

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEJORA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LLANTAS EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA, BELÉN.

**ESTUDIANTE:
JUAN JOSÉ ARGUEDAS MURILLO**

**TUTOR:
LIC. ING. JUAN MATAMOROS LEÓN**

HEREDIA, FEBRERO 2018

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Juan José Arguedas Murillo, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 401780587 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de 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 tesis para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Mejora del proceso de elaboración de llantas en Bridgestone de Costa Rica, Belen.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 éstos 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 advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Heredia, a los veintitrés días del mes de febrero del año dos mil dieciocho.



Firma del estudiante

Cédula

CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 24 de febrero de 2018

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Juan José Arguedas Murillo, cédula de identidad número 401780587, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado Mejora del proceso de elaboración de llantas en Bridgestone de Costa Rica, Belén, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería industrial.

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%	9
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18
	TOTAL		95

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

Atentamente,



Nombre: Juan Matamoros Leon
Cédula identidad N: 4-0191-0095
Carné Colegio Profesional N: II-26249

27 de abril del 2018

Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante **Juan José Arguedas Murillo**, cédula de identidad 4-0178-0587, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el proyecto denominado: **“MEJORA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LLANTAS EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA, BELÉN”**, el cual ha elaborado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado e indicado las observaciones relativas al contenido analizado particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico, análisis de datos, la coherencia entre las oportunidades de mejora identificadas y las propuestas, conclusiones y recomendaciones en términos de aporte del proyecto de graduación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

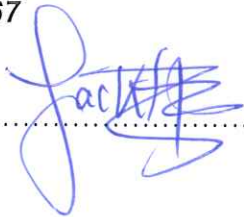
Atentamente,

Jacqueline Brenes Granados

Cédula 701380274

IPI-27267

Firma.....

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jacqueline', is written over a dotted line. The signature is stylized and includes a large loop at the end.

21 de junio del 2018

Señores

Universidad Hispanoamericana

Ingeniería Industrial

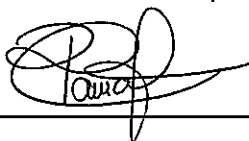
Presente

Estimados señores:

El suscrito **Edith Raissa Pizarro Alfaro**, con cédula de identidad número **4 0178 0133**, profesional en Filología, hace constar que revisó el documento denominado **MEJORA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LLANTAS EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA, BELÉN**, del estudiante **JUAN JOSÉ ARGUEDAS MURILLO**, al cual se le aplicaron las revisiones y observaciones relacionadas con aspectos de construcción gramatical, ortografía, redacción entre otros.

Dado lo anterior, certifico que el documento contiene las observaciones y correcciones solicitadas quedando de conformidad con lo pactado.

Atentamente,



Edith Raissa Pizarro Alfaro

Código 35554

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	ii
DECLARACIÓN JURADA.....	xii
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR.....	xiii
DEDICATORIA.....	xiv
AGRADECIMIENTO.....	xv
ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	19
1.1 INTRODUCCIÓN.....	20
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....	21
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	24
1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	27
1.5.1 Objetivo general.....	27
1.5.2 Objetivos específicos.....	27
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	28
1.6.1 Alcances.....	28
1.6.2 Limitaciones.....	28

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	29
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL.....	30
2.1.1 Ingeniería Industrial.....	30
2.1.2 Ingeniería de Métodos.....	31
2.1.3 Control de la calidad	31
2.1.4 Gráficos de control	31
2.1.5 Diagrama de Pareto.....	32
2.1.6 Análisis multi voto.....	33
2.1.7 Lluvia de ideas.....	34
2.1.8 Diagrama de Ishikawa	34
2.1.9 Diagrama de flujo	35
2.1.10 Diagrama de caja o Boxplot	37
2.1.11 Matriz de causa y efecto	37
2.1.12 Análisis de Modo de Falla y Efecto	40
2.1.13 MSA.....	42
2.2 MARCO ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYETOS.	43
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.....	44
2.3.1 Corto plazo	44
2.3.2 Largo plazo.....	45
2.4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO EXPERIENCIAS O SEMEJANTES.	45

2.4.1 Autores consultados: Coincidencias o discrepancias.....	45
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	49
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	49
3.1.1 Finalidad.....	49
3.1.2 Dimensión.....	50
3.1.3 Naturaleza.....	50
3.1.4 Carácter.....	50
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTATIVO DEL PROYECTO.....	51
3.2.1 Definir.....	51
3.2.2 Medir.....	51
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.....	52
3.2.1 Planificar.....	52
3.2.2 Hacer.....	52
3.2.3 Verificar.....	53
3.2.4 Actuar.....	53
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	53
3.3.1 DMAIC.....	54
Definir.....	54
Medir.....	54
Analizar.....	55

Implementar	55
Control.....	55
3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.....	
Revisión de los planes.	56
3.3.3 Datos numéricos.....	57
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS.	
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	
4.1.1 Variables para un diagnóstico	58
4.1.2 Proceso.....	58
4.1.2.1 Banbury.....	59
4.1.2.2 Tubuladora	59
4.1.2.3 Calandra	59
4.1.2.4 Steelastic	60
4.1.2.5 Aros	60
4.1.2.6 Armado.....	60
4.1.2.7 Vulcanización	60
4.1.2.8 Inspección Final.....	61
4.1.3 Uniformidad.....	61
4.1.3.1 ¿Qué es una llanta No Uniforme?	61
4.1.3.2 Parámetros de Uniformidad.....	62

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS Y VARIABLES DEL PROBLEMA.....	67
4.2.1.1. Análisis del mercado	67
4.2.1.2 Pareto Scrap por tipo de llanta	68
4.2.1.3 Gráfico de pastel, scap META por tipo de defecto	70
4.2.1.4 Boxplot META por máquina	71
4.2.1.5 Lluvia de ideas o “brainstorming”	72
4.2.1.6 Diagrama de Ishikawa.....	73
4.2.1.7 Análisis Multi voto	76
4.2.1.8 IPO MAP	77
4.2.1.9 Matriz causa y efecto.....	79
4.2.1.10 Matriz de análisis de modo de falla y sus efectos FMEA	81
4.2.2.1 R&R.....	83
4.2.2.2 Análisis de capacidad.....	86
CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....	89
5.1 DISEÑO	90
5.1.1 Analizar	90
5.1.2 Colocación de la ceja.....	90
5.1.3 Ancho de uniones de tela y sellante.....	92
5.1.4 Presión de formado de llanta verde.	94
5.1.5 Diámetro del BT	96
5.1.6 Diseño de rodado	97

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	119
6.1 CONCLUSIONES	120
6.1.1 Diseño de rodado	101
6.1.2 Presión de formado de llanta verde	105
6.1.3 Spot de colocación de ceja.....	107
6.1.4 Indicadores del proyecto	111
6.1.5 Costos y beneficios	114
6.2 RECOMENDACIONES	119
6.2.1 Recalificación de llantas.....	121
6.2.2 Presión de inflado de la llanta verde.....	122
6.2.3 Uniones de tela radial y sellante.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	125

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1	23
IMAGEN 2 GRÁFICO DE CONTROL	32
IMAGEN 3 DIAGRAMA DE PARETO	33
IMAGEN 4 DIAGRAMA DE CAUSA – EFECTO	35
IMAGEN 5 DIAGRAMA DE FLUJO.....	36
IMAGEN 6 DIAGRAMA DE CAJA.....	37
IMAGEN 7 MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO.....	39
IMAGEN 8 FMEA	41
IMAGEN 9 MSA	42
IMAGEN 10 INDICADOR DE CAPACIDAD	47
IMAGEN 11 CÁLCULO DE CAPACIDAD DE PROCESO.....	48
IMAGEN 12 CÍRCULO DE MEJORA CONTINUA.....	53
IMAGEN 13 MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE LLANTAS	59
IMAGEN 14 TUO.....	62
IMAGEN 15 ONDA DE RPP.....	63
IMAGEN 16 ONDA DE RH1	64
IMAGEN 17 LPP	65
IMAGEN 18 CONICIDAD.....	65
IMAGEN 24 DIAGRAMA DE ISHIKAWA	75
IMAGEN 25 REPETIBILIDAD EN UN SISTEMA DE MEDICIÓN.....	83
IMAGEN 26 REPRODUCTIBILIDAD EN UN SISTEMA DE MEDICIÓN.....	84
IMAGEN 29 ESTÁNDAR DE COLOCACIÓN DE MATARILES	91

IMAGEN 31 BOX PLOT SPOT DE COLOCACIÓN DE CEJA.....	92
IMAGEN 36 MATRIZ DEL RODADO.....	98
IMAGEN 38 DISEÑO DEL RODADO	100
IMAGEN 39 DIAGRAMA DE GANTT DE SETIEMBRE 2017 A ENERO 2018.....	118
IMAGEN 40 GUÍA CORPORATIVA PARA CAMBIOS EN LA LLANTA.....	102
IMAGEN 41 CAMBIO EN EL DISEÑO DEL RODADO	103
IMAGEN 43 HOJA DE PARÁMETROS.....	106
IMAGEN 44 ESTÁNDAR DE COLOCACIÓN DE CEJA	108
IMAGEN 45 ESTÁNDAR DE COLOCACIÓN DE CEJA	110

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 LLUVIA DE IDEAS	73
TABLA 2 ANÁLISIS MULTIVOTO	76
TABLA 3 IPO MAP	78
TABLA 4 MATRIZ DE CAUSA Y EFECTO	80
TABLA 5 FMEA	82
TABLA 6 RANGO DE VALORES DE RPP PARA LA META.....	86
TABLA 7 PRUEBA DE ANCHO DE UNIONES	92
TABLA 8 COMPILADO DE SCRAP Y YIELD.....	112
TABLA 9 ANÁLISIS ECONÓMICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 10 CAPACIDAD DE PROCESO	116

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 SCRAP MENSUAL PLANTA DE COSTA RICA 2017	66
GRÁFICO 2 YIELD MENSUAL PLANTA DE COSTA RICA 2017.....	66
GRÁFICO 3 GRÁFICO DE PASTEL DE LOS MERCADOS DE BRIDGESTONE COSTA RICA	67
GRÁFICO 4 DIAGRAMA DE PARETO DE “SCRAP” POR TIPO DE LLANTA.....	69
GRÁFICO 5 GRÁFICO DE PASTEL, META POR TIPO DE DEFECTO	70
GRÁFICO 6 BOXPLOT META POR MÁQUINA.....	71
GRÁFICO 7 R&R DE LAS TUO	85
GRÁFICO 8 ESTUDIO DE CAPACIDAD DEL PROCESO DE ARMADO DE LLANTAS	87
GRÁFICO 9 BOX PLOT SPOT DE COLOCACIÓN DE CEJA.....	91
GRÁFICO 10 TEST DE ACHO DE UNIONES	93
GRÁFICO 11 TEST DE ACHO DE UNIONES	94
GRÁFICO 12 TEST DE PRESIÓN DE FORMADO DE LA LLANTA VERDE	95
GRÁFICO 13 DIÁMETROS DE BT.....	97
GRÁFICO 14 DISEÑO DEL RODADO	99
GRÁFICO 15 CAMBIO EN EL DISEÑO DEL RODADO	104
GRÁFICO 16 GRÁFICO DE CONTROL DE RPP	111
GRÁFICO 17 DISTRIBUCIÓN MENSUAL DEL SCRAP	112
GRÁFICO 18 CAPACIDAD DE PROCESO DE DESPUÉS	114

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primero que todo a Dios que me permitió llegar hasta aquí a pesar de los problemas y adversidades me brindó las fuerzas y la motivación necesaria para continuar día con día.

A mis padres Juan Arguedas B. y Alexandra Murillo S, responsables de mi educación, de brindarme los principios éticos y morales que me permitieron desarrollar mi carrera, quienes me impulsaron e inculcaron los deseos de superarme siempre.

A mis hijos Fiorella y Juan José Arguedas C. es por ellos que inicié mi carrera, ellos son mi más grande motivación en la vida, sacan lo mejor de mí.

Por último dedico esta tesis a una persona muy importante para la concesión de esta tesis a Jessica Quirós por toda su ayuda y motivación que no me dejó desfallecer a pesar de todos los retos y dificultades que se presentaron en el camino.

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios la oportunidad de poder culminar mi carrera es para él toda la honra y la gloria

Agradecer a Bridgestone de Costa Rica empresa que me abrió las puertas para poder desarrollar mi proyecto de tesis, me brindó todo lo necesario, recursos y tiempo, a las personas dentro de la empresa que me tendieron la mano tan amablemente para brindarme su apoyo y ayuda mostrando una empatía total con el objetivo de sacar el proyecto adelante.

A los profesores de la universidad que me ayudaron en todo momento que me transmitieron su conocimiento y sabiduría, mencionar nombres sería una falta de respeto ya que puedo olvidar alguno, estaré eternamente agradecido y espero mostrar todo lo aprendido.

Agradezco también a mi tutor que me brindó su apoyo y colaboración en todo momento y aportó su granito de arena para ayudar a concluir este proyecto.

ABREVIATURAS

RPP: son las fuerzas verticales que actúan sobre la llanta y que son transferidas al eje y en consecuencia al vehículo y al conductor.

RH1: es la primera armónica de las fuerzas radiales que produce más perturbaciones en la llanta (RH1), o sea la deformación o irregularidad mayor en la llanta.

LPP: son las fuerzas laterales que actúan sobre la llanta y que son transferidas al eje y en consecuencia al vehículo y al conductor.

CON: es la tendencia a la desviación hacia la izquierda o a la derecha de una llanta en servicio.

TUO: (Tire Uniformity Optimizer). Por sus siglas en inglés es una máquina optimizadora de la uniformidad de llantas.

KAIZEN: palabra japonesa que quiere decir cambio o mejorar

DMAIC: acrónimo de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar

SMART: acrónimo de los pasos de la metodología para establecer objetivos: Specific, Measurable, Attainable, Relevant y Time-Related.

Specific: se traduce al español como específico.

Measurable: se traduce al español como medible.

Attainable: se traduce al español como alcanzable.

Relevant: se traduce al español como relevante.

Time-Related: se traduce al español como, en un tiempo determinado

Lean Manufacturing: es una metodología de producción esbelta, un modelo de producción para eliminar los uno o más de los siete tipos de desperdicio.

Scrap: es una palabra inglesa que se traduce como chatarra o residuo

Yield: es el rendimiento obtenido por un apostante que se mide en relación entre las unidades ganadas y las unidades apostadas, dándonos de esa forma el porcentaje de rendimiento de sus apuestas realizadas

MSA: análisis del sistema de medición.

FMEA: análisis de modo de falla.

R&R: estudio de repetibilidad y reproducibilidad

C&E: diagrama de causa y efecto.

KPIV: variable clave de entrada

IPO MAP: Mapa de entradas y salidas del proceso

META: Nombre que recibe la llanta 205/60 R16 Winterforce en el proyecto

RESUMEN

El proyecto, mejora del proceso de elaboración de llantas para optar por el grado de licenciatura en la carrera de ingeniería industrial se desarrolló en la planta de manufactura llantas de Bridgestone, Heredia Belén entre los meses de septiembre de 2017 a enero del 2018.

Bridgestone de Costa Rica es una empresa que exporta sus productos a diferentes mercados en mundo, Japón, Estados Unidos, Canadá, México el Caribe; de la gama de productos elaborados en Costa Ricas Bridgestone fabrica llantas para recambio.

Uno de los objetivos de la empresa es crear oportunidades en otros mercados como el de llantas de equipo original, son vendidas a la empresas manufactureras de llantas como Toyota con un margen de ganancia superior al de las llantas de recambio pero los estándares de calidad son más rigurosos que los actuales, ahí la necesidad de mejorar sus indicadores de calidad y desempeño de sus llantas.

Dicho proyecto tiene como finalidad definir las variables que afectan la uniformidad de las llantas, establecer una línea base del actual del problema, además de mejorar los indicadores del departamento de uniformidad, brindar e implementar contramedidas efectivas que permitan sufragar los problemas para mejorar la calidad y el desempeño del producto final.

Con el uso el recurso humano en el análisis de datos y sus tendencias, empleo de nuevos diseños, implementación de estándares se logró mejora en el nivel de scrap de la META, llanta representaba un costo mensual de 1.292.000 colones, con estos números se podría recuperar la inversión realizada en menos de dos meses, además de la generación de conocimiento y la ruptura de paradigmas dentro de la compañía.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN.

El objetivo principal de este proyecto se descompone en cuatro objetivos específicos enfocados en la reducción de la variabilidad del proceso de elaboración de llantas la cual es el principal factor que afecta la calidad.

El enfoque está sustentado en que la empresa Bridgestone Firestone se dedica a la manufactura de llantas de recambio y de refacción para equipo original, al exportar llantas a diferentes mercados en América con una alta gama de dimensiones, la cual conlleva a una convergencia de diferentes materiales y diferentes variables en el proceso de conformación de llantas hacen este proyecto ideal para trabajar en la reducción de la variabilidad antes mencionada.

A nivel de detalle, el Departamento de Armado de la empresa cuenta con maquinaria de avanzada tecnología donde se ensamblan las llantas en dos etapas, estas máquinas se les conoce como 99s y 88s, las máquinas KBN y KBKAI son las más modernas y estas producen las llantas en una sola etapa prescindiendo de un operador, reduciendo tiempos y costos de operación, esta tesis se enfocará en este tipo de máquinas ya que la empresa está en una etapa de modernización de sus equipos con el fin de mejorar la calidad de sus productos y la reducción de costos de manufactura.

La justificación de la investigación y la pregunta del problema del capítulo se limita al Departamento de Armado que cuenta con varios indicadores de proceso entre ellos el “scrap” (llantas desechadas como basura por algún desperfecto), “waste” (material que debe ser reprocesado), “yield” (es el porcentaje de llantas que no requieren de ningún re trabajo posterior a su vulcanización) de las máquinas y el pulido por la uniformidad, estos dos últimos con una correlación muy fuerte; las llantas deben ser re trabajadas si tienen altos promedios de RH1 y RPP (fuerzas radiales) LPP y conicidad (fuerzas laterales), cada una de estas fuerzas si se salen de los rangos establecidos por la corporación pueden generar “scrap” (llantas desechadas como basura por algún desperfecto), o desmejorar los niveles del “yield” (es el porcentaje de llantas que no

requieren de ningún re trabajo posterior a su vulcanización) de la planta (Cantidad de llantas que deben ser reprocesadas por algún defecto menor).

Para el capítulo dos abarcaremos los conceptos relevantes para poder comprender y desarrollar el tema de estudio, mediante una investigación de tipo cuantitativa se estudiarán los KPIs o Indicadores de proceso clave que impactan la calidad en el proceso de manufactura de llantas, bajo una estructura DMAIC se coleccionará una muestra significativa de datos que permita evaluar tendencias y nos ayude a plantear una hipótesis sobre el comportamiento de las llantas que se salen de los límites de control.

