	Bajar llantas
9	9	Operador 1	Comida	Comida
10	10	Operador 1	Miscelaneos	Miscelaneos → Tomar Agua
11	11	Operador 2	Falta de materiales	Falta de materiales
12	12	Operador 2	Defecto en materiales	Defecto en materiales
13	13	Operador 2	Ajustes de máquina	Ajustes de máquina
14	14	Operador 2	Miscelaneos	Miscelaneos
15	15	Operador 2	Cambio de materiales	Cambio de materiales
16	16	Operador 2	Falla código de barras	Falla código de barras
17	17	Operador 2	Ajuste de aplicadora Filler	Ajuste de aplicadora Filler
18	18	Operador 2	Comida	Comida
19	19	Operador 2	Trazabilidad	Trazabilidad
20	20	Operador 2	Bajar llantas	Bajar llantas
21	21	Operador 3	Cambio de materiales	Cambio de materiales → agua
22	22	Operador 3	Ajustes de máquina	Ajustes de máquina
23	23	Operador 3	Falla código de barras	Falla código de barras
24	24	Operador 3	Defecto en materiales	Defecto en materiales → delante 10:30
25	25	Operador 3	Comida	Comida
26	26	Operador 3	Falta de materiales	Falta de materiales
27	27	Operador 3	Bajar llantas	Bajar llantas
28	28	Operador 3	Ajuste de aplicadora Filler	Ajuste de aplicadora Filler
29	29	Operador 3	Miscelaneos	Miscelaneos
30	30	Operador 3	Trazabilidad	Trazabilidad
31	31	Operador 1	Miscelaneos	Miscelaneos
32	32	Operador 1	Cambio de materiales	Cambio de materiales
33	33	Operador 1	Defecto en materiales	Defecto en materiales
34	34	Operador 1	Ajuste de aplicadora Filler	Ajuste de aplicadora Filler
35	35	Operador 1	Comida	Comida
36	36	Operador 1	Trazabilidad	Trazabilidad
37	37	Operador 1	Ajustes de máquina	Ajustes de máquina
38	38	Operador 1	Falta de materiales	Falta de materiales
39	39	Operador 1	Bajar llantas	Bajar llantas
40	40	Operador 1	Falla código de barras	Falla código de barras
41	41	Operador 2	Falla código de barras	Falla código de barras

C1	C2	C3	C4	C5
RunOrder	Samples	Appraisers	Assessments	Standards
42	42	Comida	Operador 2	Comida
43	43	Trazabilidad	Operador 2	Trazabilidad
44	44	Ajuste de aplicadora Filler	Operador 2	Ajuste de aplicadora Filler
45	45	Defecto en materiales	Operador 2	Defecto en materiales
46	46	Bajar llantas	Operador 2	Bajar llantas
47	47	Cambio de materiales	Operador 2	Cambio de materiales
48	48	Miscelaneos	Operador 2	Miscelaneos
49	49	Ajustes de máquina	Operador 2	Ajustes de máquina
50	50	Falta de materiales	Operador 2	Falta de materiales
51	51	Cambio de materiales	Operador 3	Cambio de materiales
52	52	Ajuste de aplicadora Filler	Operador 3	Ajuste de aplicadora Filler
53	53	Miscelaneos	Operador 3	Miscelaneos
54	54	Falta de materiales	Operador 3	Falta de materiales
55	55	Defecto en materiales	Operador 3	Defecto en materiales
56	56	Comida	Operador 3	Comida
57	57	Ajustes de máquina	Operador 3	Ajustes de máquina
58	58	Trazabilidad	Operador 3	Trazabilidad
59	59	Falla codigo de barras	Operador 3	Falla codigo de barras
60	60	Bajar llantas	Operador 3	Bajar llantas
61	61	Ajuste de aplicadora Filler	Operador 1	Ajuste de aplicadora Filler
62	62	Falla codigo de barras	Operador 1	Falla codigo de barras
63	63	Miscelaneos	Operador 1	Miscelaneos
64	64	Comida	Operador 1	Comida
65	65	Bajar llantas	Operador 1	Bajar llantas
66	66	Cambio de materiales	Operador 1	Cambio de materiales
67	67	Falta de materiales	Operador 1	Falta de materiales
68	68	Defecto en materiales	Operador 1	Defecto en materiales
69	69	Ajustes de máquina	Operador 1	Ajustes de máquina
70	70	Trazabilidad	Operador 1	Trazabilidad
71	71	Miscelaneos	Operador 2	Miscelaneos
72	72	Falta de materiales	Operador 2	Falta de materiales
73	73	Falla codigo de barras	Operador 2	Falla codigo de barras
74	74	Defecto en materiales	Operador 2	Defecto en materiales
75	75	Comida	Operador 2	Comida
76	76	Bajar llantas	Operador 2	Bajar llantas
77	77	Ajuste de aplicadora Filler	Operador 2	Ajuste de aplicadora Filler
78	78	Ajustes de máquina	Operador 2	Ajustes de máquina
79	79	Cambio de materiales	Operador 2	Cambio de materiales
80	80	Trazabilidad	Operador 2	Miscelaneos
81	81	Trazabilidad	Operador 3	Trazabilidad
82	82	Cambio de materiales	Operador 3	Cambio de materiales