Así mismo el capítulo tres profundizará la metodología y el rumbo que llevará la investigación con un enfoque Seis Sigma con el cual se analizarán estadísticamente los datos para formular propuestas que permitan reducir el pulido por uniformidad, actualmente la empresa requiere mejorar todos sus indicadores para poder optar por otros segmentos del mercado como las llantas de equipo original para PSR y LTR, esto significaría nuevos contratos aumentando el volumen de la elaboración de llantas para la planta de Costa Rica la cual al día de hoy solo manufactura llantas de recambio, si se optimiza el proceso logrando elaborar llantas bajo los límites propuestos por el mercado norteamericano permitiría a Bridgestone de Costa Rica ser una opción más dentro de la corporación global para manufacturar llantas de una calidad superior que genere más réditos e inversión de capital y tecnología en Costa Rica permitiendo incluso vender directamente a las grandes empresas automovilísticas como Toyota, lo cual hoy no es posible por los requerimientos a nivel automotriz de dichas empresas.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.

Todo comenzó con el cambio de siglo, cuando se estableció "Firestone Tire & Rubber Co." en agosto de 1900. Fue entonces cuando un inventor y empresario de treinta y un años llamado Harvey S. Firestone, desarrolló una nueva manera de fabricar neumáticos para automóviles y comenzó la producción con doce empleados en Akron,

Ohio. Su esfuerzo e integridad fueron reconocidos cuando sus cubiertas fueron elegidas por Henry Ford para la primera producción en masa de automóviles en los EEUU. Para poner sus neumáticos a una última prueba y publicitar su superior rendimiento, en 1911 Firestone comenzó con lo que se convertiría en una legendaria historia en carreras de autos, participando y ganando las primeras 500 millas de Indianápolis, los autos que utilizaron Firestone obtendrían más de cincuenta victorias.

Del otro lado del globo, Shojiro Ishibashi, estaba transformando su pequeña empresa familiar, dedicada a fabricar "Tabi" (un tradicional calzado japonés), en una moderna empresa manufacturera en 1928, Ishibashi comenzó una investigación sobre neumáticos, con la ambición de convertirse en el primer productor japonés.

La Compañía de Neumáticos Bridgestone Ltd. fue fundada en 1931. Alerta a la preferencia de los japoneses en consumir productos americanos e ingleses, consiente del mercado mundial, Ishibashi, utilizó como nombre de su compañía su apellido, que literalmente significa "Stone- bridge" en japonés, pero revertido él prefirió llamarla Bridgestone ya que era similar a Firestone una empresa que el admiraba.

En 1960, Bridgestone experimentó un rápido crecimiento y un desarrollo internacional junto a la industria automotriz japonesa. Un programa total para mejorar aún más la calidad e incrementar la productividad culminó con el recibimiento del prestigioso premio Deming Bridgestone que compró a Firestone en 1988, marcando la transformación de dicha empresa en una verdadera corporación global. Las operaciones de Bridgestone y Firestone en América fueron consolidadas en 1990 bajo la organización unificada llamada Bridgestone Firestone, Inc.

Bridgestone Costa Rica cuenta en su planta Belén con un total de 914 colaboradores. Se producen 11.400 neumáticos por día y la suma total durante 2015 ascendió a 3.260.000 unidades. Las ventas del mismo año consistieron en un total de \$206.636 millones de dólares. Inició en la provincia de Heredia, bajo el nombre de Firestone de Costa Rica. Esta empresa contó en sus inicios con 200 asociados que producían a

diario 425 llantas. Sin embargo, en el 2009 la empresa cambió su razón social a Bridgestone de Costa Rica (BSCR) y con esto inició una rápida escalada de crecimiento y productividad, la cual llegó a alcanzar una operación que suma 914 colaboradores que apoyan la fabricación diaria de aproximadamente 11.400 neumáticos.

Alcanzar este nivel de producción marcó trascendentalmente a la empresa y abrió el camino a Bridgestone Costa Rica para destacarse por la amplia gama de modelos y categorías de llantas que ofrece al mercado de Centroamérica y el Caribe, desarrolla, fabrica y comercializa una gran variedad de llantas de calidad para diferentes medios de transporte bajo los nombres de Bridgestone, Firestone y otras marcas asociadas. Mediante las marcas de Bridgestone y Firestone se producen llantas para consumo masivo en vehículos livianos.

En este segmento también se fabrican llantas de equipo original para las marcas Toyota, Chrysler y Volkswagen.



Imagen 1

Algunas cifras relevantes de Bridgestone de Costa Rica

Fuente: Bridgestone de Costa Rica

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Bridgestone debe reducir la variabilidad en la manufactura de llantas para mantener indicadores de reproceso y de “scrap” adecuados, que le permitan ser una de las primeras opciones de mercado en USA. Para el 2016 los porcentajes de “yield” y “scrap” de la compañía cerraron en un 93% y 0.4% respectivamente, si Bridgestone produce unas 11000 llantas diarias, en el año serían alrededor de 3 800 000 llantas, lo que significa que si esta producción tiene un 93% de “Yield” podemos afirmar que un 7% se re trabaja lo que significaría unas 266 000 llantas, además unas 15 200 llantas (0.4%) fueron declaradas “scrap”. Esto representa pérdida de recursos importantes para la empresa como materia prima, energía, mano de obra entre otros.

Debido a esta condición nace la necesidad de reducir los defectos generados en el Departamento de armado para dejar de perder las ventas generadas por estos factores, de esta situación surge la pregunta:

¿Cómo minimizar o eliminar las llantas con defectos generadas en el proceso de ensamblado de llantas para mejorar los indicadores de pulido por uniformidad y “scrap” del departamento productivo de Armado en Bridgestone de Costa Rica para el segundo semestre del año 2017?

Para la investigación se trabajará con las llantas PSR y LTR de mayor volumen de producción que además se exportan a los Estados Unidos, dicha investigación se llevará a cabo en la planta Bridgestone de Costa Rica, La Rivera de Belén, Heredia dentro del departamento productivo de Armado para el segundo semestre del año de 2017.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad las industrias están en una búsqueda constante de nuevos nichos del mercado, nuevos clientes y además de eso buscan posicionarse en la mente de los compradores mediante una mayor participación en un mundo ya globalizado, donde los competidores pueden vender sus productos desde cualquier parte del mundo las 24 horas del día, es por eso que no es suficiente fabricar productos de buena calidad o

con un precio razonable, atractivo para los clientes y que además sea competitivo, se debe ir más allá innovando para no quedarse rezagado con el resto de la competencia.

Las industrias han tenido que arreglárselas para adaptarse lo más rápido posible a los cambios del mercado con la finalidad de satisfacer las necesidades del cliente, por ende se tiene que estar en un movimiento constante en búsqueda de nuevos materiales, implementado nuevas tecnologías para manufacturar sus productos, mejorar sus procesos, crear productos innovadores que ayuden a generar nuevos mercados donde no existan tantos competidores, dejar a un lado la competencia destructiva entre empresas, ampliando los horizontes del mercado y generando valor a través de la innovación.

Para McHugh y Wheeler (1996) “Al pensar en los negocios como procesos y no como funciones, los administradores pueden enfocar sus esfuerzos para simplificar los procesos y crear valor con menos esfuerzo, en lugar de concentrarse en reducir el tamaño de las funciones para simplemente reducir costos” (p.77).

Los autores del libro Chan, W. y Mauborgne, R. (2004) “La Estrategia del Océano Azul” utilizan un símil para diferenciar las oportunidades que ofrece el mercado: “los océanos rojos y los océanos azules”) Los océanos rojos representan todas las industrias que existen en la actualidad, mientras que los azules simbolizan las ideas de negocio desconocidas donde no existen tantos competidores o en el mejor de los casos ninguno.

El desafío de la innovación conlleva varios problemas, para su desarrollo las empresas deben hacer cambios radicales en sus formas de producir o incluso renovar sus productos, es crítico hacer reingeniería, romper paradigmas que al momento de realizar todos estos cambios muestren que si se puede modificar las recetas, procedimientos, límites de control, especificaciones y demás partes del proceso para poder cumplir con las nuevas metas que antes nadie se atrevía a cambiar y solo escuchábamos la frase “Así se ha hecho siempre”.

Durante las etapas diseño, implementación y desarrollo de estos cambios se generan gastos de reprocesos o scrap, normales para cualquier empresa, una vez que se procede a su implementación es imprescindible poner en marcha mecanismos de control y mejora continua que permitan medir su calidad. Estos mecanismos deben utilizarse sistemáticamente para conocer algunos de los aspectos claves en el desarrollo del proceso:

- Si su variabilidad se mantiene dentro de márgenes aceptables.
- Si los indicadores del proceso son satisfactorios.
- Si los usuarios están satisfechos.

Bridgestone de Costa Rica es una empresa de capital japonés con una fuerte ideología de mejora continua donde la innovación de sus productos es uno de sus pilares; para Bridgestone el cliente es su prioridad, es el jefe y se debe servir al cliente con calidad superior.

Reducir el pulido por uniformidad, “waste”, “scrap” implica mejorar la estabilidad del proceso impactando directamente la calidad con que se manufacturan las llantas que salen al mercado. Actualmente la empresa fabrica en promedio entre 11000 y 12000 llantas diarias que son exportadas a norte, centro y sur América además del Caribe, las llantas que se fabrican en Costa Rica son de recambio para pasajero radial (PSR), todo propósito para camioneta liviana (LTR), agrícola (AGR) y de refacción para equipo original (TEMPA), todas las llantas antes mencionadas tienen límites de control para las fuerzas radiales que actúan sobre la llanta establecidos por la corporación.

Las llantas de equipo original son llantas que se venden directamente a las plantas manufactureras de vehículos como Toyota, Chrysler y Volkswagen, estas generan un alto volumen de producción y mayores réditos pero tienen rangos de calidad más rigurosos que los rangos para las llantas de recambio producidas actualmente en Costa Rica, para poder producir llantas de equipo original PSR y LTR, Bridgestone Costa Rica

deben mejorar la variabilidad de su proceso, esto le permitirá estar preparado para poder asumir contratos para la elaboración de llantas de equipo original en un futuro.

1.5 OBJETIVOS DEL PROYECTO.

1.5.1 Objetivo general.

Mejorar el proceso de elaboración de llantas disminuyendo el pulido de llantas afectadas principalmente por la falta de uniformidad debido a las fuerzas laterales y radiales que se da en el proceso de elaboración de llantas PSR y LTR exportadas a USA en el Departamento de armado en Bridgestone de Costa Rica para el 2017.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Determinar mediante la metodología “six sigma” cuáles son las posibles causas de la varianza a nivel de desviación de las fuerzas que actúan sobre la llanta.
- Mejorar el nivel de uniformidad para la manufactura de llantas exportadas a USA a través de la eliminación o reducción de la fuerzas radiales y laterales que afectan la uniformidad de la llanta.
- Establecer controles que permitan un proceso más centrado dentro de los límites de control para reducir el “scrap” y reproceso de las medidas que se envían a USA.
- Ejecutar un plan de mejoras que permitan minimizar o eliminar los defectos que impactan la falta de uniformidad de las llantas y el costo beneficio de implementar las contramedidas.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.

1.6.1 Alcances.

- Dicha investigación se lleva a cabo en el Departamento de Armado en las máquinas KBN que manufacturan llantas en una sola etapa con un estimado de producción superior a las 300 llantas diarias.
- El objeto de estudio son las llantas PSR y LTR que se exportan a USA con mayor volumen de producción.
- Se analizan únicamente los defectos que aporten mayor cantidad de llantas pulidas por uniformidad que impacten directamente el “yield” y el “scrap” del departamento de armado para el 2017.

1.6.2 Limitaciones.

- El objeto de estudio y tamaño de la muestra depende directamente de la producción de las medidas que se analizarán y esta va ligada a la demanda del mercado por lo que se puede ver afectada.
- El sistema de medición de la uniformidad se realiza en la máquina TUO “Tire uniformity optimizer” por sus siglas en inglés, para las llantas elegidas solo existen dos TUO con la capacidad de medir dichas llantas por lo tanto la medición depende de la funcionalidad y disponibilidad de la mismas durante el periodo de estudio.
- Por políticas corporativas cualquier tipo de fotografía o información técnica de la maquinaria involucrada en la investigación es totalmente confidencial por ser propiedad intelectual de Bridgestone.
- Las pruebas destructivas de llantas para poder constatar las mejoras propuestas quedarán sujetas a la aprobación de Bridgestone según sea su conveniencia o la del proyecto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL.

2.1.1 Ingeniería Industrial

Es la rama encargada fundamentalmente del análisis, diseño, logística, programación y control de los sistemas productivos con la finalidad de implementar y establecer estrategias de mejora continua u optimización de cualquier tipo de proceso ya sea productivo o administrativo con el objetivo de lograr el máximo rendimiento de los procesos de creación de bienes y/o la prestación de servicios además de la optimización de los recursos empleados en dichos procesos.

Se puede definir como un conjunto de principios, reglas, normas, conocimientos teóricos y prácticos aplicados para disponer de los recursos materiales y los procesos realizados dentro de la industria con el propósito proyectar, diseñar, evaluar, planear, organizar, operar equipos para transformarlos en bienes, y servicios que puedan satisfacer las necesidades o requerimientos del cliente.

La ingeniería industrial es vital en el momento de ejecutar o planear cambios en los procesos generados por la globalización e internacionalización, caracterizados por el cambio de los estándares que de alguna forma afectan las realidades del país y por ende las realidades locales. (Valecia Giraldo, 1999).

El ingeniero Industrial es llamado a ser el agente de cambio dentro de la compañía, su formación, esfuerzos y recursos se dirigen a implementar la mejora continua de los procesos productivos, que involucran los aspectos más importantes de una empresa

tales como: los empleados, los materiales utilizados, la información, los equipos y las nuevas tecnologías.

2.1.2 Ingeniería de Métodos

Es una técnica que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente para llevar a cabo un trabajo, su objetivo fundamental es aplicar métodos más sencillos que permitan facilitar y hacer más eficientes los procesos obteniendo como resultado el aumento la productividad se relaciona con la reducción del contenido de trabajo, cantidad de pasos en una tarea de una operación, donde se analiza en primera instancia lo más general en este caso el proceso para luego ir a los más específico la parte operacional.

2.1.3 Control de la calidad

El control de la calidad es la parte técnica que nos permite establecer límites para monitorear de forma constante las variables críticas de calidad de un bien o servicio, los límites de control son primordiales para saber si el producto se está desempeñando correctamente si este no tiene un patrón de comparación.

(Acuña,2009) afirma que el control de calidad es el conjunto de actividades que se realizan sobre un proceso o producto con el fin de verificar que este se encuentra dentro de los límites fijados por un patrón previamente establecido.

Para la ejecución adecuada de un control se deben recolectar datos, analizarlos por medio de métodos científicos para posteriormente ser comparados contra un patrón y poder obtener conclusiones y recomendaciones utilizando no solo los datos suministrados si no también la experiencia generada por quien va a tomar la decisión; para poder realizar un control de calidad dentro de un proceso, se debe aplicar herramientas ingenieriles y tener claro conceptos estadísticos, comentaremos algunas de las herramientas más utilizadas.

2.1.4 Gráficos de control

Este es un gráfico muy sencillo, de rápida construcción y aplicación, este facilita el análisis de los datos representando mediante barras los límites reales en el eje “y” y la

frecuencia (Absoluta o relativa) en el eje “x”. Por su parte el gráfico de control es una representación gráfica que muestra cronológicamente el comportamiento de una o más características de la calidad, fijando sus límites por el comportamiento histórico de la producción y los valores de calidad establecido. Menciona Acuña (2009) “ Los datos que se grafican y que proviene de muestreos estadísticos deben de comportarse dentro de los límites para que mantengan su variación natural” p.199).

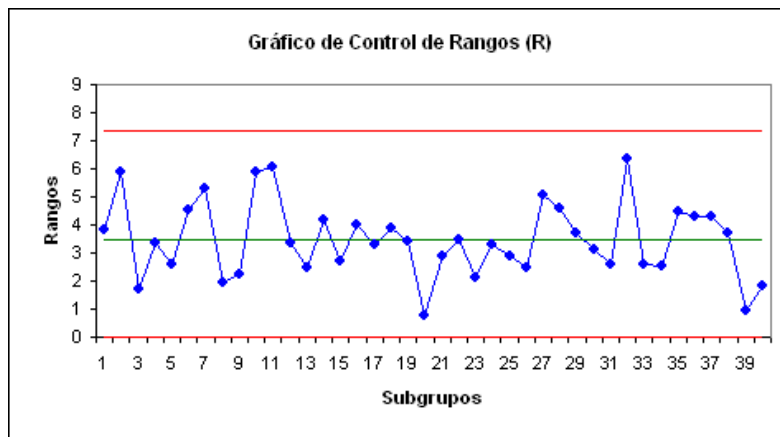


Imagen 2 Gráfico de control

Fuente: Google imágenes, <https://optyestadistica.wordpress.com/files/2009/04/figuras7.gif>

2.1.5 Diagrama de Pareto

Esta es una herramienta matemática que muestra de manera gráfica donde se concentra la mayoría de eventos ocurridos de las características del objeto en estudio, (AITECO Consultores, 2013) afirma que el diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales).

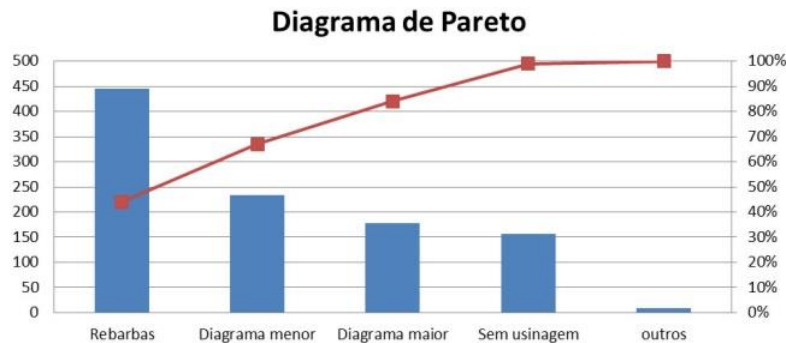


Imagen 3 Diagrama de Pareto

Fuente: Google imágenes,

<https://www.citisystems.com.br/wp-content/uploads/2012/11/diagrama-de-pareto1.jpg>

También conocido como el diagrama de ochenta veinte porque el gráfico puede mostrar una relación donde el 80% de los problemas de un objeto de estudio son debido a un 20% de las causas posibles Afirma Acuña. (2009)

De 0% a 80%

Se denominan carecterísticas críticas.

De más de 80% a 90%

Se denominan carecterísticas mayores.

De más de 95% a 98%

Se denominan carecterísticas menores.

De más de 98% a 100%

Se denominan carecterísticas críticas

2.1.6 Análisis multi voto

Este tipo de herramienta es de gran utilidad para evaluar el comportamiento de un problema y definir sus componentes más importantes, ya que dicho problema se puede estar generando por una o varias causas, dicha herramienta nos permite no solo el establecimiento de las causas sino priorizar o ponderar las causas, según sea la importancia para la resolución del problema.

Un buen análisis es de vital importancia para poder definir correctamente el problema y sus causas, con un equipo de especialistas en el tema se somete a un escrutinio cada una de la variable que puedan afectar o impactar al problema, realizando preguntas como: ¿qué?, ¿quién?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿cuánto?, ¿dónde?, al responder cada

especialista las preguntas se forma un mejor criterio del problema y se ponderan las variables para descartar las que no tengan influencia en el problema.

2.1.7 Lluvia de ideas

También conocido como tormenta de ideas, es una técnica donde se reúne un grupo de expertos de diferentes ramas o campos que estén relacionados con el tema de estudio para generar nuevas ideas en un ambiente de mutua colaboración y análisis, con ella se pretende obtener nuevas ideas o enfoques innovadores que permitan brindar soluciones, rompiendo los posibles paradigmas existentes alrededor del problema

Es de suma importancia delimitar el área de ejecución y recursos disponibles para aprovechar al máximo tanto el potencial de cada persona, como el de la herramienta misma. Durante la sesión se debe de mantener una “mente abierta”, para poder discernir las ideas que puedan aportar a la solución del problema como las que se deban desechar por un mutuo consenso. Debido a que el objetivo de la lluvia de ideas es generar la mayor cantidad de alternativas posibles sin importar la calidad de estas. Otro aspecto por considerar es que se recomienda al menos dos personas, y máximo un grupo de cinco a doce personas.

2.1.8 Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto conocido también como Diagrama de Espina de Pescado dada su estructura, es una herramienta gráfica que permite descomponer un problema en las posibles causas que expliquen el comportamiento de una o más variables del mismo, es una herramienta de uso sencillo y de rápida aplicación, tampoco requiere de muchos recursos por lo que se convierte en una herramienta muy utilizada en el control de la calidad dado que está orientada a facilitar la toma de decisiones.

Afirma Acuña (2009) “ el diagrama de espina de pescado es un medio de recolectar la información sobre todas las características de calidad generadas en la fabricación de un producto y ordenarlas en categorías” p.140). Es un excelente complemento para la lluvia de ideas y el diagrama de Pareto ya que se pueden priorizar las medidas de

acción relevantes en aquellas causas que representan un mayor porcentaje de problemas y que usualmente en términos nominales son reducidas. Pasos para la construcción del diagrama:

1. Elegir el objeto o proceso de estudio, basado en las quejas de los clientes o fallos del componente.
2. Hacer una lista de todas las características que afectan cada una de las partes del producto, la opinión del operador, supervisor, inspector de calidad o cualquier otra persona relacionada con el proceso es de vital importancia ya que la lista no puede hacerse de forma individual.
3. Ordenar la información de forma secuencial según sean las etapas que intervengan en el proceso.
4. Dibujar las flechas y ramas principales para poder ubicar cada una de las partes que se representan en el proceso y las características de calidad a estudiar.

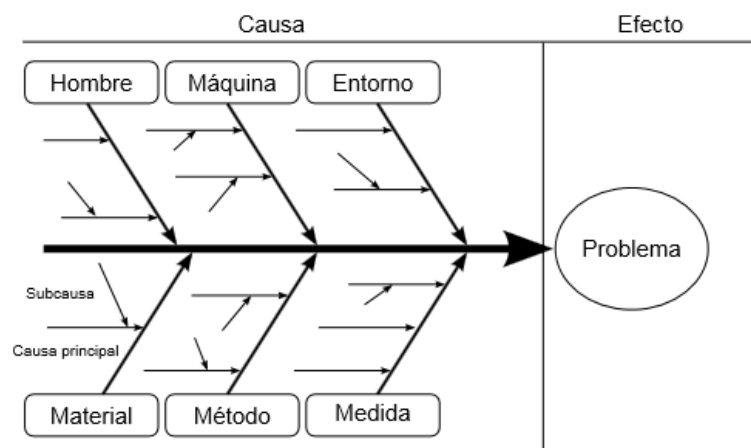


Imagen 4 Diagrama de causa – efecto

Fuente: Google imágenes,

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5b/Diagrama-general-de-causa-efecto.svg>

2.1.9 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es una representación gráfica paso a paso de las actividades del proceso, este diagrama indica todos los controles o procedimientos con hilo conductor

que una cada una de las etapas del proceso de forma lógica. Para representar cada una de las etapas de proceso se utilizan diferentes símbolos con significados específicos que representan las distintas acciones que requiere el proceso; esto con el fin de diferenciar dónde inicia y dónde termina el proceso para pasar al siguiente. Un diagrama puede formar parte de un proceso más grande, todos los símbolos están unidos por flechas para así determinar el recorrido y la siguiente actividad por realizar.

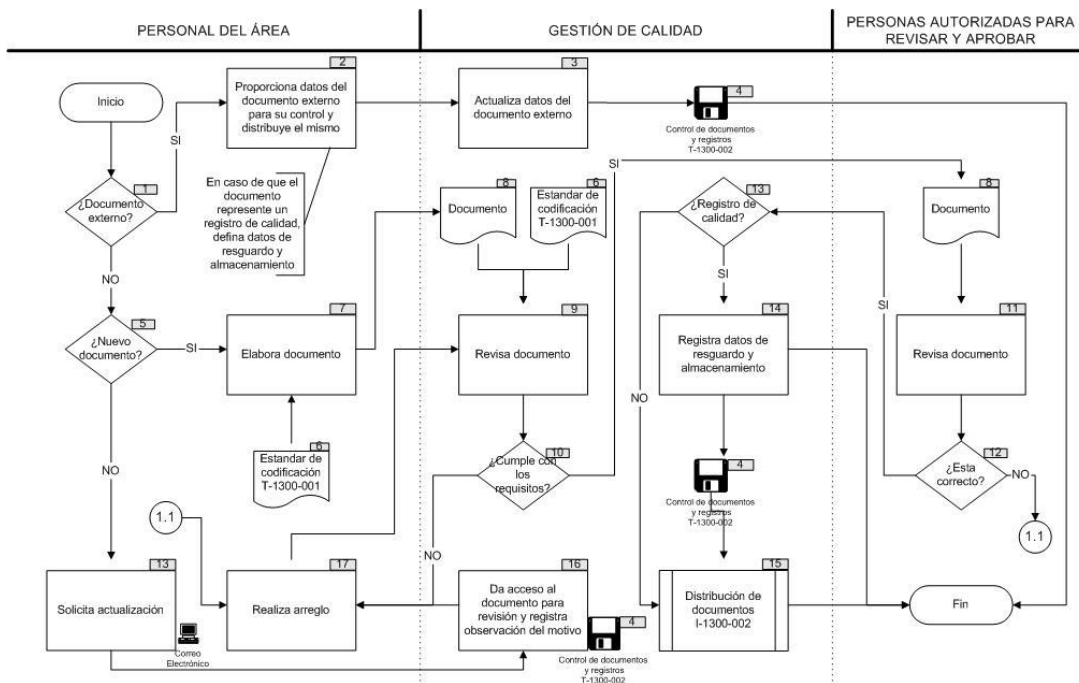


Imagen 5 Diagrama de Flujo

Fuente: Google imágenes, http://2.bp.blogspot.com/-KcpPI_9aT4/Vm3R36WNYVI/AAAAAAAAADw0/trNOGS7MkG4/s1600/diagrama%2Bde%2Bflujo%2Bproceso%2Bde%2Bcontrol%2Bde%2Bdocumentos.JPG

2.1.10 Diagrama de caja o Boxplot

El diagrama de caja y bigotes o boxplot, pertenece al grupo de herramientas estadísticas descriptivas, mediante una representación gráfica muestra cómo se comporta la distribución de los datos, identificar “outliers” (estos son datos atípicos que se salen de la simetría del gráfico, donde la dispersión es muy alta).

La gráfica consiste en una caja donde los lados más largos muestran el intercuartílico, el rectángulo se divide por un segmento vertical que indica donde se posiciona la mediana que coincide con el segundo cuartil, indicando la relación con el primer y tercer cuartil.

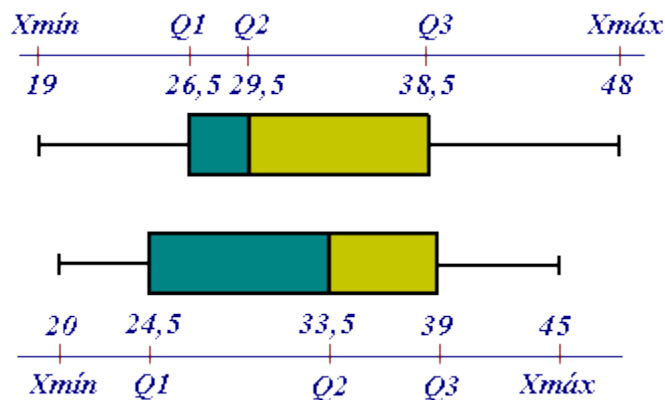


Imagen 6 Diagrama de caja

Fuente: Google imágenes, <http://www.estadisticaparatodos.es/taller/graficas/i/bigote3.gif>

2.1.11 Matriz de causa y efecto

La matriz de causa y efecto es un método de análisis cualitativo preliminar su principal función es ayudar a reducir una lista grande de supuestas causas del problema, se evalúa la interacción que existen entre las entradas y salidas que puedan presentar las posibles “KPIVs” (variable clave de entrada).

El cuadro consta de varias filas donde una vez identificados los factores se introducen en la matriz, se asigna un factor de prioridad a cada salida. Normalmente se utiliza una

escala del 1 al 10 con 1, lo que significa que al cliente le importa poco esto y 10, dado que el cliente otorga una prioridad muy alta a esta salida.

Estas variables serán evaluadas por una serie de columnas donde se ubican los “CTQs” (estas son las variables de calidad importantes para el cliente), una vez evaluados todo los posibles “KPIVs” (variable clave de entrada), se realiza una sumatoria las variables de entra con el puntaje más alto pasan a la siguiente etapa para continuar con sus análisis, las restantes serán descartas.

2.1.12 Análisis de Modo de Falla y Efecto

FMEA por las siglas en inglés de Failure Mode Analysis and Effects es una herramienta cualitativa que se utiliza para identificar los posibles modos de falla de un proceso con el fin de eliminarlos o reducirlos al máximo, como sus principales funciones se pueden citar:

- ✓ La o las posibles formas en las que el proceso puede fallar.
- ✓ Minimiza o elimina las causas de esas fallas.
- ✓ Establece las acciones correctivas necesarias para acabar o reducir el riesgo de una falla.

Una vez establecidos los posibles modos de falla de los “KPIVs” (variable clave de entrada), se calcula el “RPN” (Risk Priority Number) para cada modo de falla, en la matriz se evalúa la severidad que se puede presentar si la falla ocurre, la cantidad de veces o frecuencia con que se presenta la falla y posibilidad de que la falla sea detectada, estos tres rubros son evaluados del 1 como el nivel más bajo al 10 como la puntuación más crítica.

RPN = Severidad X Ocurrencia X Detección

FMEA Form															
Process/Product Name: _____						Prepared By: _____									
Responsible: _____						FMEA Date (Orig.): _____				(Rev.): _____					
Process Step/Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEVERITY (1 - 10)	Potential Causes	OCCURRENCE (1 - 10)	Current Controls	DETECTION (1 - 10)	RPN	Action Recommended	Resp.	Actions Taken	SEVERITY (1 - 10)	OCCURRENCE (1 - 10)	DETECTION (1 - 10)	RPN
What is the process step, change or feature under investigation?	In what ways could the step, change or feature go wrong?	What is the impact on the customer if this failure is not prevented or corrected?		What causes the step, change or feature to go wrong? (how could it occur?)		What controls exist that either prevent or detect the failure?			What are the recommended actions for reducing the occurrence of the cause or improving detection?	Who is responsible for making sure the actions are completed?	What actions were completed (and when) with respect to the RPN?				
Fill carafe with water	Wrong amount of water	Coffee too strong or weak	8	Faded level marks on carafe	4	Visual Inspection	4	128	Replace old carafes	Mei	Carafe replaced 9/15	8	1	3	24
								0							0
								0							0
								0							0
								0							0
								0							0

Imagen 8 FMEA

Fuente: Google imágenes,

https://goleansixsigma.com/wp-content/uploads/2012/02/FMEA_Screenshot_v3.1_GoLeanSixSigma.com_.jpg

2.1.13 MSA

El “MSA” por sus siglas en inglés M measurement, S system, A analysis, es un análisis del sistema de medición se utiliza para poder verificar si los datos que nos proporciona el sistema de medición de las variables de control importantes para el cliente pueden considerarse como confiables.

En el análisis de los sistemas de medición busca medir dos características fundamentales para poder determinar que el sistema es confiable, la repetibilidad y reproducibilidad de los equipos y sistemas de medición implementados. Esto nos permite conocer la precisión de nuestras medidas y estimar la variación que se puede atribuir al proceso asociada al sistema de medición

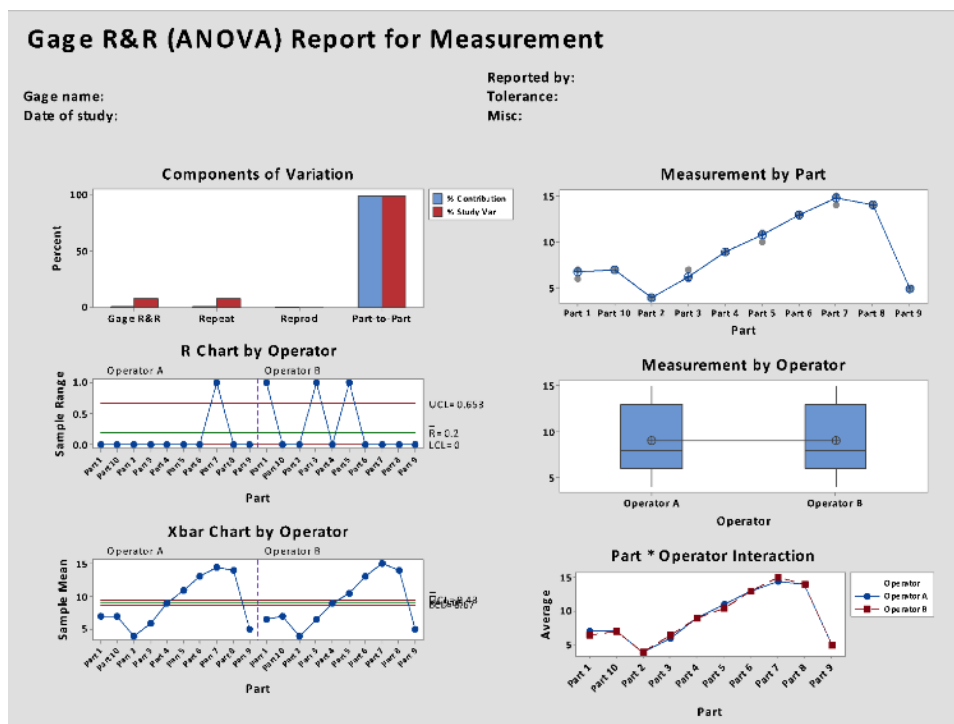


Imagen 9 MSA

Fuente: Google imágenes,
<https://goleansixsigma.com/wp-content/uploads/2015/09/MSAContinuous-GageRR-Minitab.png>

2.2 MARCO ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYETO.

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizará un enfoque Lean Six Sigma, según Molteni (2008), este provee una metodología para abordar los procesos y eliminar lo que no agrega valor, eliminar la variación y centrar el proceso a las especificaciones del cliente. Esta provee una serie de herramientas estadísticas para poder fundamentar el comportamiento del objeto en estudio, además de ser una metodología estructurada donde se llevan a cabo diferentes etapas para descomponer el problema.

La ventaja de este enfoque es que mantiene un hilo conductor y una forma estructurada donde no le permite al investigador saltar de una etapa a otra sin haber concluido la anterior, proporcionando una guía y una estructura para poder argumentar adecuadamente los resultados obtenidos y las tareas por realizar.

La metodología DMAIC consiste en la aplicación de cinco pasos con un orden establecido para definir y mejorar procesos, Identifica y prioriza los problemas, analiza sus causas, plantea posibles soluciones y propone los cambios necesarios, es de suma importancia establecer mecanismos para el seguimiento y revisión periódica de las soluciones propuestas, los pasos son:

- Definir. Consiste en la definición del problema o la selección del proyecto con la finalidad de entender la situación actual y definir objetivos. Además, se selecciona el equipo.
- Medir. Consiste en la definición del objeto de estudio, la muestra, la población, variables de entrada y salida además de la descripción del proceso. Además, se hace una evaluación de los sistemas de medición.
- Analizar. Consiste en la determinación de las variables significativas por medio de estudios como el diseño de experimentos. También se hace una evaluación de la estabilidad y capacidad del proceso.
- Mejorar. Consiste en la optimización del proceso. Si el proceso no es capaz, se deberá optimizar para reducir su variación, se debe realizar la validación de la mejora a través de una medición actual de la capacidad.

- Controlar. Consiste en controlar y dar seguimiento al proceso. Una vez que el proceso es capaz, se deberán buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, etc., que conduzcan a un mejor desempeño del proceso.

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.

2.3.1 Corto plazo

El proyecto persigue mejorar las características del producto con la finalidad de reducir el impacto de los indicadores de desperdicio y “scrap” que generan el proceso de elaboración de llantas, esto se va a traducir en una reducción de los gastos operativos o en el mejor de los casos un incremento en los ingresos.

El ahorro de costos se deriva de la disminución de fallas o errores y reducción de los tiempos de ciclo en los procesos; cada una de las llantas que tenga algún defecto deben ser reprocesada y conlleva a destinar más recursos como mano de obra energía, tiempo de uso de las máquinas optimizadoras de uniformidad TUOs. Esto incrementa el coste de producción de esa llanta en específico y este costo adicional no se traslada al consumidor final por lo que genera pérdidas para la empresa.

Por otra parte, las llantas que son desechadas como basura porque no pueden ser reprocesadas y no cumplen con los estándares de calidad establecidos por la corporación, deben tener un debido proceso para su disposición, en este caso estas son llevadas a una empresa cementera para ser quemadas como forma de combustible para las calderas del lugar, esto genera un costo de traslado y se debe pagar por el servicio de incineración de la mismas. (Por políticas de la empresa no brindan el nombre de la compañía).

Impacto ambiental, las llantas incineradas generan gases y vapores que afectan al medio ambiente aumentando las emisiones de dióxido de carbono generado por la compañía.

Oportunidad de venta o ganancia, cada llanta que es destruida es una llanta no vendida y se pierde esa oportunidad de venta, las llantas son construidas en diferentes medidas, los aros van desde el 12 hasta el 18 en llantas radiales y las agrícolas van desde el aro 24 hasta el 32 esto quiere decir que cada una tiene un peso diferente, para la compañía las ganancias se miden como libras producidas por hora hombre.

2.3.2 Largo plazo

Actualmente Bridgestone de Costa Rica únicamente producen llantas de recambio, estas son las llantas que se pueden conseguir con cualquier distribuidor autorizado por la compañía, estas llantas tienen un margen de ganancia importante, pero los fabricantes de automóviles nuevos hacen contratos para comprar llantas exclusivas, para ello estas llantas tienen un margen de ganancia mayor, aunque sean la misma medida y denominación.