✓?

→ Proada

→ Hablar?

X → ?

C1	C2	C3	C4	C5
RunOrder	Samples	Appraisers	Assessments	Standards
83	83	Operador 3	Bajar llantas	Bajar llantas
84	84	Operador 3	Falla codigo de barras	Falla codigo de barras
85	85	Operador 3	Defecto en materiales	Defecto en materiales
86	86	Operador 3	Miscelaneos	Miscelaneos
87	87	Operador 3	Ajustes de máquina	Ajustes de máquina
88	88	Operador 3	Falta de materiales	Falta de materiales
89	89	Operador 3	Comida	Comida
90	90	Operador 3	Ajuste de aplicadora Filler	Ajuste de aplicadora Filler

## Anexo 2. Lista de asistencia CFT

**BRIDGESTONE DE COSTA RICA S.A**  
REGISTRO DE ASISTENCIA  
F. 000-04-003

Actividad:  Capacitación  Comunicación

Nombre: CFT Armado

Temas tratados: Producción-Scrap-Waste

Instructor responsable: Graciela Calvo Vega

Fecha: 15-11-2016

Duración: \_\_\_\_\_

PARTICIPANTES		
NOMBRE COMPLETO (EN LETRA CLARA)	Nº EMPLEADO	DEPARTAMENTO
Carlos...	3723	711
Angel Segura	2294	831
Tatiana...	4554	Ambiente
Graciela de la...	...	130-171

**BRIDGESTONE DE COSTA RICA S.A**  
REGISTRO DE ASISTENCIA  
F. 000-04-003

Actividad:  Capacitación  Comunicación

Nombre: CFT Armado

Temas tratados: Producción-Scrap-Waste


Instructor responsable: Graciela Calvo Vega

Fecha: 16-11-2016

Duración: \_\_\_\_\_

PARTICIPANTES		
NOMBRE COMPLETO (EN LETRA CLARA)	Nº EMPLEADO	DEPARTAMENTO
Angel Segura	2294	831
...	3723	711
Dennis A. Quintero	2025	766
Denny Bolanos	3586	763
...	3369	764
...	3792	S/SO 748
Janet Rodriguez	...	Ingenieria