Para los fabricantes de llantas de vehículos nuevos estas llantas deben de cumplir con características de calidad y fabricación diferentes de las regulares, los límites de aceptación de las variables de uniformidad de RPP y RH1, que son las fuerzas radiales que actúan sobre las llantas y el LPP y CON que son las fuerzas laterales, son menores a los implementados en Bridgestone de Costa Rica. Para que Bridgestone Costa Rica pueda optar por un contrato de llantas de equipo original debe cerrar los rangos en sus límites de control.

Disminuir la varianza su proceso atraería la inversión necesaria para poder producir estas llantas que darían más réditos a la compañía y posibilidades de expandir sus operaciones en Costa Rica.

2.4 ANTECEDENTES DEL PROYECTO EXPERIENCIAS O SEMEJANTES.

2.4.1 Autores consultados: coincidencias o discrepancias

El estado del arte se refiere al análisis de los aportes realizados en otras investigaciones similares o relacionadas sin importar si el campo de la investigación es

sobre un tema específico o un campo acotado, trata de responder, si se ha investigado sobre este tema, cuáles fueron las conclusiones resultados, errores cometidos y cuáles son las tendencias actuales.

Se investigó en Bridgestone de Costa Rica si existe algún estudio previo relacionado con la reducción del pulido por uniformidad para la elaboración de llantas o algún otro proceso productivo y a pesar de que hay varios proyectos de mejora continua enfocados en investigaciones cuantitativas no hay alguno que se asemeje al proyecto propuesto por lo que no se obtiene un parámetro o marco de referencia en la compañía.

Tomando en cuenta las investigaciones de tesis relacionadas con la mejora de procesos productivos en la Universidad Hispanoamericana de Costa Rica entre ellas se tomó en cuenta la tesis del señor (Cascante Freddy, 2016). En el aumento del indicador de capacidad en el proceso de corte de fleje para la empresa de metales FLIX S.A. se utiliza la capacidad de proceso como una herramienta para eliminar o disminuir la desviación de ancho en los flejes, además Metal Flix presenta inconsistencias en las tuberías y no estaba brindando las medidas exactas que los clientes sí obtenían de su competencia.

La investigación propone (Cascante Freddy, 2016). Que el Seis Sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en su reducción de la variabilidad, y que consigue reducir o eliminar los defectos, entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente.

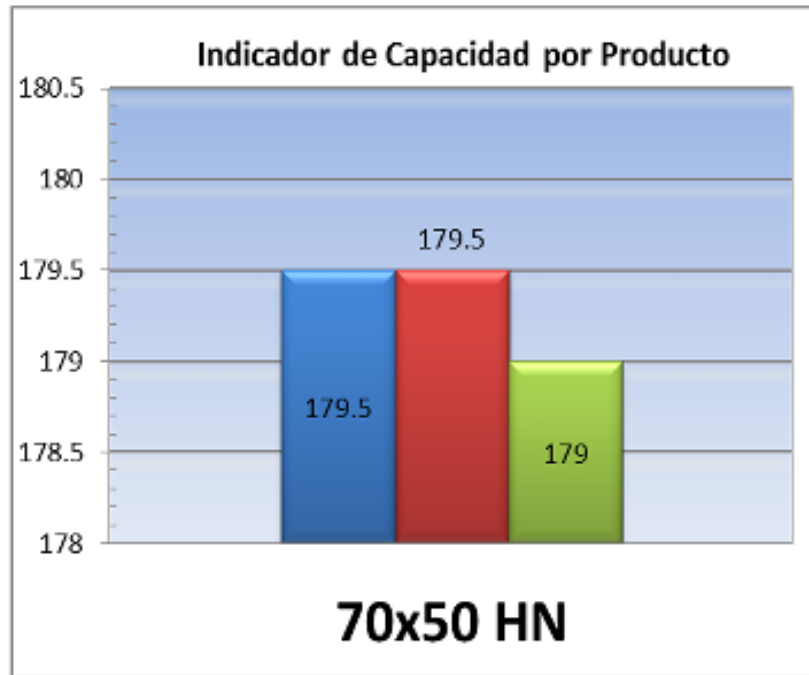


Imagen 10 Indicador de capacidad

Fuente: Fuentes, E. (2014).

$$\text{Desarrollo: } Cp = \frac{179.73 - 178.77}{6(0.23)} = 0.69$$

$$\text{Media aritmética: } \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N}$$

$$\text{Desarrollo: } \bar{X} = \frac{179.5 + 179.5 + 179}{3} = 179.3$$

$$\text{Desviación típica del proceso: } \sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{N}}$$

$$\text{Desarrollo: } \sigma = \sqrt{\frac{(179.5 - 179.3)^2 + (179.5 - 179.3)^2 + (179 - 179.3)^2}{3}} = 0.23$$

$$\text{Indicador de capacidad: } Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Imagen 11 Cálculo de capacidad de proceso

Fuente: Fuentes, E. (2014).

Logró demostrar estadísticamente el proceso para uno de los procesos que no era adecuado por lo que requería de una mejora. Luego de la investigación, el autor de la tesis concluye que la mejora en el indicador de capacidad de proceso impacta directamente la productividad y las ganancias de la empresa al reducir las variaciones y centrar el proceso eliminó los desperdicios y máximo la utilización de los recursos.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1.1 Finalidad

La finalidad del proyecto es aplicada, ya que el estudio se realiza directamente en el campo donde se presenta el fenómeno de estudio problema por resolver, se utilizan los gráficos de control para ver el comportamiento de las variables y se realizarán muestreos del producto con fallas o problemas. Con la finalidad de poder brindar soluciones a los problemas identificados o situaciones concretas que estén relacionadas al objeto de estudio, "es importante, pues del alcance del estudio depende la estrategia del proyecto Así, el diseño, los procedimientos y otros componentes del proceso son distintos en estudios con alcance exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. Pero en la práctica, cualquier proyecto puede incluir elementos de más de uno de estos cuatro alcances" (Sampieri, 2010.p.100).

3.1.2 Dimensión

Un proyecto transversal se basa en un muestreo o toma de datos del comportamiento de una población u objeto de estudio en un momento determinado para poder sacar conclusiones acerca de los fenómenos. Es un estudio transversal donde se coleccionarán datos durante un tiempo determinado sin la manipulación intencional de las variables y en las que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para posteriormente ser analizado y describir la posible relación entre las variables que afectan el problema.

3.1.3 Naturaleza

El presente proyecto, tiene un enfoque cuantitativo basado en la recolección de datos numéricos del comportamiento de las variables de calidad de las fuerzas radiales y laterales ejercidas sobre el producto final, este tipo de análisis colabora en la recolección de los datos, técnica y procedimientos necesarios para poder analizar los resultados, y de esta manera cumplir con los objetivos además de plantear hipótesis y conclusiones objetivas.

El presente proyecto no se puede definir o encasillar como descriptiva, correlacional o cuantitativa, ya que busca asociar variables mediante un patrón predecible, características propias de la investigación correlacional, explicando el comportamiento de las variables apoyada en datos.

3.1.4 Carácter

Con este proyecto se busca analizar propiedades y también las características más importantes de cualquier fenómeno que se presente en el problema de estudio mediante la descripción del comportamiento de sus variables, cumple con un carácter descriptivo y de diagnosticar ya que la mayor parte de lo que se escribe y estudia no va más allá de este nivel. Se basa, en caracterizar un fenómeno o situación concreta; haciendo ver sus rasgos más peculiares o diferenciadores.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUANTITATIVO DEL PROYECTO.

En este punto del capítulo mediante la observación y análisis del comportamiento de los datos y el efecto de las variables sobre el objeto de estudio se quiere establecer una línea base sobre la cual se puedan establecer hipótesis que permitan generar mejoras para minimizar el impacto del pulido de llantas por falta de uniformidad.

Como técnica de resolución de problemas se aplica la metodología DMAIC, con el fin de definir el problema, posibles variables de entrada y salida del proceso para establecer un plan de mejora y control para la o las causas raíz que se puedan determinar en el proceso de la investigación.

- ✓ **Definir**
- ✓ **Medir**
- ✓ **Analizar**
- ✓ **Implementar**
- ✓ **Controlar**

3.2.1 Definir

En esta etapa del DMAIC se pretende se aplicar una serie de herramientas estadísticas con la finalidad de establecer objetivamente los factores dentro del proceso de elaboración de llantas que tienen una correlación con la característica de salida de importancia que para efectos del proyecto sería el RPP.

Se llevará a cabo un proceso estructurado para discriminar las variables claves de proceso KPIVs (Key Process Input Variable), de menor impacto para plantear hipótesis de mejora con los variables rematantes.

3.2.2 Medir

Es la etapa número dos del DMAIC, en esta fase se pretende medir o establecer la situación actual del defecto u objeto de estudio, en este caso el RPP en las llantas META, en cualquier proceso existe una variación y el análisis de los datos puede verse afectado por el error de medición, para poder establecer una línea base es necesario

contar con un sistema de medición confiable que permita extraer datos confiables. Las causas de la variación se pueden encontrar en las variables de entrada de un proceso, materiales, o en diferencias operativas.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.

En esta etapa se diseña una propuesta que permita mantener en el tiempo las condiciones mejoradas en el proyecto. Las acciones de control se dan en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo (Pulido, 2013, p.443).

La compañía cuenta con un departamento de mejora continua Suru Raku, para la implementación de los kaizen, la cultura de la empresa se apoya en los fundamentos del círculo de mejora continua o ciclo de Deming. La palabra Suru Raku proviene del japonés y quiere decir: suave y fácil; similar al círculo de Deming donde siempre se debe estar en movimiento y cada uno de los pasos alimenta el siguiente, de forma que cada vez sea más sencillo avanzar y más natural, por dicha razón se escoge esta metodología para la implementación de las mejoras en el proyecto.

El ciclo Deming es utilizado como técnica para poder mantener una mejora, proceso o actividad de la calidad dentro de una empresa., el mejoramiento continuo de la calidad es una búsqueda interminable de soluciones para los problemas. El ciclo cuenta con cuatro pasos que se deben realizar de forma consecutiva, estos son:

3.2.1 Planificar

Es la primera etapa del círculo, en esta se plantea la estrategia por seguir y lo que se desea conseguir con el proyecto, definir los pasos por llevar y planificar lo que se debe utilizar para conseguir las tareas u objetivos planteados.

3.2.2 Hacer

Segunda fase del círculo, aquí se ejecuta lo planeado, continuar el plan de trabajo que se ha trazado siguiendo los pasos indicados en el mismo orden en el que se encuentran señalados en la fase de planificación.

3.2.3 Verificar

Tercera etapa, se efectúa una comparación entre lo que se planeó y lo ejecutado para verificar si todo marcha de acuerdo al plan, así como constatar si los resultados obtenidos hasta el momento son los presupuestados y que correspondan a lo que inicialmente se diseñó.

3.2.4 Actuar

Última etapa del círculo de mejora continua en donde todo vuelve a iniciar se toma los resultados o experiencias obtenidas y se vuelve a replantear todo para mejorar lo que se realizó anteriormente, es muy normal que aparezcan nuevas formas de hacer las cosas u observaciones que agilicen el nuevo proceso.

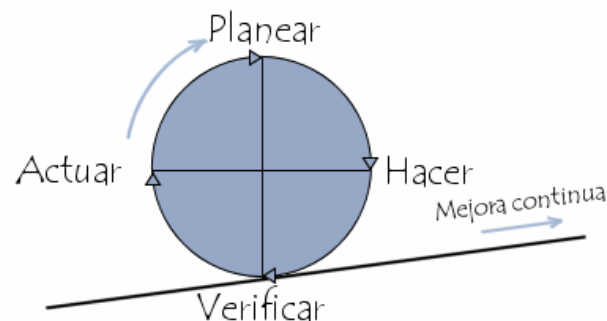


Imagen 12 Círculo de mejora continua

Fuente: Google imágenes,

<http://static.commentcamarche.net/es.kioskea.net/pictures/qualite-images-pdca.png>

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

La implementación es una de las últimas fases del proceso administrativo. Baca (2014) afirma: en muchas ocasiones, la empresa solo revisa el resultado al final del plan, lo cual es un error muy grave de la gerencia, ya que asumir que algo quedó claro y se

está ejecutando sin contratiempos es como vendarse los ojos y ponerse una pistola en la cabeza. (p.249). Los resultados esperados podrían diferir mucho de los resultados obtenidos al finalizar el proyecto plateado, para evitar estas diferencias inesperadas es necesario establecer un buen control mediante herramientas como el DMAIC.

3.3.1 DMAIC.

La metodología de trabajo que se implementará será “six sigma” utilizada para conseguir la máxima eficiencia de los procesos analizando su variabilidad y proponiendo soluciones basadas en datos, cuenta con una fuerte estructura de cinco fases que se detallan a continuación:

Definir

Identificar y definir el problema que se va a resolver, el proyecto se realizará en la compañía Bridgestone de Costa Rica, donde se definirá el problema, los objetivos generales y específicos. Primero se debe realizar un recorrido que permita comprender el proceso y obtener la información para su respectivo análisis, la recolección de datos muestrales y monitoreo cualquier información que ayude a establecer la situación actual del problema que se desea mejorar. La idea es definir o establecer una base que sirva como marco de referencia para poder medir la mejora.

Para delimitar el problema se utilizarán diferentes herramientas estadísticas como diagrama de causa efecto, Diagrama de Pareto, de manera que nos permita descomponer los problemas y obtener un enfoque o guía. Esta es una de las fases más importantes ya que de esta va a depender el impacto que tenga el proyecto y el aporte que se pueda generar en el ahorro para la compañía

Medir

En esta etapa se medirá en un tiempo determinado el comportamiento de las variables que se consideren vitales o que contribuyan a la generación del problema con el fin de poder determinar la correlación de las variables y los efectos, frecuencia, recurrencia, promedio y desviación estándar, obteniendo las inexactitudes de los parámetros o características que estén bajo control.

Para esta etapa se utilizarán los indicadores como “yield” (porcentaje de llantas que son almacenadas sin la necesidad de ser re trabajadas),” scrap”, variables importantes para la uniformidad de la llanta como el RPP y RH1 que son las fuerzas radiales que afectan la llanta o el LPP y la conicidad que son las fuerzas laterales. Se utilizarán herramientas como los gráficos de control, histogramas anovas, determinaremos la capacidad del proceso.

Analizar

En esta etapa se analizan los datos recolectados en busca de las posibles causas raíz del problema mediante el uso de probabilidades estadísticas y el planteamiento de hipótesis que puedan ser posibles controles o soluciones por implementar para el problema.

En esta etapa se formará un grupo de control interdisciplinario con especialistas en cada una de las áreas que afectan al problema con el fin de conseguir el apoyo y conocimiento necesario mediante la lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa, diagramas de causa y efecto que ayuden a formular las soluciones al problema.

Implementar

Esta parte se puede determinar cómo la de más cuidado, basados en las relaciones existentes entre los factores o causas de fallo que afectan las entradas y salidas del proceso.

En ella se deben establecer los procedimientos diseñados para el control de las causas raíz que se determinaron en las fases anteriores, y las medidas por implementar que ayuden a llevar los resultados hacia las expectativas deseadas, estos procedimientos van a depender directamente del tipo de falla, defecto o procedimiento que se determinó incorrecto o con una posibilidad de mejora.

Control

Tras validar que las soluciones funcionan, se busca que el proceso siga corriendo de forma eficiente para evitar que la soluciones se pierdan con el transcurso del tiempo. Para dicha validación de las mejoras se debe disponer de tiempo y recurso suficiente,

debe ser un esfuerzo en conjunto del investigador y de la alta gerencia, contar con el apoyo de la misma es vital para poder generar cultura en los cambios propuestos.

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.

Revisión de los planes.

Se debe revisar constantemente el plan de acción y dividir los objetivos en tareas pequeñas con fechas límites para poder llevar un control adecuado de su ejecución, realizar revisiones semanales y llevar el seguimiento de los objetivos establecidos en la etapa de planeación, los planes de trabajo deben ser flexibles para ser modificados de ser necesario. Para dicha implementación utilizaremos la metodología SMART.

S de específico (Specific en inglés). Los objetivos deben ser lo más específicos y detallados. que nos exista ambigüedad o confusión alguna debe contestar preguntas como: ¿Cuándo se realizará?, ¿Cómo se realizará?, ¿Dónde se llevará a cabo?, ¿Qué recursos se tienen? etc.

M de medible, todo objetivo debe tener indicadores para medir su desempeño debe ser perfectamente medible. Se debe establecer una métrica para saber si los datos reflejan alguna desviación del objetivo.

A de alcanzable, las metas, objetivos o tarea deben ser totalmente realizables y debe buscar evidencia que pueda respaldar la consecución de los mismos. Si crees que no lo puedes conseguir es posible que no lo consigas, es lo que llamamos profecía auto cumplida. En la medida que no creas en tus posibilidades, generarás un estado emocional poco favorable. Además, tus acciones a nivel inconsciente te boicotarán para no conseguirlo. (Fuentes,2014).

R de realista, Es importante saber dimensionar el alcance del proyecto para tener la certeza de contar con los recursos necesarios para la consecución del objetivo.

T de temporizado, el objetivo debe establecerse en el tiempo debe tener fechas de inicio y final para cada una de las tareas por realizar, de esta manera se llevará un mejor control del avance del proyecto.

3.3.3 Datos numéricos

Los objetivos deben contener una métrica que permita evaluar si el proyecto lleva el rumbo deseado, el objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz mediante el análisis de tendencias de los datos, es decir, asegurarse de corregir o reducir el problema y que los resultados puedan ser respaldados por números.

Se debe establecer una base inicial de cómo está el problema al día de hoy para plantear un estimado, dónde queremos llegar, apoyarse en herramientas estadísticas y de análisis que faciliten la toma de decisiones, en este proyecto se utilizarán indicadores como el promedio, desviación estándar y capacidad de proceso. Además, se llevarán a cabo pruebas en las llantas alternando una o más variables para ver la interacción de las recomendaciones y poder garantizar que dichos cambios generen resultados satisfactorios.

CAPÍTULO IV: LINEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

4.1.1 Variables para un diagnóstico

Bridgestone de Costa Rica tiene una capacidad de producción de 11000 a 12000 llantas diarias, dicha cantidad varía según el mix de las llantas por elaborar ya que se tiene la capacidad de armar llantas desde aro 13 hasta 32, estas últimas con tiempo de ciclo mucho mayor. Se manufacturan llantas para automóviles, camionetas y camión, Bridgestone produce llantas para diferentes mercados en la región, Norteamérica, Centroamérica y el Caribe; para cada una de estas regiones Bridgestone debe cumplir con diferentes requisitos en cuanto a desempeño se refiere, por ejemplo hay llantas para toda la temporada o llantas para la climas nevados "WINTERFORCE".

4.1.2 Proceso

Para la elaboración de llanta se requiere de diferentes componentes, entre ellos hule sintético y natural, este último extraído del árbol de caucho, tela de poliéster y nylon,

aditivos químicos como carbón y azufre que aceleran el proceso de vulcanizado del hule y por último hilo de acero para brindar resistencia a la llanta y un mejor desempeño. El hule y los aditivos químicos son la base principal de los componentes que se requieren para poder construir las llantas, estos hules son enviados a los diferentes departamentos productivos.



Imagen 13 Materias primas para la elaboración de llantas

Fuente: Bridgestone de Costa Rica

4.1.2.1 Banbury

Este es el Departamento encargado de mezclar los hules con los aditivos químicos para transformarlos en láminas de hule que luego serán enviadas a otros departamentos para elaborar los componentes que lleva la llanta terminada.

4.1.2.2 Tubuladora

En las tubuladoras se encargan de tomar las láminas de hule enviadas por el banbury y producir mediante la extrusión las bandas de rodado, esta es la parte de la llanta que va en contacto con la carretera, su función es brindar tracción para avanzar y frenar el automóvil, su nombre es banda de rodado.

4.1.2.3 Calandra

La planta cuenta con dos tipos de calandra, la primera se encarga de hacer láminas de hule de 1.3mm a 2mm de espesor, esta lámina es la parte interior de la llanta y está en

contacto con el aire con el que se infla la llanta, su función es no permitir que el aire se escape de la llanta y recibe el nombre de sellante.

El segundo tipo de calandra toma láminas de nylon y las impregna de hule por ambos lados, esta lámina de hule sirve para conformar la llanta y su función es brindar estructura y soporte a la llanta, recibe el nombre de telas o capas radiales.

4.1.2.4 Steelastic

Es un proceso muy similar al de la calandra 2, la diferencia radica en que se utiliza hilos de acero en lugar de nylon, su función primordial es ayudar a soportar el peso del auto y estabilizarlo.

4.1.2.5 Aros

En este departamento se fabrican las cejas que son círculos de acero formados por varios hilos, estos son los que están en contacto con los aros del automóvil y no dejan escapar el aire de la llanta.

4.1.2.6 Armado

En este Departamento convergen todos los componentes antes mencionados, se ensamblan en dos etapas, la primera en las máquinas 88 donde se coloca el sellante, las telas radiales y los aros en este orden, este subproceso se llama formado de carcasa.

Luego de formada la carcasa pasa a la máquina de 99 donde se toma la carcasa y se le adhiere el paquete, este se conforma de las capas estabilizadoras y la banda de rodado, una vez ensamblada la carcasa con el paquete, el producto de este subproceso se denomina llanta verde.

4.1.2.7 Vulcanización

En esta etapa se toma la llanta verde y se colocan en un molde caliente para dar la forma en que normalmente conocemos las llantas, una vez ahí, la llanta es sometida a un proceso de curado con elevadas temperaturas para iniciar con el proceso químico de vulcanizado del hule (Endurecimiento del hule para reducir el desgaste por fricción).

4.1.2.8 Inspección Final

Es la última etapa del proceso productivo, en esta fase se someten las llantas a revisión en las máquinas TUO ("Tire uniformity optimizer) con el fin de medir las fuerzas radiales RPP y RH1, laterales LPP y CON que afectan la llanta en el proceso de Armado, inputs clave de calidad para la elaboración de llantas.

La corporación establece rangos específicos en kilogramos de RPP, RH1, LPP y CON para cada tipo de llanta con el fin de cumplir con los niveles de uniformidad y proporcionar el confort deseado.

4.1.3 Uniformidad

Calidad de la llanta que se ve determinada a partir de su suavidad al rodar para cumplir con esto, la llanta debe ser siempre igual en toda su circunferencia no debe presentar variación alguna, se refiere a un conjunto de propiedades mecánicas 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.

Este conjunto de parámetros que determinan las irregularidades de la llanta son las variaciones en la fuerza radial, lateral, la conicidad y protuberancias en la pared. Con el desarrollo tecnológico, los vehículos en la actualidad tienden a ser más ligeros, por lo tanto, son más sensibles 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 con el fin de hacer más confortable la conducción. Cuando una llanta gira a 100 km/h esta realiza aproximadamente entre 12 y 15 revoluciones por segundo (700-900 rpm).

4.1.3.1 ¿Qué es una llanta No Uniforme?

Aquella llanta que ejerce fuerzas variables sobre la carretera que pueden dañar componentes mecánicos del vehículo o hacer poco confortable su conducción. Estas variaciones se deben a los cambios u oscilaciones durante la rotación de la llanta, dichos cambios son generados por inconsistencias durante el proceso de manufactura de la llanta.

Para la medición de estas fuerzas se utilizan los ejes de coordenadas que se dividen a partir del centro de la llanta. Por ende, las fuerzas pueden medirse a través de los ejes:

- ✓ F_z =Fuerzas Radiales como el RPP y RH1
- ✓ F_y =Fuerzas Laterales como LPP y Conicidad

Algunos de los aspectos que provocan una llanta No-Uniforme o con poca uniformidad son los siguientes:

- ✓ Componentes mal alineados en sentido radial, lateral o ambos.
- ✓ Sectores en la llanta con mayor concentración de peso principalmente debido a espesores y anchos variables de los componentes y a uniones mal hechas.
- ✓ Pequeñas deformaciones en componentes.
- ✓ Ajustes Mecánicos mal realizados y piezas mecánicas defectuosas.

4.1.3.2 Parámetros de Uniformidad

La uniformidad se mide por medio de máquinas optimizadoras de uniformidad TUO, en la cual una llanta es montada y después presionada contra una rueda giratoria (rueda de carga) que simula la carretera.

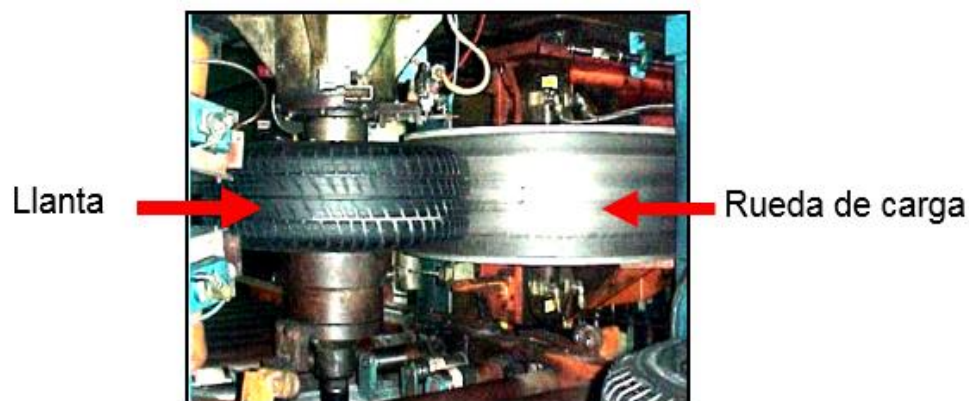


Imagen 14 TUO

Fuente: Bridgestone de Costa Rica

Al girar la llanta sobre la rueda de carga se miden las fuerzas que esta genera. Las fuerzas que mide la TUO son dos: RADIAL y LATERAL RPP.

La fuerza radial aplicada por la llanta mientras esta gira una vuelta completa es conocida como onda de Variación de la Fuerza Radial (RFV wave 'Radial Force Variation wave').

Las fuerzas que actúan sobre las llantas y que afectan a la uniformidad de las llantas se dividen en: radiales en RPP y RH1 mientras que las fuerzas laterales se clasifican como conicidad y LPP.

EL RPP: es la variación de onda Radial de Pico-a-Pico (RPP), del pico más alto de la onda al valle más profundo de la misma.

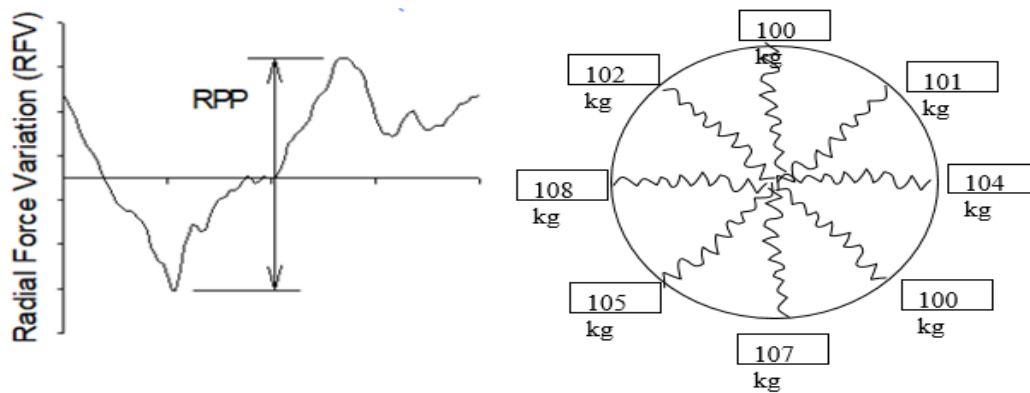


Imagen 15 Onda de RPP

Fuente: Bridgestone de Costa Rica

El RH1: es la primera armónica, es la que produce más perturbaciones en la llanta, o sea que, la deformación o irregularidad mayor en la llanta provoca la primera armónica. Se puede definir como la **mayor vibración** producida por la mayor irregularidad o deformación de la llanta en cada revolución, dando problemas de inestabilidad y causando daños a piezas del vehículo.

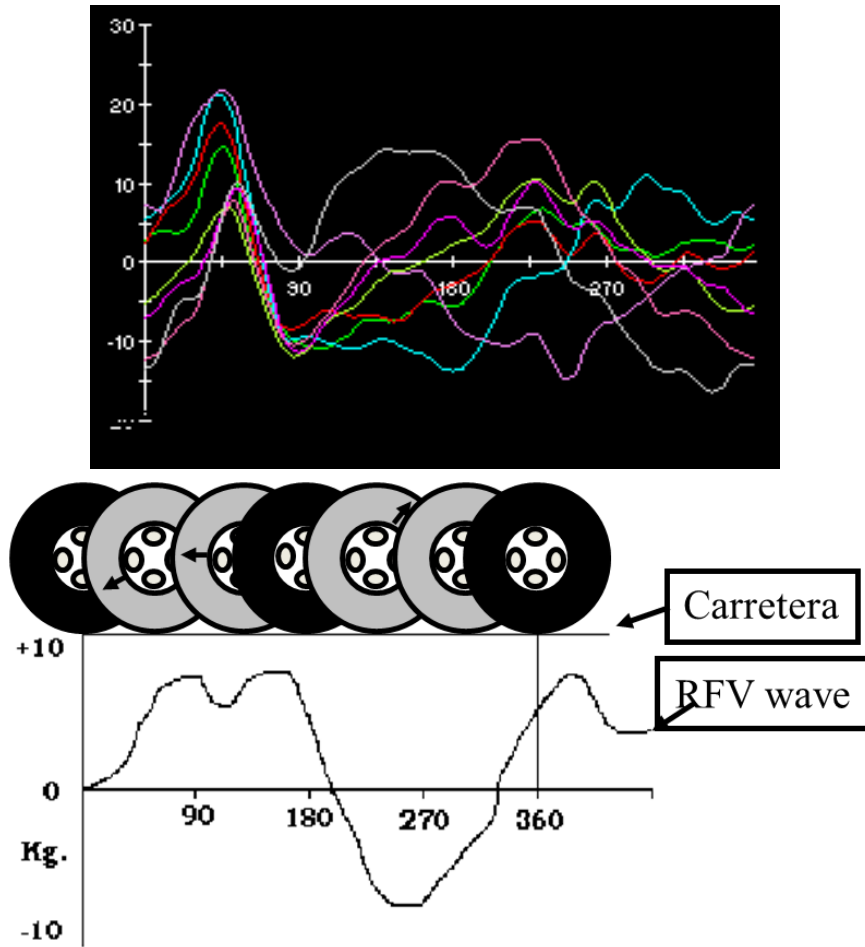


Imagen 16 Onda de RH1

Fuente: Bridgestone de Costa Rica

LPP: corresponde a la fuerza que se presenta de lado a lado durante la rotación de la llanta en un eje sobre la carretera.

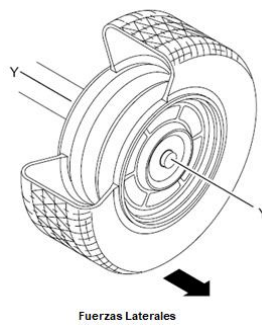


Imagen 17 LPP

Fuente: Bridgestone de Costa Rica

Conicidad: es la tendencia a la desviación hacia la izquierda o a la derecha de una llanta, en servicio puede tener valores tanto positivos como negativos, siempre produce un torque que no importa para donde se gire la llanta el sentido del torque se mantiene.

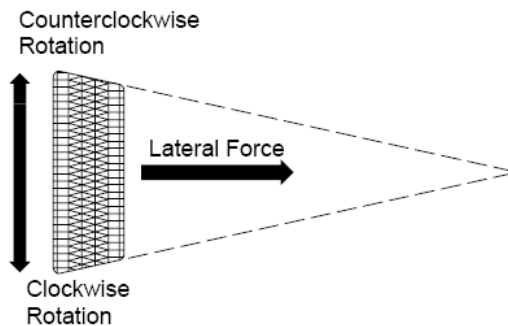


Imagen 18 Conicidad

Fuente: Bridgestone de Costa Rica

El pulido de llantas no conformes por problemas de falta de uniformidad afecta directamente el "yield", este es un indicador clave de la planta y que se encuentra a cargo del Departamento técnico, el objetivo de "yield" para la planta es el 94%, además cuando los problemas de uniformidad pasan a niveles críticos son capaces de generar "scrap" para el cual se estable un porcentaje objetivo de 0.30%.

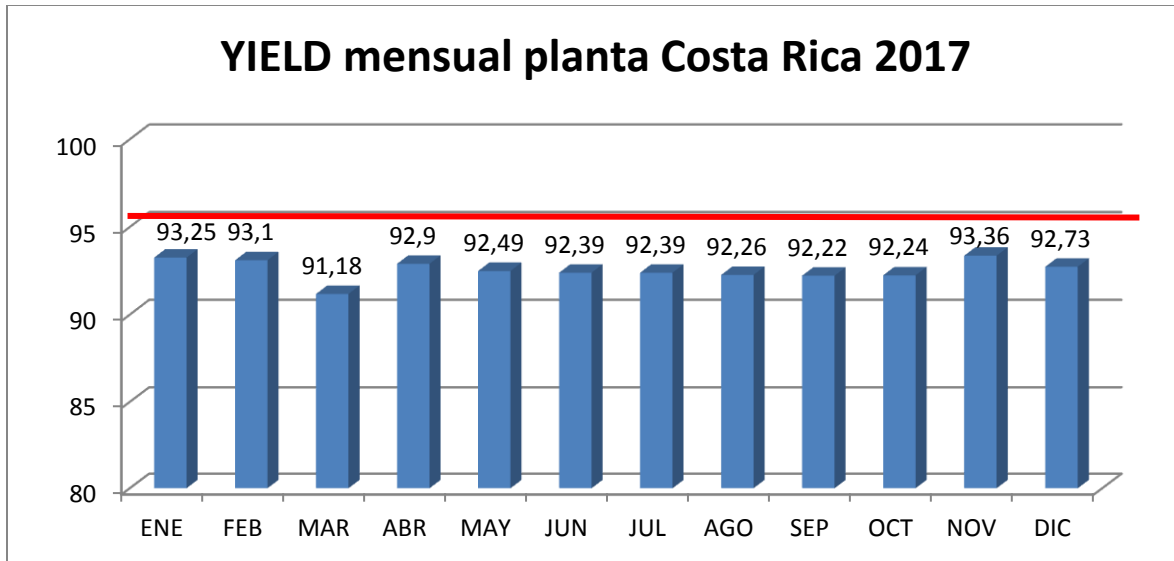


Gráfico 1 Scrap mensual planta de Costa Rica 2017

Fuente: Arguedas, 2017

Como se muestra en el gráfico de barras el comportamiento mensual del yield para el año de 2017 no llego alcanzar en ninguno de los meses el objetivo que se fijado para la planta de Costa Rica de un 94%

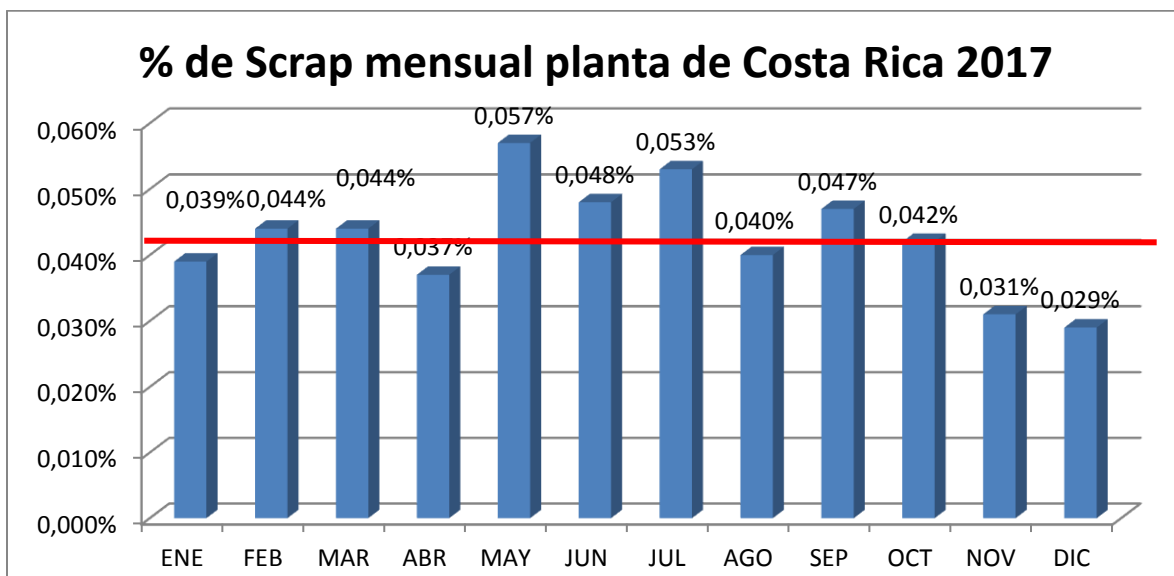


Gráfico 2 Yield mensual planta de Costa Rica 2017

Fuente: Arguedas, 2017

En el caso del scrap de uniformidad tampoco se logró cumplir con el objetivo planteado por la empresa para el año de 2017, únicamente en los meses de enero, abril, noviembre y diciembre el indicador estuvo dentro del objetivo de 0.30% de llantas desechas como scrap.

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS Y VARIABLES DEL PROBLEMA.

4.2.1.1. Análisis del mercado

En la fase de definición del problema, se utilizan varias herramientas entre ellas el gráfico de barras, se inicia con el análisis de la demanda y de los mercados en los cuales Bridgestone de Costa Rica tiene participación para poder determinar cuál o cuáles son los segmentos del mercado en donde se requiere enfocar los esfuerzos para poder mejorar los indicadores de la planta.