### Anexo 3. Estudios de ciclo estándar.

Ingeniería Industrial		Estudio de tiempos				
		<b>BRIDGESTONE</b>				
Fecha:	03.12.2016	Producto:	Llanta Verde			
Dpto:	Armado	Código de Producto:	8980			
Máquina:	EPN#9	Estudio N°:	1			
Operador:	Andrés García?	Realizado por:	Daniel Rodríguez #.			
Cantidad de unidades	Descripción del proceso	Hora Inicio	Hora Fin	Método utilizado	Tempo de Ciclo (Minutos)	Observaciones
1	Armado llanta	4:00am	4:01am	cronometro	1,91	
2	"	"	"	"	1,92	
3	"	"	"	"	1,93	
4	"	"	"	"	1,92	
5	"	"	"	"	1,92	
6	"	"	"	"	1,95	
7	"	"	"	"	1,93	
8	"	"	"	"	1,97	Alcanador es / An ocupado 2/ minutos unicos a las 8:00 am
9	"	"	"	"	1,96	
10	"	"	"	"	1,91	
11	"	"	"	"	1,90	
12	"	"	"	"	1,91	
13	"	"	"	"	1,95	
14	"	"	"	"	1,94	
15	"	"	"	"	1,91	
16	"	"	"	"	1,92	
17	"	"	"	"	1,90	
18	"	"	"	"	1,95	
19	"	"	"	"	1,93	
20	"	"	"	"	1,94	
21	"	"	"	"	1,97	El carbido de café
22	"	"	"	"	1,90	
23	"	"	"	"	1,92	
24	"	"	"	"	1,93	
25	"	"	"	"	1,94	
26	"	"	"	"	1,97	Tomar agua!
27	"	"	"	"	1,95	
28	"	"	"	"	1,93	
29	"	"	"	"	1,92	
30	"	"	"	"	1,93	
					?	

## Anexo 4. Formato de inventario de material.

000		11 de noviembre de 2016				FALTA N	
DE		INVENTARIO DE BELLANTES		# DE CARRO		X	
OANDA SA		SS'S y MODULOS		KBN'S		TIRAR	
4847	3524					# IVA LORI	60
6951	6867					# IVA LORI	60
7190	7187					# IVA LORI	58
8763	3439					# IVA LORI	50
8380	3442					# IVA LORI	55
8993	3443					# IVA LORI	65
8799	3446					# IVA LORI	60
9302	3453					# IVA LORI	55
8834	3455					# IVA LORI	0
9295	3465					# IVA LORI	55
7038	3472					# IVA LORI	55
5891	3519					# IVA LORI	55
5879	4067					# IVA LORI	55
5883	4117					# IVA LORI	55
7410	4178					# IVA LORI	55
5663	4618					# IVA LORI	65
4804	4666					# IVA LORI	65
5666	4732					# IVA LORI	65
9061	5684					# IVA LORI	65
9103	5729					# IVA LORI	65
6344	6336					# IVA LORI	50
7869	6763					# IVA LORI	50
7133	6764					# IVA LORI	30
6983	6978					# IVA LORI	55
7510	7058					# IVA LORI	30
9276	7756					# IVA LORI	55
6643	7818					# IVA LORI	65
9272	7819					# IVA LORI	55
5819	7850					# IVA LORI	55
8267	7881					# IVA LORI	55
8914	7915					# IVA LORI	65
5236	8107					# IVA LORI	65
5278	8193					# IVA LORI	65
8272	8197					# IVA LORI	55
5732	8200					# IVA LORI	65
1878	8242					# IVA LORI	50
7992	8256					# IVA LORI	65
7926	8313					# IVA LORI	55
9121	8371					# IVA LORI	50
8479	8482					# IVA LORI	55
9089	8512					# IVA LORI	55
8275	8518					# IVA LORI	55
8494	8545					# IVA LORI	55
8456	8600					# IVA LORI	55
8697	8689					# IVA LORI	55
8847	8850					# IVA LORI	0
8865	8862					# IVA LORI	50
9020	9017					# IVA LORI	65
8979	9048					# IVA LORI	65
8969	9049					# IVA LORI	65
8996	9079					# IVA LORI	65
9006	9087					# IVA LORI	65
9289	9282					# IVA LORI	55
9287	9292					# IVA LORI	55
M. LOPEZ - D. LOPEZ - SUP. 88s - SUP. MODULOS - SUP. CALANDRA - OP. CALANDRA							

## Anexo 5. Información sobre parámetros modificados.

De: Pedro Murillo Rojas

Enviado el: jueves, 18 de agosto de 2016 01:05 p.m.