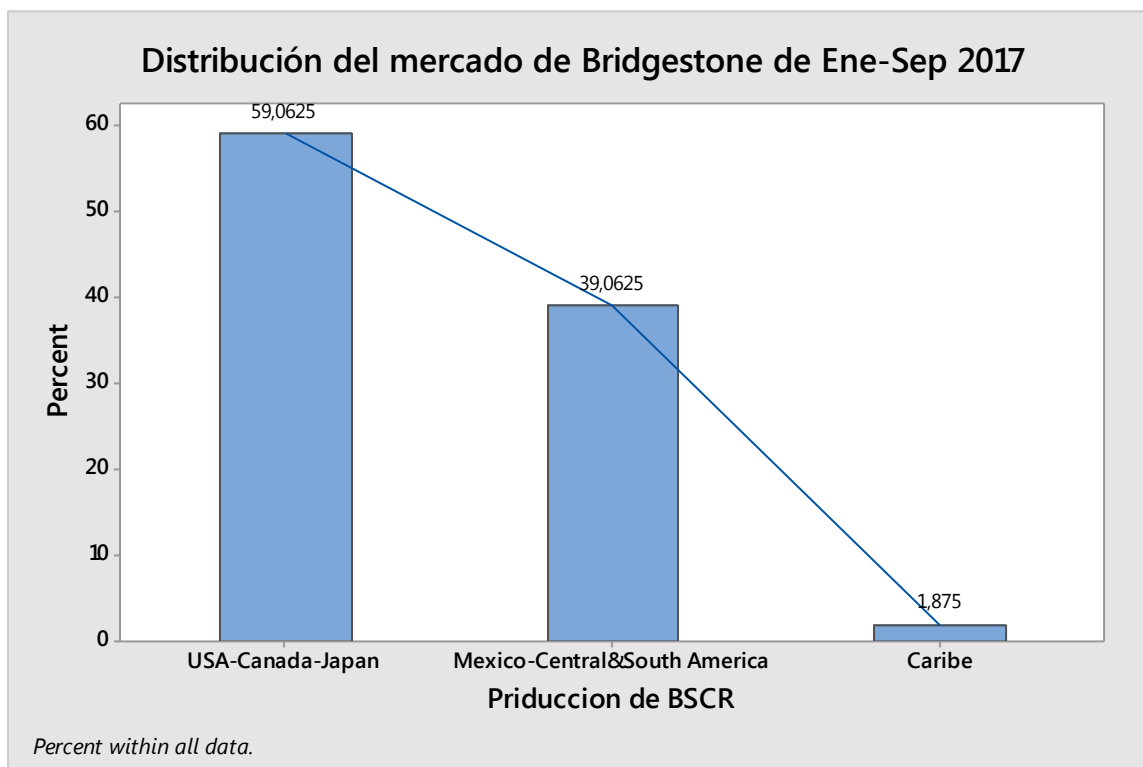


Gráfico 3 Gráfico de pastel de los mercados de Bridgestone Costa Rica

Fuente: Arguedas, 2017

El gráfico de barras muestra que el mercado de mayor influencia son los productos comercializados para Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) y Japón con una participación de casi un 60% del total de la producción de la planta. Para los cuales se exportan llantas con diferentes requerimientos físicos y desempeño como las que se mencionan a continuación:

- ✓ Llantas Winterforce especiales para los duros inviernos y nieve.
- ✓ Llantas Transforce AT llantas para camionetas livianas all-traction
- ✓ Llantas Destination LE2 llantas radiales para camionetas liviana
- ✓ Llantas Precison Touring llantas banda blanca.
- ✓ Llantas 65K llantas banda blanca.
- ✓ Llantas All-season llantas para toda la temporada.
- ✓ Llantas Firehawk llantas de alto desempeño.

4.2.1.2 Pareto Scrap por tipo de llanta

Una vez definido el segmento de mercado donde en donde se enfocarán los esfuerzos es necesario hilar más fino por lo que se procede analizar la demanda de las llantas por medida o tipo de llanta para determinar cuál es la llanta que impacta de mayor forma los indicadores de uniformidad.

Cabe destacar que cada diseño de llanta se designa con un nombre específico de cuatro letras, este nombre pertenece a la llanta y no puede ser cambiado o copiado ya que permite su identificación durante todo el proceso de elaboración dentro de la planta.

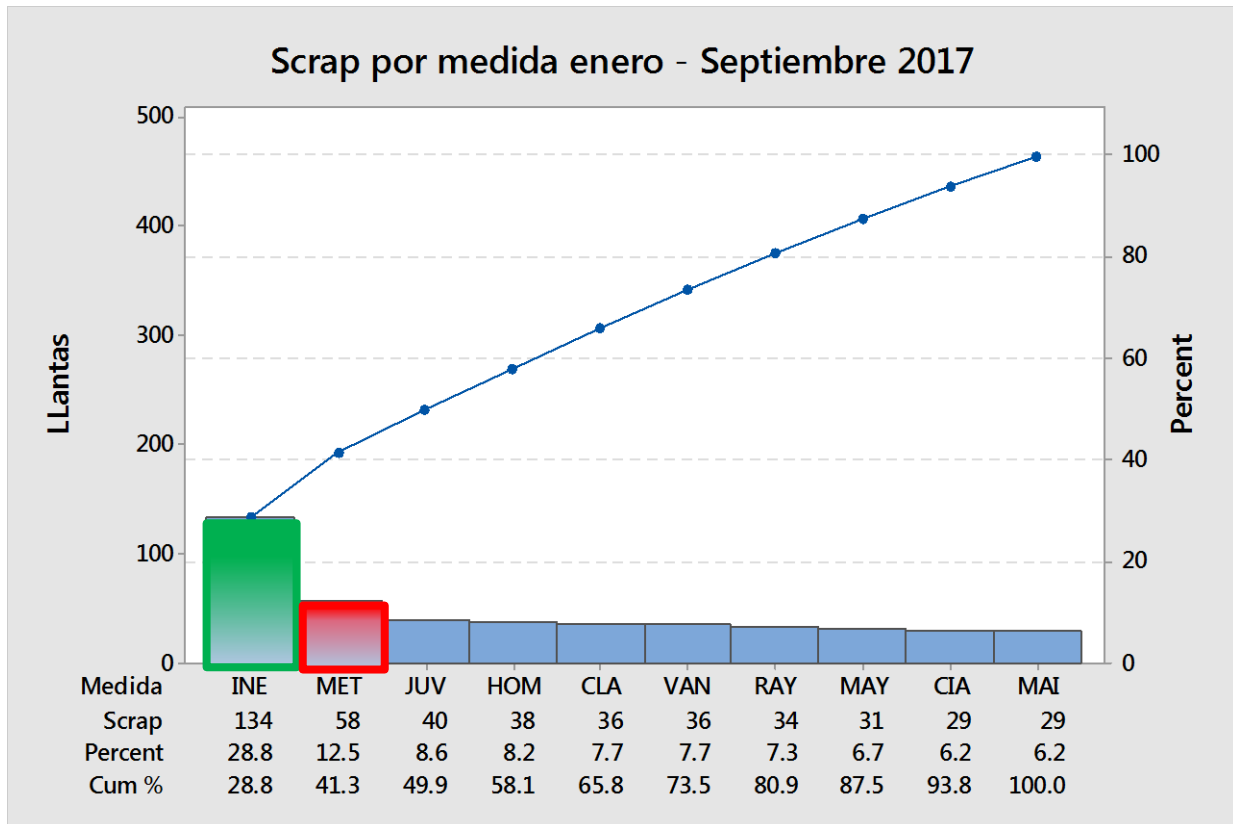


Gráfico 4 Diagrama de Pareto de “scrap” por tipo de llanta

Fuente: Arguedas, 2017

Para ese Pareto se debe elegir la segunda llanta en este caso la META con 12.5% de generación de scrap ya que la primera opción en el Pareto ya se está siendo atendido en otro proyecto de mejora por otro departamento las demás llantas son descartada debido a que su demanda es variable durante el año y se requiere de una producción estable para poder desarrollar el proyecto, así que se define como primera opción la llanta 205/60 R16 Winterforce, llanta fabricada exclusivamente para el invierno y nieve. A pesar de ser un producto de temporada debido al alta demanda de este tipo de llantas.

4.2.1.3 Gráfico de pastel, scap META por tipo de defecto

Una vez definida la medida 205/60 R16 Winterforce como la llanta en la cual se debe de trabajar es de vital importancia analizar cuál o cuáles son las causas por las que esta medida se encuentra fuera de tolerancia según los rangos de uniformidad establecidos por la compañía para este tipo de llantas.

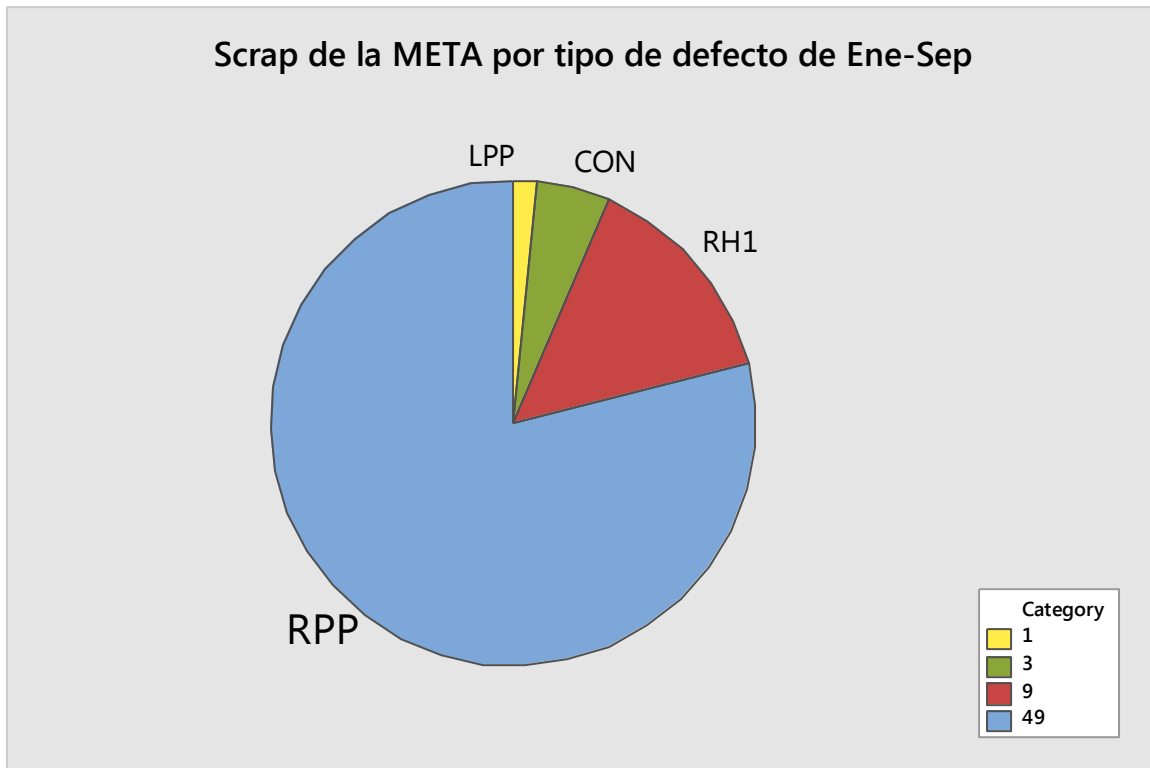


Gráfico 5 Gráfico de pastel, META por tipo de defecto

Fuente: Arguedas, 2017

Mediante el gráfico de pastel se establece que las fuerzas radiales como la principal falla o causante del scrap, además entre los tipos de fuerzas radiales que afectan la uniformidad de la llanta se puede determinar claramente que el RPP es la fuerza radial de mayor impacto en el scrap de la llanta META con un 84.5%, por lo tanto, los esfuerzos deben enfocarse en determinar la causa o causas raíz que incrementan los valores de RPP en la medida.

4.2.1.4 Boxplot META por máquina

Una vez definida la medida y la fuerza que la afecta se procede a evaluar las máquinas donde la META fue armada para determinar si la medida es la que tiene el problema para continuar con el análisis o si la causa del scrap y la falta de uniformidad se debe a una máquina específica o a una condición de esta.

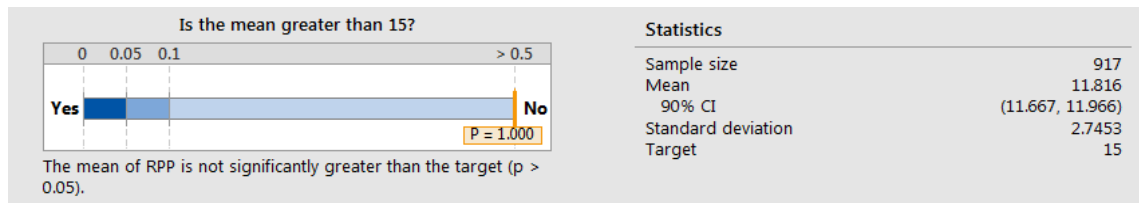
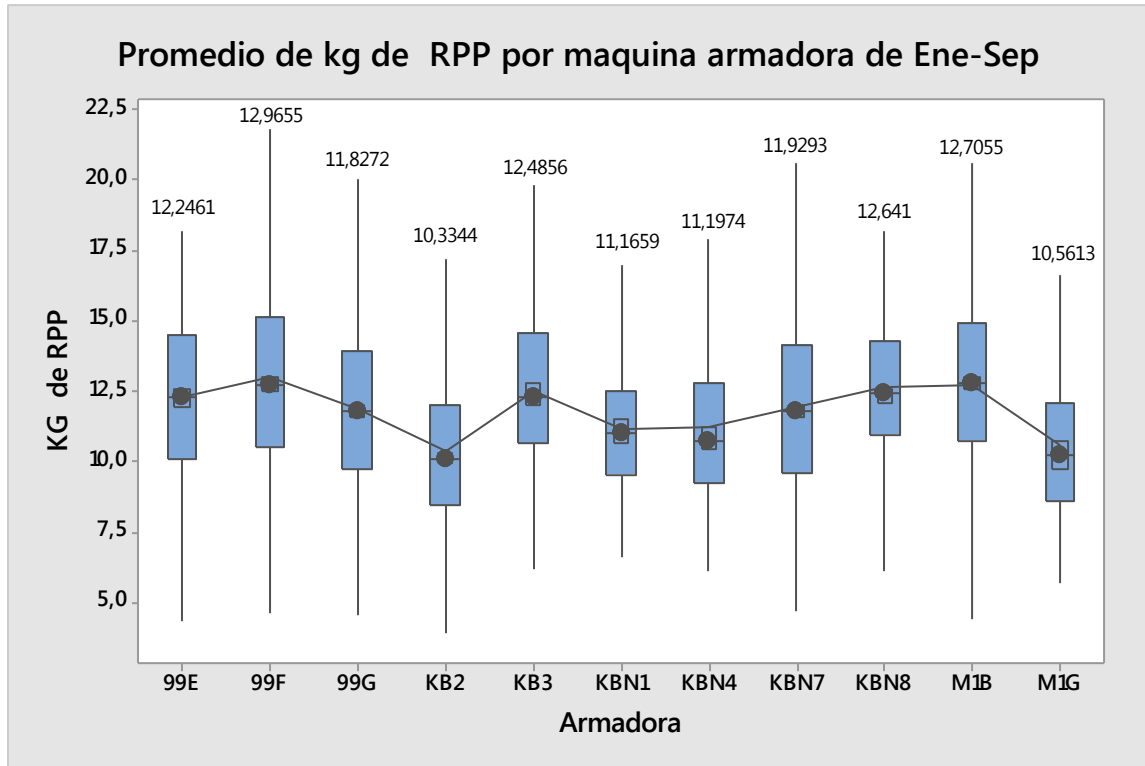


Gráfico 6 Boxplot META por máquina

Fuente: Arguedas, 2017

El boxplot nos permite analizar de forma muy rápida si existe algún tipo de varianza importante en los promedios de Kg fuerza de RPP de las máquinas para que se pueda

considerar algunas de estas como la responsable del “scrap” o altos promedios de RPP en la medida, los resultados del análisis de la varianza indica que estadísticamente que las máquinas no son un factor significativo en el RPP de la META por lo tanto se puede descartar las máquinas como una causa.

Para la fase de definición del problema mediante los Paretos y el boxplot fue posible establecer:

1. El mercado norteamericano y japonés es el de mayor impacto e importancia para la compañía con un 60% de participación aproximadamente.
2. De las llantas que se exportan a dichos mercados la medida 205/60 R16 Winterforce META se establece como la más problemática con un 12.5% de scrap.
3. Se define el RPP como la fuerza radial de mayor impacto en el scrap y la falta de uniformidad de la META, con un 84.5%.
4. Se determina estadísticamente que las armadoras no tienen mayor relevancia en el RPP de la medida.

4.2.1.5 Lluvia de ideas o “brainstorming”

Una vez establecido el Ishikawa se conforma un grupo de cuatro especialistas en los campos uniformidad, set up, mantenimiento y producción para analizar cada una de las espinas del diagrama esto con la finalidad de no dejar por fuera ninguna posibles causas y someter todas las variables del Ishikawa al análisis de los especialistas, el paso siguiente es hilar más fino analizar con un nivel de detalle cada una de las espinas y levantar una lista de posibles variables de entrada que puedan estar afectando el RPP de la META , cada uno de los especialistas brinda sus ideas desde su campo de trabajo para luego ser discutidas en grupo y dejar los candidatos más fuertes a ser causa raíz. Luego de varias reuniones se estimaron un total de 67 posibles causas.

CAUSAS	
1	Atadura floja
2	Centrado del eje
3	Perfil del rodado
4	Centrado de bandejas 1
5	Ancho de la capa 1
6	O validad del bladder
7	Presión de aplicación de rodado
8	Velocidad de aplicación de telas
9	Velocidad de cierre de expansiones
10	Centrado de mesa de rodado
11	Pausas de las expansiones
12	Perfil del filler
13	Presión de carcasa
14	Presión de pegado de ceja
15	Velocidad de aplicación de cejas
16	Ancho de unión de telas
17	Centrado de bandejas 2
18	Expansiones de formado
19	Spot de paquete
20	Velocidad stichado
21	Altura de sticher
22	Ancho de camisa
23	Ancho de sellante
24	Ancho de tambor
25	Ancho de telas
26	Centrado de los sticher
27	Circunferencia de la llanta
28	Perfil de la pared
29	Velocidad de aplicación de capas
30	Ancho de la capa 2

Tabla 1 Lluvia de ideas

Fuente: Arguedas, 2017

4.2.1.6 Diagrama de Ishikawa

Mediante el diagrama de Ishikawa se quiere establecer a nivel macro cuáles son las posibles causas del problema, analizando el mismo desde varias aristas que abonan a los problemas de falta de uniformidad en las llantas se establecieron varias causas que se puede clasificar de la siguiente forma:

Hombre:

- ✓ Habilidad para realizar uniones de las capas radiales según el estándar.
- ✓ Desconocimiento de la distribución de las fuerzas radiales.
- ✓ Cumplimiento con el estándar de colocación de materiales en la primera etapa.

Maquina:

- ✓ Parámetros y variables de formado de la llanta.
- ✓ Ajustes mecánicos de la máquina y holguras
- ✓ Ajustes operacionales de la máquina.

Material:

- ✓ Dimensiones de los componentes.
- ✓ Perfiles de rodados y paredes.
- ✓ Diseños de los componentes.