Para: Carlos Marin <[MarinCarlos@la-bridgestone.com](mailto:MarinCarlos@la-bridgestone.com)>; Karen Arce <[ArceKaren@la-bridgestone.com](mailto:ArceKaren@la-bridgestone.com)>

Asunto: RE: Tiempos kbn9

Adjunto datos de uniformidad y los parámetros que se modificaron

TIRE NUMBER	TURNO	FECHA	RPP	RH1	LPP	CON
PROM	ANTES		9.67	6.41	3.66	0.28
DESV			2.56	2.27	1.76	1.16

PARAMETRO	ANTES	DESPUES
INICIO ESTICHADO ATADURA	100	380
FIN ESTICHADO ATADURA	486	486
INICIO ESTICHADO PARED	160	300
POS MEDIA ESTICHADO PARED	100	300
PAUSA FIN PARED	2	1
PAUSA MITAD PARED	2	1
RETARDO FINAL PARED	2	1

De: Pedro Murillo Rojas

Enviado el: martes, 09 de agosto de 2016 10:57 a.m.

Para: Carlos Marin <[MarinCarlos@la-bridgestone.com](mailto:MarinCarlos@la-bridgestone.com)>; Karen Arce <[ArceKaren@la-bridgestone.com](mailto:ArceKaren@la-bridgestone.com)>; Stiffen Vargas - Costa Rica <[vargasstiffen@la-bridgestone.com](mailto:vargasstiffen@la-bridgestone.com)>

CC: Cesar Ramirez - Costa Rica <[RamirezCesar@la-bridgestone.com](mailto:RamirezCesar@la-bridgestone.com)>; Alvaro Rodriguez <[RodriguezAlvaro@la-bridgestone.com](mailto:RodriguezAlvaro@la-bridgestone.com)>

Asunto: RE: PRUEBAS EN KBN#9


Buenos días

Algunos puntos de las llantas armadas el día de ayer en la KBN#9:

1. Se revisan una a una las llantas para descartar la presencia de ampollas, separación o rajaduras como consecuencia de las modificaciones de estichado.
2. Se pasan por TUO, los resultados de uniformidad son satisfactorios.
3. Considero conveniente generar más pruebas con una cantidad mayor de llantas.

Carlos usted me indica cuando le queda bien y armamos las pruebas

## Anexo 6. Estudio de tiempos estichado de telas.

 Ingeniería Industrial		Estudio de tiempos <b>BRIDGESTONE®</b>				
Fecha:	09/10/2016	Producto:	Estichado de telas			
Dpto:	Armado	Código de Producto:	8310			
Máquina:	KBNDH	Estudio N°:	1			
Operador:	Angel	Realizado por:	Janet R.			
Cantidad de corridas	Descripción del proceso	Hora Inicio	Hora Fin	Método utilizado	Tiempo de Ciclo (Minutos)	Observaciones
1	Proceso de estichado de telas.	1:00pm	3:00pm	CRONOMETRO	8,31	
2					8,30	
3					8,31	
4					8,3	
5					8,32	
6					8,32	
7					8,35	
8					8,35	
9					8,36	
10					8,35	
11					8,33	
12					8,34	
13					8,33	
14					8,34	
15					8,34	
16					8,32	
17					8,31	
18					8,32	
19					8,35	
20					8,33	
21					8,32	
22					8,34	
23					8,30	
24					8,31	
25					8,32	
26					8,33	
27					8,33	
28					8,33	
29					8,33	
30					8,30	

Prom =  
8,33

## Anexo 7. Estudio de tiempos estichado de paredes.

Ingeniería Industrial		Estudio de tiempos <b>BRIDGESTONE®</b>				
Fecha:	07/10/2016	Producto:	Estichado Paredes			
Dpto:	Armado	Código de Producto:	8412			
Máquina:	KBN3#9	Estudio N°:	1			
Operador:	Amel	Realizado por:	Janet R.			
Cantidad de corridas	Descripción del proceso	Hora Inicio	Hora Fin	Método utilizado	Tiempo de Ciclo (Minutos)	Observaciones
1		1:00pm	3:00pm	Cronometro	10,82	
2					10,84	
3					10,84	
4					10,86	
5					10,85	
6					10,84	
7					10,87	
8					10,82	
9					10,86	
10					10,87	
11					10,85	
12					10,86	
13					10,85	
14					10,84	
15					10,86	
16					10,87	
17					10,87	
18					10,86	
19					10,85	
20					10,87	
21					10,86	
22					10,86	
23					10,85	
24					10,84	
25					10,85	
26					10,84	
27					10,83	
28					10,84	
29					10,84	
30					10,84	

Prom  
\* 10,85

## Anexo 8. Estudio de tiempos, cortar y unir telas.

Ingeniería Industrial		Estudio de tiempos <span style="float: right;"><b>BRIDGESTONE®</b></span>				
Fecha:	08/09/2016	Producto:	Llanta Verde			
Dpto:	Armado	Código de Producto:	8240			
Máquina:	KBNJ#9	Estudio N°:	70			
Operador:	Angel	Realizado por:	Janet			
Cantidad de corridas	Descripción del proceso	Hora Inicio	Hora Fin	Método utilizado	Tiempo de Ciclo (Minutos)	Observaciones
1	Cortar y	9:00	11:am	Instituto de cronometraje	9,27	
2	unir telas			Cronometro	9,29	
3	"				9,27	
4	"				9,29	
5	"				9,29	
6	"				9,26	
7	"				9,26	
8	"				9,27	
9	"				9,27	
10	"				9,27	
11	"				9,26	
12	"				9,28	
13	"				9,28	
14	"				9,28	
15	"				9,27	
16	"				9,27	
17	"				9,28	
18	"				9,28	
19	"				9,28	
20	"				9,26	
21	"				9,26	
22	"				9,28	
23	"				9,28	
24	"				9,29	
25	"				9,29	
26	"				9,28	
27	"				9,29	
28	"				9,29	
29	"				9,29	
30	"				9,28	



Prom  
9,28.

## Anexo 9. Estudio de tiempos, unir paredes.

Ingeniería Industrial		Estudio de tiempos				BRIDGESTONE®	
Fecha:	08/09/2016	Producto:	Llanta Verche				
Dpto:	Armado	Código de Producto:	8241				
Máquina:	KBN9	Estudio N°:	70				
Operador:	Angel	Realizado por:	Janet				
Cantidad de corridas	Descripción del proceso	Hora Inicio	Hora Fin	Método utilizado	Tiempo de Ciclo (Minutos)	Observaciones	
1		2:00pm	3:30pm	Cronometro	10,8		
2	Unir Paredes	2:00pm	3:30		10,7		
3		"	"		10,7		
4		"	"		10,7		
5		"	"		10,8		
6		"	"		10,8		
7		"	"		10,9		
8		"	"		10,9		
9		"	"		10,9		
10		"	"		10,8		
11		Unir Paredes	"		"		10,7
12	"		"	10,7			
13	"		"	10,7			
14	"		"	10,7			
15	"		"	10,8			
16	"		"	10,8			
17	"		"	10,8			
18	"		"	10,9			
19	"		"	10,8			
20	"		"	10,9			
21	Unir Paredes	"	"		10,9		
22		"	"		10,7		
23		"	"		10,6		
24		"	"		10,6		
25		"	"		10,7		
26		"	"		10,8		
27		"	"		10,9		
28		"	"		10,9		
29		"	"		10,9		
30		"	"		10,4		

Prom,  
10,8

## Anexo 10. Estudio de tiempos, colocación de código de barras.

Ingeniería Industrial		Estudio de tiempos				
						
Fecha:	29/11/2016	Producto:	Llanta Verde			
Dpto:	Armado	Código de Producto:	8982			
Máquina:	KBN9	Estudio N°:	7			
Operador:	Hernando	Realizado por:	Janet Bonquet			
Cantidad de corridas	Descripción del proceso	Hora Inicio	Hora Fin	Método utilizado	Tiempo de Ciclo (Minutos)	Observaciones
1	colocación # Armador	9:00 am	10:00	2o stu/cronometro	5,2 seg	
2	y código Barra			cronometro	5,3	
3	Proceso sin # de Armador				5,2	
4					5,4	
5					5,2	
6					5,3	
7					5,3	
8					5,3	
9					5,2	
10					5,2	
11					5,3	
12					5,4	
13					5,2	
14					5,2	
15					5,2	
16					5,3	
17					5,3	
18					5,2	
19					5,4	
20					5,1	
21					5,2	
22					5,2	
23					5,2	
24					5,3	
25					5,2	
26					5,3	
27					5,2	
28					5,2	
29					5,2	
30					5,2	
					Promo #	