Método:

- ✓ Especificación técnica de formado de llanta.
- ✓ Estandarización del tooling para el armado de la llanta.
- ✓ Estandarización de las dimensiones de conformación de la llanta.

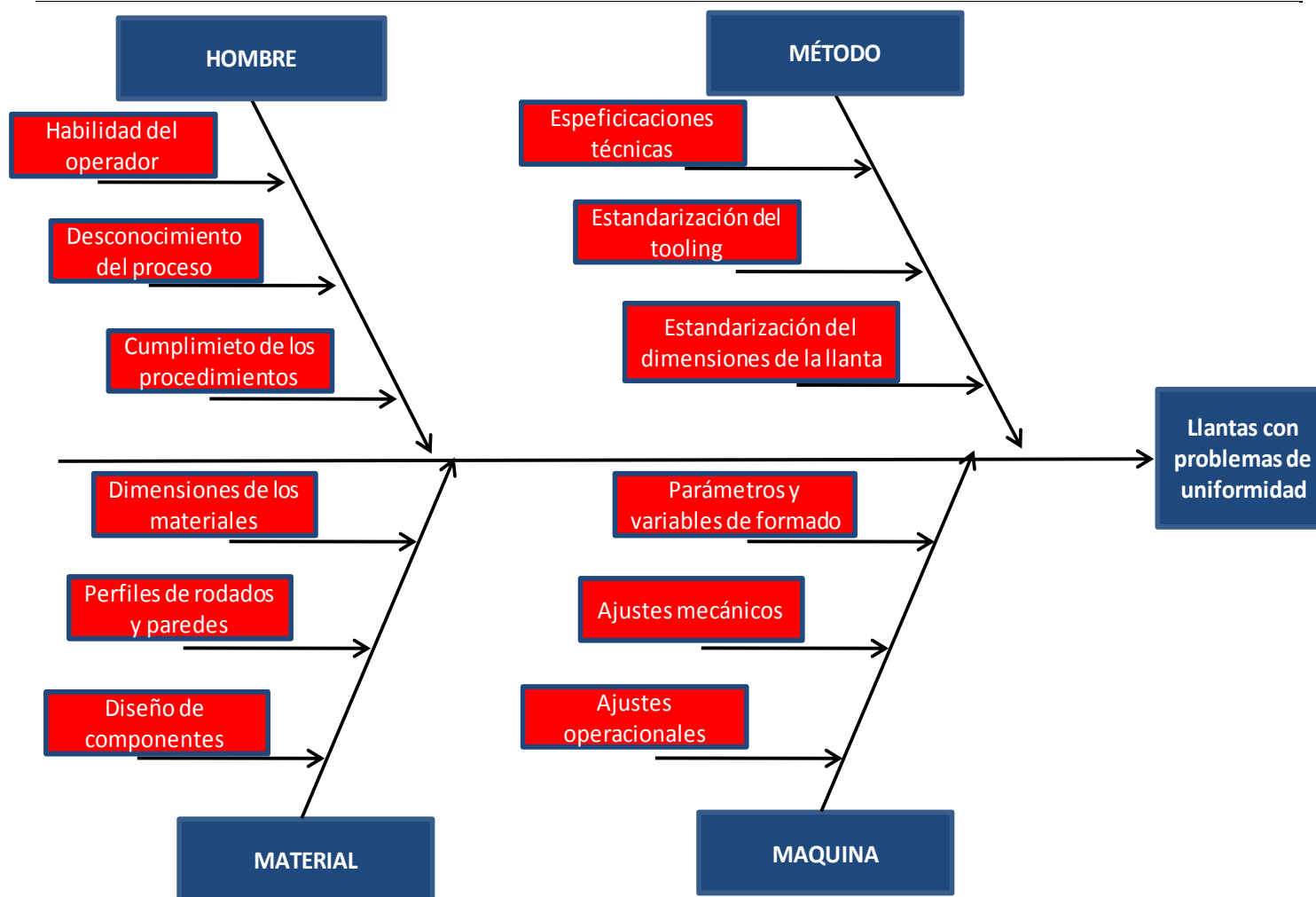


Imagen 19 Diagrama de Ishikawa

Fuente: Arguedas, 2017

4.2.1.7 Análisis Multi voto

Una vez conformada la lista de 67 posibles causas en la lluvia de ideas se realiza un análisis multi voto para ponderarlas y reducir la lista de candidatos de una forma más objetiva, cada uno de los especialistas brinda un puntaje a las causas, según su campo y experiencia. Como resultado se discrimina las causas de menor peso de la lista pasando de 67 a 35 causas posibles.

Tabla 2 Análisis multivoto

	CAUSAS	PUNTAJE				TOTAL
		NC	GC	CM	AS	
1	Atadura floja	10	9	10	8	37
2	Centrado del eje	8	10	10	9	37
3	Perfil del rodado	10	10	8	9	37
4	Centrado de bandejas 1	8	10	9	9	36
5	Ancho de la capa 1	10	8	9	8	35
6	O validad del bladder	8	10	8	9	35
7	Presión de aplicación de rodado	9	8	9	9	35
8	Velocidad de aplicación de telas	9	8	9	9	35
9	Velocidad de cierre de expansiones	8	10	9	8	35
10	Centrado de mesa de rodado	9	9	8	8	34
11	Pausas de las expansiones	9	8	9	8	34
12	Perfil del filler	8	8	9	9	34
13	Presión de carcasa	8	8	9	9	34
14	Presión de pegado de ceja	8	9	8	9	34
15	Velocidad de aplicación de cejas	8	8	9	9	34
16	Ancho de unión de telas	8	9	8	8	33
17	Centrado de bandejas 2	8	9	8	8	33
18	Expansiones de formado	8	9	8	8	33
19	Spot de paquete	8	8	9	8	33
20	Velocidad stichado	8	9	8	8	33
21	Altura de sticher	9	8	7	8	32
22	Ancho de camisa	8	8	9	7	32
23	Ancho de sellante	8	8	7	9	32
24	Ancho de tambor	7	8	7	10	32
25	Ancho de telas	9	7	7	9	32
26	Centrado de los sticher	7	8	9	8	32
27	Circunferencia de la llanta	7	8	9	8	32
28	Perfil de la pared	9	8	8	7	32
29	Velocidad de aplicación de capas	7	8	9	8	32
30	Ancho de la capa 2	8	8	7	8	31

ESPECIALISTA	CAMPO
Natalia Carranza	NC Ing. Uniformidad
Gustavo Camacho	GC Ing. en llantas
Cristian Molina	CM Ing. Set Up
Angel Segura	AS Ing. Mantenimiento

Fuente: Arguedas,2017

4.2.1.8 IPO MAP

Mapa de entradas procesos y salidas, esta herramienta nos permite analizar las variables de mayor peso como resultado del multi voto, se definen los procesos a los que pertenece cada una de ellas y las salidas.

Luego de aplicar el análisis de multi voto se logra reducir la lista de posibles KPIVs de 67 a 35 para ser calificadas posteriormente con los siguientes rubros.

- ✓ **C** variable que puede ser controlada
- ✓ **I** incontrolable no hay forma establecida para su control
- ✓ **E** estándar se cuenta con un procedimiento estándar para su atención.

Se asignará a la variable el proceso al que pertenece y las salidas de este una vez terminado este nos será el insumo para poder realizar la matriz de Causa y Efecto.

Tabla 3 IPO MAP

IPO Map			
ENTRADAS	TIPO	PROCESO	SALIDAS
Ancho de unión de sellante	E	Dimensiones y perfiles de los materiales	Materiales de acuerdo a la especificación de proceso
Ancho de unión de telas	E		
Ancho de unión del filler	E		
Ancho de unión de paredes	E		
Ancho de telas	E		
Ancho de sellante	E		
Perfil de la pared	E		
Perfil del filler	E		
Perfil del rodado	E		
Ancho de la capa 1	E		
Ancho de la capa 2	E		
Circunferencia de la llanta	C		
Ancho de camisa	E		
Ancho de tambor	E		
O validad del bladder	C		
Diámetro de tambor II etapa	C		
Altura de sticher	C		
Centrado de sticher	C		
Centrado del eje	C		
Centrado de bandejas 1	C		
Centrado de bandejas 2	C		
Centrado de mesa de rodado	C		
Velocidad de aplicación de telas	C	Parámetros de armado	De acuerdo a la especificación de armado
Velocidad de aplicación de cejas	C		
Velocidad de aplicación de capas	C		
Velocidad stichado	C		
Velocidad de cierre de expansiones	C		
Atadura floja	C		
Spot de ceja	C		
Presión de pegado de ceja	C		
Presión de volteo	C		
Pausas de las expansiones	C		
Presión de aplicación de rodado	C		
Presión de carcasa	C		
Expansiones de formado	C		
Spot de paquete	C		

Fuente: Arguedas, 2017

4.2.1.9 Matriz causa y efecto

Esta matriz permite evaluar cada uno de los procesos resultantes en la IPO Map en contraste con los indicadores de importancia para el proyecto y para Bridgestone de Costa Rica.

Cada uno de los indicadores se les asigna un valor que funciona como rango de importancia luego este es multiplicado por el peso que asigne el experto del proceso para luego ser sumado y brindar una nota final, las variables de mayor peso pasan a la siguiente etapa para continuar con el proceso, reduciendo la lista de variables de 35 a tan solo 11 posibles KIPVs.

Matriz de Causa y Efecto							
Importancia de los requerimientos del cliente			10	10	9	3	Total
REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE			RPP	Uniformidad	Scrap	Productividad	
Paso / Item #	Actividad o proceso	VARIABLES DE ENTRADA	Rango de importancia				
9	Dimensiones y perfiles de los materiales	Perfil del rodado	10	10	8	9	299
16	Set up de la maquina	Diámetro de tambor II etapa	10	10	8	8	296
34	Parámetros de armado	Presión de carcasa	10	10	9	2	287
1	Dimensiones y perfiles de los materiales	Ancho de unión de sellante	9	9	9	7	282
2	Dimensiones y perfiles de los materiales	Ancho de unión de telas	9	9	9	7	282
29	Parámetros de armado	Spot de ceja	9	9	9	7	282
36	Parámetros de armado	Spot de paquete	9	9	9	5	276
14	Set up de la maquina	Ancho de tambor	9	9	7	2	249
19	Set up de la maquina	Centrado del eje	9	9	7	1	246
7	Dimensiones y perfiles de los materiales	Perfil de la pared	8	9	6	2	230
8	Dimensiones y perfiles de los materiales	Perfil del filler	7	9	6	2	220
28	Parámetros de armado	Atadura floja	8	8	3	1	190
35	Parámetros de armado	Expansiones de formado	8	8	2	2	184
31	Parámetros de armado	Presión de volteo	6	7	5	2	181
32	Parámetros de armado	Pausas de las expansiones	6	7	2	10	178
3	Dimensiones y perfiles de los materiales	Ancho de unión del filler	5	9	2	2	164
4	Dimensiones y perfiles de los materiales	Ancho de unión de paredes	4	9	2	2	154
27	Parámetros de armado	Velocidad de cierre de expansiones	3	8	2	6	146
26	Parámetros de armado	Velocidad stichado	3	7	3	6	145
15	Set up de la maquina	Ovalidad del bladder	6	6	2	2	144
10	Dimensiones y perfiles de los materiales	Ancho de la capa 1	3	7	4	2	142
11	Dimensiones y perfiles de los materiales	Ancho de la capa 2	3	7	4	2	142
30	Parámetros de armado	Presión de pegado de ceja	3	7	4	2	142
23	Parámetros de armado	Velocidad de aplicación de telas	2	6	3	6	125
24	Parámetros de armado	Velocidad de aplicación de cejas	2	6	3	6	125
25	Parámetros de armado	Velocidad de aplicación de capas	2	6	3	6	125
18	Set up de la maquina	Centrado de sticher	4	6	2	2	124
20	Set up de la maquina	Centrado de bandejas 1	2	7	3	2	123
21	Set up de la maquina	Centrado de bandejas 2	2	7	3	2	123
22	Set up de la maquina	Centrado de mesa de rodado	2	7	3	2	123
17	Set up de la maquina	Altura de sticher	2	6	2	2	104
33	Parámetros de armado	Presión de aplicación de rodado	2	6	2	2	104
13	Set up de la maquina	Ancho de camisa	3	5	2	2	104
5	Dimensiones y perfiles de los materiales	Ancho de telas	1	7	1	2	95
6	Dimensiones y perfiles de los materiales	Ancho de sellante	1	7	1	2	95

Tabla 4 Matriz de causa y efecto

Fuente: Arguedas, 2017

4.2.1.10 Matriz de análisis de modo de falla y sus efectos FMEA

De los 11 posibles KPIVs resultantes la Matriz de análisis de modo de falla FMEA analiza cada una de ellas según tres rubros críticos para la atención de estos.

- ✓ Severidad qué tan severo sería el daño si ocurre la falla
- ✓ Ocurrencia con qué frecuencia ocurre la falla.
- ✓ Defectibilidad qué tan sencillo se detecta la falla

Cada uno de los posibles KPIVs será evaluado por estos rubros con un peso del 1 al 10 según las tablas de anomalías y fallas proporcionadas por Bridgestone para el tratamiento de fallas en la calidad del producto. El resultado de la sumatoria descarta los KPIVs con puntajes más altos de los puntajes más bajos, donde estos últimos no pasarán a la fase de análisis y pruebas.

Esta sumatoria es llamada factor de “RPN” (Numero de prioridad de riesgo) y permite discriminar las KPIVs que su RPN es bajo de las 11 mencionadas anteriormente se descartan 5, quedando únicamente 6 variables para iniciar con la fase de análisis.

Matriz de análisis de modo de falla FMEA									
Proceso	Entrada clave de proceso KPIV	Modo potencial de falla	Posibles efectos de falla	S E V	Posibles causas	O C U	Controles actuales	D E T	R P N
Dimensiones y perfiles de los materiales	Perfil del rodado	Mas grueso o delgado de lo necesario	Depresiones o protuberancias en la llanta	8	Diseño inadecuado del rodado	7	No existe	8	448
Parámetros de armado	Spot de ceja	Spot de ceja incorrecto	Incremento de la fuerzas radiales	8	Colocación de aros de forma aleatoria	8	No existe	7	448
Dimensiones y perfiles de los materiales	Ancho de unión de sellante	Traslape de la uniones mayor o menor a la especificada	Uniones abiertas o protuberancias e en la llanta.	8	Largo de corte inapropiado	7	Estándar de uniones para llantas PSR y LTR	7	392
Dimensiones y perfiles de los materiales	Ancho de unión de telas	Traslape de la uniones mayor o menor a la especificada	Uniones abiertas o protuberancias e en la llanta.	8	Largo de corte inapropiado	7	Estándar de uniones para llantas PSR y LTR	7	392
Parámetros de armado	Presión de carcasa	Circunferencia de la llanta mayor o menor a la especificada	Deformación de la llanta y estiramiento de los componentes	8	Seteo incorrecto de la presión	8	No existe	6	384
Set up de la maquina	Diámetro de tambor II etapa	Diámetro de la BT mayor o menor al requerido	Uniones abiertas o anchas	8	Ajuste incorrecto del diámetro, falta de tooling	7	Chequeo del cambio de medida	6	336
Dimensiones y perfiles de los materiales	Perfil de la pared	Mas grueso o delgado de lo necesario	Depresiones o protuberancias en la llanta	4	Diseño inadecuado de la pared	5	No existe	8	160
Dimensiones y perfiles de los materiales	Perfil del filler	Mas grueso o delgado de lo necesario	Depresiones o protuberancias en la llanta	4	Diseño inadecuado del filler	5	No existe	8	160
Set up de la maquina	Ancho de tambor	Ancho de carcasa mayor o menor al requerido	Cuerdas en el sellante y ceja	7	Ajuste incorrecto del ancho de tambor, falta de tooling	4	Chequeo del cambio de medida	3	84
Set up de la maquina	Centrado del eje	Eje no concéntrico con la maquina	Incremento de fuerzas radiales	9	Centrado incorrecto de tambor.	3	Chequeo del cambio de medida	3	81
Parámetros de armado	Spot de paquete	Colocación incorrecta de la rodado	Incremento de la fuerzas radiales	4	Ingreso de parámetros	5	Monitoreos de control	3	60

Tabla 5 FMEA

Fuente: Arguedas,2017

Se realiza una MSA por sus siglas en inglés Measurement systems analysis, que se traduce como un análisis del sistema de medición con el fin de establecer si la varianza del proceso es satisfactoria.

4.2.2.1 R&R

Se realiza un estudio de repetibilidad y reproducibilidad para analizar la variación entre el método de medición y las TUO 2 y 3 que son las máquinas encargadas de medir el RPP de las llantas, se determina:

Repetibilidad: Es la variación que se genera cuando la misma TUO mide la misma llanta varias veces, bajo las mismas condiciones.

Por ejemplo, se necesita medir el espesor de alguno de los componentes de la llanta con un calibrador “A” en cinco ocasiones y luego se mide con un calibrador “B” ese mismo componente bajo las mismas condiciones, con un mismo operador y la misma cantidad de veces de forma aleatoria. Si la comparación de cada uno de los resultados de las cinco mediciones no se asemeja entre sí, se puede decir que el sistema de medición para este caso no es repetible.

Utilizando líneas de color azul y rojo para representar las mediciones de cada uno de los valores, la poca repetibilidad se observa de la siguiente forma.

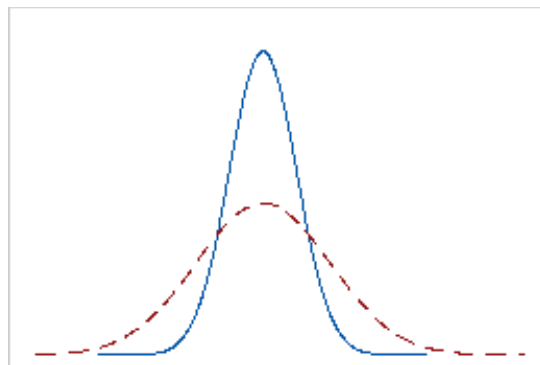


Imagen 20 Repetibilidad en un sistema de medición.

Fuente: Google imágenes, https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/repeatability_def.png

Reproducibilidad: es la variación generada cuando dos o más TUOs miden la misma llanta muchas veces, bajo las mismas condiciones,

Para este caso se puede plantear a tres evaluadores diferentes: 1, 2 y 3, midiendo el espesor del mismo componente cinco veces, pero sin cambiar de calibrador y bajo las mismas condiciones, se podría representar gráficamente de la siguiente forma.

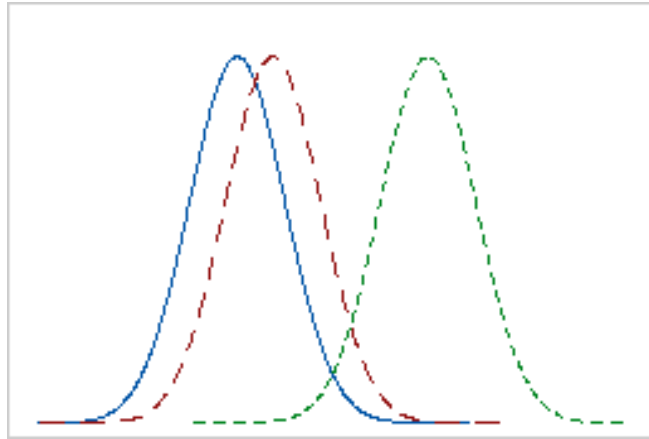


Imagen 21 Reproducibilidad en un sistema de medición.