## Anexo 11. Estudio de tiempo, portaceja interno.

Ingeniería Industrial		Estudio de tiempos <b>BRIDGESTONE®</b>				
Fecha:	15/11/2016	Producto:	Portaceja interna			
Dpto:	Armado	Código de Producto:	8316			
Máquina:	#BND#9	Estudio N°:	1°			
Operador:	Geovanny	Realizado por:	Janet R.			
Cantidad de corridas	Descripción del proceso	Hora Inicio	Hora Fin	Método utilizado	Tiempo de Ciclo (Minutos)	Observaciones
1	Movimiento	8:00 am	9:00 am	INSTO KROCHNETO	3,43	
2	Portaceja				3,94	
3	INTERNO				3,43	
4	SALIR				3,43	
5					3,94	
6					3,94	
7					3,94	
8					3,94	
9					3,94	
10					3,43	
11					3,43	
12					3,43	
13					3,43	
14					3,93	
15					3,94	
16					3,94	
17					3,94	
18					3,95	
19					3,93	
20					3,43	
21					3,93	
22					3,93	
23					3,93	
24					3,93	
25					3,93	
26					3,94	
27					3,93	
28					3,93	
29					3,94	
30					3,43	

# 3,83  
Hidráulico.

## Anexo 12. Estudio de tiempo, aplicadora filler.

Ingeniería Industrial		Estudio de tiempos <b>BRIDGESTONE®</b>				
Fecha:	11/10/2016	Producto:	Llanta V-RCT			
Dpto:	Armado	Código de Producto:	8121			
Máquina:	KBN#9	Estudio N°:	1°			
Operador:	Geovanny	Realizado por:	JCM-et			
Cantidad de corridas	Descripción del proceso	Hora Inicio	Hora Fin	Método utilizado	Tiempo de Ciclo (Minutos)	Observaciones
1	Aplicadora	8:00am	9:00am	cronometro	13,12	
2	Filler				13,12	
3					13,11	
4					13,13	
5					13,13	
6					13,12	
7					13,12	
8					13,12	
9					13,12	
10					13,11	
11					13,12	
12					13,13	
13					13,13	
14					13,13	
15					13,13	
16					13,14	
17					13,14	
18					13,14	
19					13,14	
20					13,14	
21					13,12	
22					13,12	
23					13,12	
24					13,14	
25					13,14	
26					13,14	
27					13,14	
28					13,14	
29					13,14	
30					13,13	

Promedio = 13,13 min.

### Anexo 13. Estudio de tiempo, recorrido de inventarios.

# Janet Rodríguez, Becuna  
Proyectos

Reportes de horas/ recorrido Inventarios	
Fecha:	Octubre 28 / 2016
Programador	Tiempo: 30 min
Auxiliar	Tiempo: 32 min
Auxiliar	Tiempo: 32 min
Auxiliar	Tiempo: 30 min
Progra	Tiempo: 30 min
Auxiliar	Tiempo: 30 min
Progra	Tiempo: 30 min
Auxiliar	Tiempo: 30 min
Auxiliar	Tiempo: 32 min
Auxi	Tiempo: 30 min
Fecha:	<del>28 Octubre 2016</del> . 04 Noviembre / 2016..
Auxiliar	Tiempo: 32 minutos
Auxiliar	Tiempo: 32 "
Program	Tiempo: 32 "
Program	Tiempo: 30 "
Program	Tiempo: 30 "
Auxiliar	Tiempo: 30 "
Auxiliar	Tiempo: 30 "
Auxiliar	Tiempo: 32 "
Auxiliar	Tiempo: 32 "
Auxiliar -	Tiempo: 30 "
Fecha:	Jueves 10 Noviembre 2016 .
Progra	Tiempo: 30 minutos .
Progra	Tiempo: 30 minutos .
Auxiliar	Tiempo: 30 minutos .
Auxiliar	Tiempo: 30 minutos .
Auxiliar	Tiempo: 30 minutos .
Auxiliar	Tiempo: 30 minutos .
Auxi	Tiempo: 34 minutos .
Auxi	Tiempo: 34 minutos .
Auxi	Tiempo: 32 minutos .
"	Tiempo: 30 minutos .