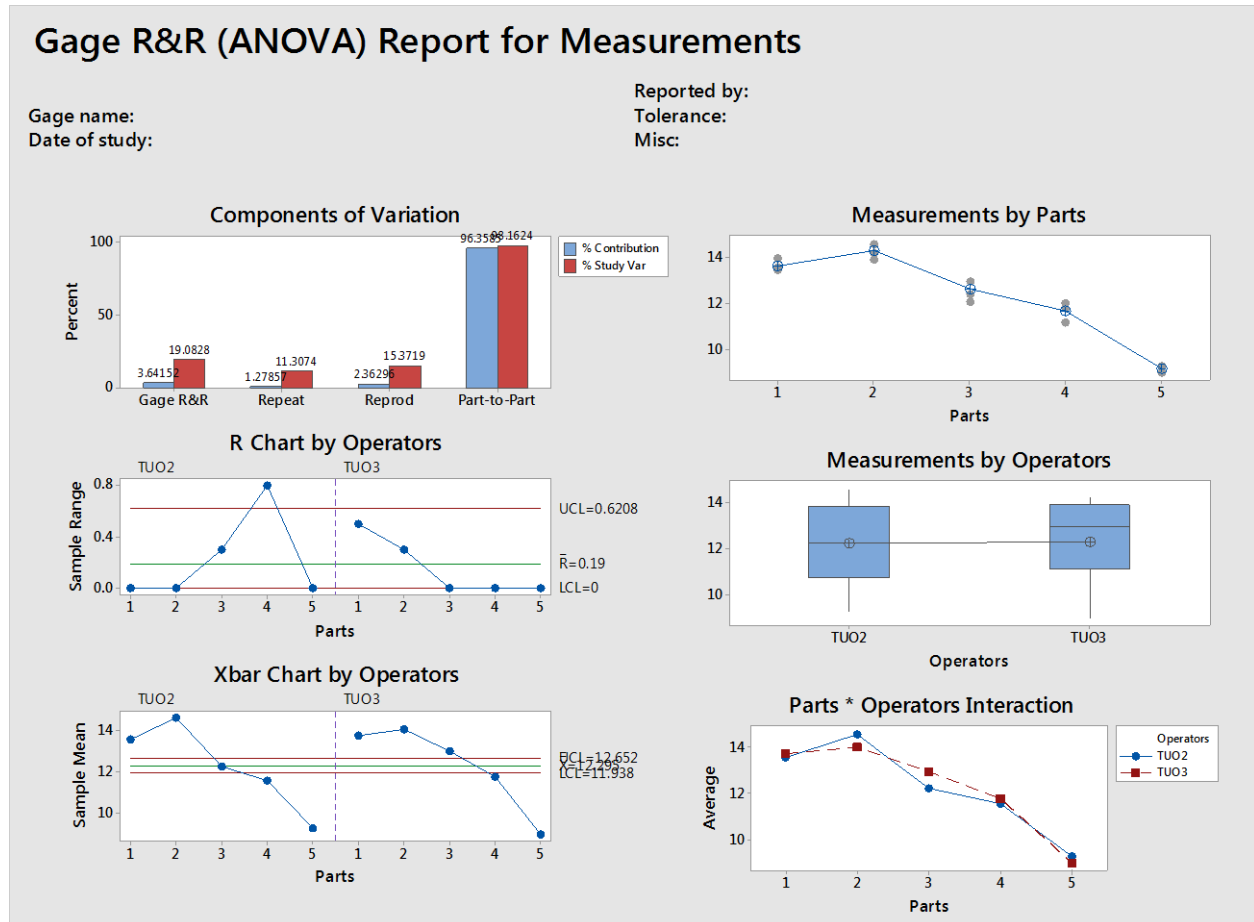
Fuente: Google imágenes,

https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/reproducibility_def.png

Las tres líneas de colores representan las mediciones de los evaluadores 1, 2 y 3 en donde la variación en las mediciones de los operadores 1 y 2 es mucho menor que la variación entre los operadores 1 y 3. Por lo tanto, la reproducibilidad del sistema de medición es demasiado baja.

El manual del grupo AIAG (*Automotive Industry Action Group*) recomienda que la variación del sistema de medición debe ser entre un 10% al 30% más de esto el sistema de medición no sería aceptable, sería necesario mejorar el sistema de medición para poder tomar decisiones.

Una vez clara la mecánica del MSA, se procede a realizar un análisis de varianza donde se utilizarán dos evaluadores que son las TUO 2 y 3, se realizan dos mediciones de cinco llantas, por lo que vamos a tener un mínimo de cuatro mediciones para cada



llanta.

Gráfico 7 R&R de las TUO

Fuente: Arguedas, 2017

Analizando los datos que proporciona el análisis de variabilidad se puede establecer que: El porcentaje del estudio de varianza (% Study Var) fue de un 19, 0828%, este dato se encuentra dentro del margen recomendado por el grupo AIAG por tanto el sistema de medición de Bridgestone para la variable de RPP es confiable y se puede continuar con el proyecto ya que el sistema de medición no tiene injerencia alguna sobre los resultados negativos por la falta de uniformad en la META.

4.2.2.2 Análisis de capacidad

Una vez que se determina que los datos con los que se cuenta para plantear las hipótesis son confiables, se procede a realizar un análisis de capacidad para poder definir una línea base y analizar qué tan centrado se encuentra el proceso de elaboración de llantas según los límites de control establecidos por la compañía para la variable de uniformidad de RPP, para la llanta 205/60 R16 Winterforce META la compañía establece los siguientes valores de RPP:

SEGUIMIENTO CONTROL POR LLANTA

TIRE CODE	MEDIDA			TUO
859	205/60 R16 Winterforce 2 META			2

LIMITES	RPP	RH1	LPP	CON
TR	14	8.2	10.9	11
GR	18	13.4	12.7	14

Tabla 6 Rango de valores de RPP para la META.

Fuente: Bridgestone de Costa Rica

Las llantas una vez medidas por la TUO se va a categorizar para RPP en tres clases distintas:

TR: Cualquier llanta inferior a 14 kilogramos es una llanta virgen, no requiere de ningún tipo de retrabajo o ajuste.

GR: Es toda aquella llanta que se ubique entre los valores de 14 y 18 kilogramos, estas llantas deben ser pulidas hasta poder llevarlas a los valores óptimos de uniformidad, cada llanta pulida afecta al “yield” de la medida.

Scrap: Estas son todas las llantas que se encuentren por encima de los 18 kilogramos de RPP, deben ser segregadas para su posterior desecho ya que no cumplen con los valores mínimos de calidad y uniformidad para RPP.

Establecidos el límite superior e inferior de control para el RPP se puede proceder a evaluar si el proceso está centrado mediante el índice de capacidad Cpk.

- ✓ Valores mayores a 1 de Cpk indican que se están fabricando llantas que cumplen con las especificaciones de RPP.

- ✓ Valores menores a 1 de Cpk indican que se están fabricando llantas fuera de las especificaciones.
- ✓ Valores de 0 o negativos de Cpk indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

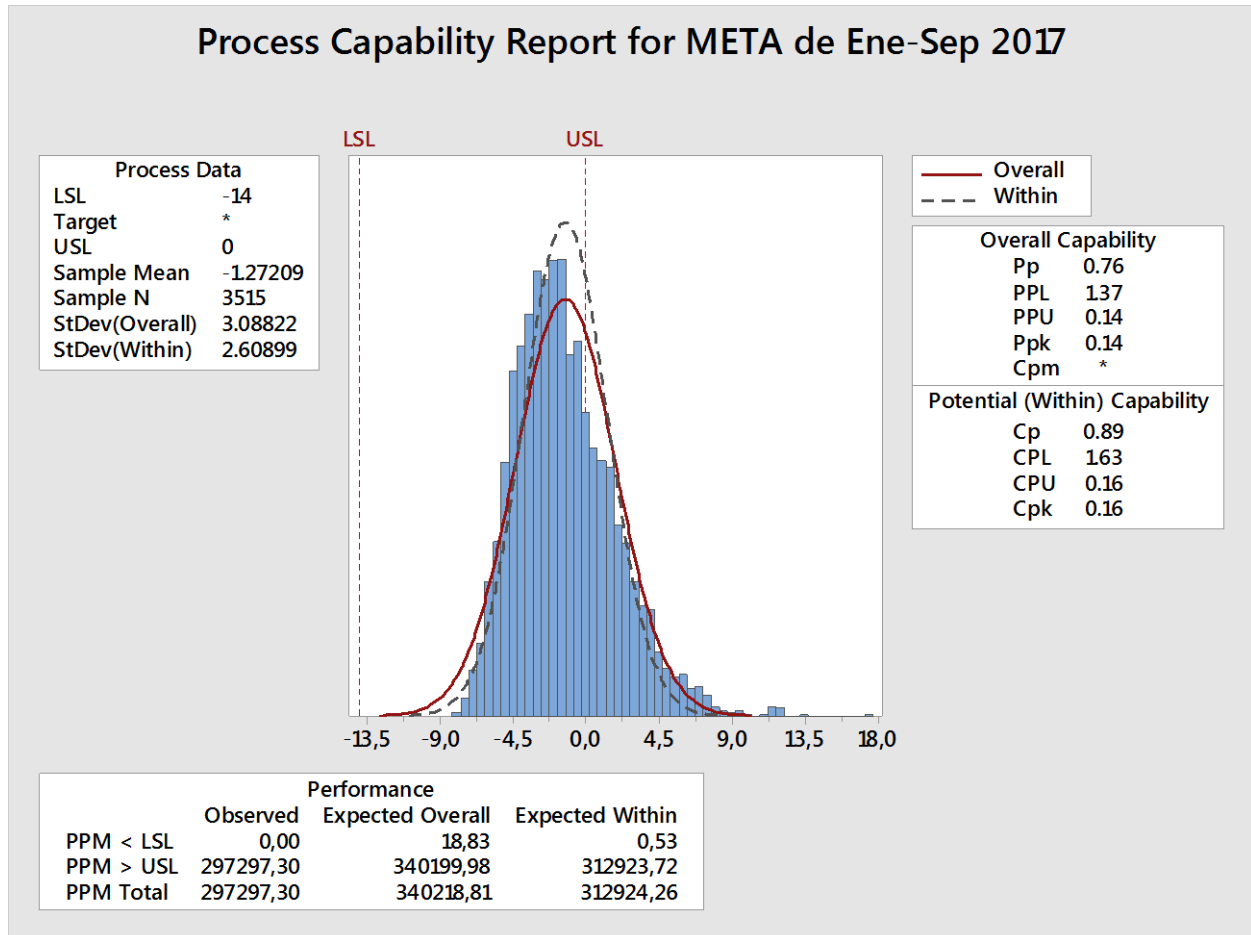


Gráfico 8 Estudio de capacidad del proceso de armado de llantas

Fuente: Arguedas, 2017

El estudio de capacidad de proceso arroja como resultado valores para el índice de capacidad Cpk de 0.16, basándose en la teoría los valores menores a 1 indican que el proceso de la elaboración de la llanta 205/60 R16 Winterforce META requieren de una intervención para poder mejorar el desempeño de la misma.

En la fase de medición del DMAIC se pudo determinar los valores de repetibilidad y reproducibilidad del sistema de medición, esto proporciona datos confiables para el

planteamiento de hipótesis de mejora del RPP, se define un Cpk para la meta de 0.16 con lo que confirma la necesidad inmediata de mejorar el proceso de elaboración de llantas META ya que las llantas se encuentran fuera de los límites de control.

CAPÍTULO V: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.

5.1 DISEÑO.

5.1.1 Analizar

Una vez definidos los posibles KPIVs que ejercen un efecto negativo sobre la uniformidad de la llanta, en este caso el pulido de las llantas por defecto de “RPP” (Fuerzas radiales a las que se somete la llanta, del pico más alto al pico más bajo del espectro gráfico de dicha fuerza) se procede diseñar una serie de pruebas estadísticas con el fin de validar si las causas establecidas en la etapa anterior son significativas y se pueden confirmar como KPIV.

Para cada uno de los puntos por probar se eligió una prueba estadística que se ajuste adecuadamente al tipo de muestra que se vaya a emplear, buscando generar no solo una respuesta a la pregunta inicial, ¿es esta una causa que afecta directamente a la uniformidad de las llantas?, sino que se entregue una herramienta que se pueda usar para el mantener bajo control dichas variables.

5.1.2 Colocación de la ceja

Se somete a prueba la colocación de la ceja en el tambor, la ceja está conformada con un aro de acero y un “filler” (perfil de hule que se utiliza únicamente en la ceja) este perfil de hule debe tener un traslape mínimo de 2mm.

Todo componente que se coloque sobre el tambor de la máquina genera una unión por traslape y por ende este proyecta una fuerza radial en la llanta que luego se trasmite al vehículo como vibraciones de ahí la importancia de balancear estas fuerzas para un mayor confort del usuario, actualmente existe un estándar para la distribución de las capas radiales y el sellante sobre la circunferencia de la llanta, no así para la ceja ya que no se considera como un componente que pueda generar algún tipo de fuerza radial.

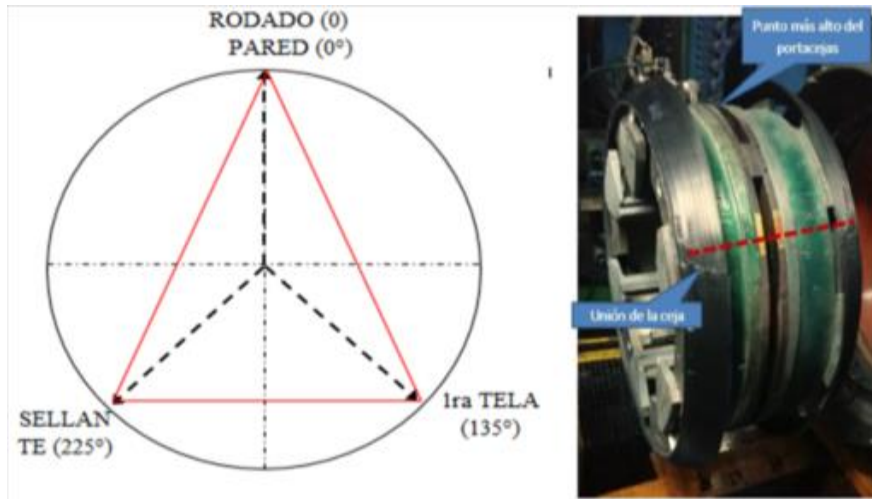


Imagen 22 Estándar de colocación de matariles

Fuente: Bridgestone, 2017

Se pone a prueba este paradigma de la colocación de la ceja con un blox plot donde se toma un total de 40 llantas, cada 10 llantas se mueve la unión de ceja 90° grados sobre la circunferencia de la llanta verde.

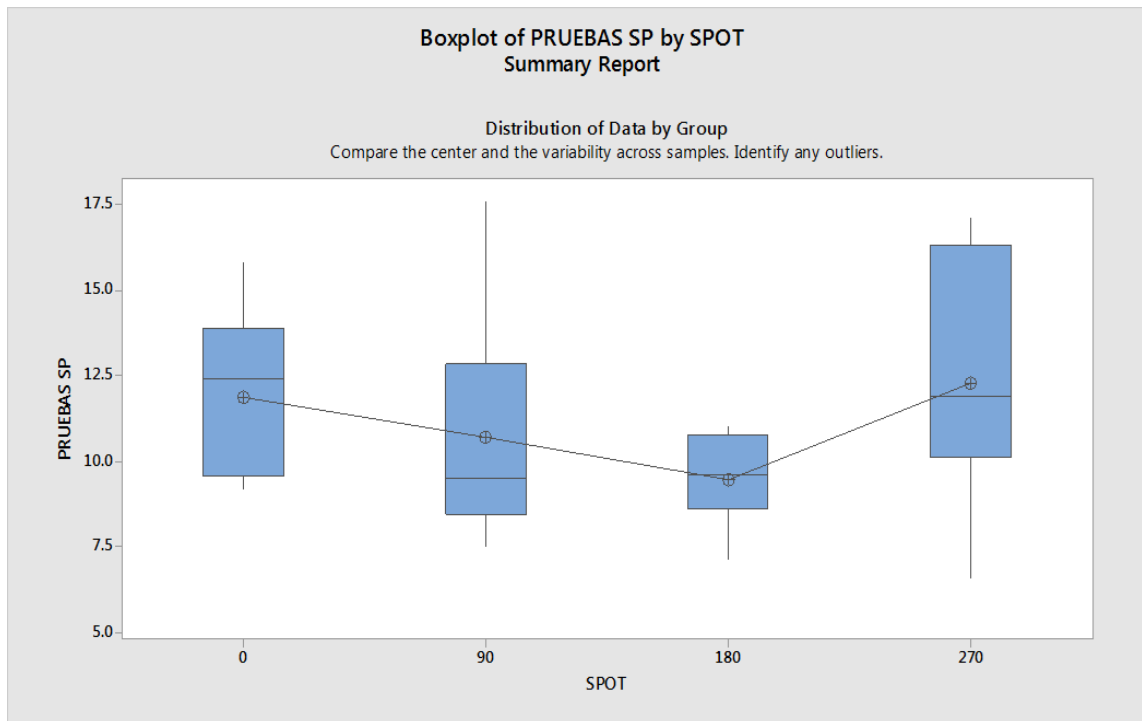


Gráfico 9
Box plot spot de colocación de ceja
Fuente: Bridgestone, 2017

one, 2017

Esta herramienta muestra de forma muy gráfica que si existe una diferencia entre las posibles combinaciones de la colocación de la ceja, como se puede observar el spot

existe una diferencia muy marcada en los resultados obtenidos luego de rotar la unión de la ceja en los 360 grados de la circunferencia de la llanta.

Utilizando un valor de significancia del 5% la prueba no posee los resultados necesarios para confirmarla como KPIV, estadísticamente la prueba no fue significativa, ya que el “P valué” (valor de significancia para rechazar a hipótesis nula) es mayor a 0.05.

Factor Information						
Factor	Levels	Values				
SPOT	4	0, 90, 180, 270				
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
SPOT	3	46.09	15.362	1.86	0.156	
Error	34	281.54	8.280			
Total	37	327.62				

Imagen 23 Box plot spot de colocación de ceja

Fuente: Bridgestone, 2017

5.1.3 Ancho de uniones de tela y sellante

Se pone a prueba el paradigma de la afectación del RPP a causa de los traslapes de las láminas de hule y nylon, bajo la misma premisa del equilibrio de las fuerzas radiales en la llanta verde.

La prueba se ejecuta a tres niveles, comparando el ancho estándar del traslape de la unión para las llantas “PSR” (llantas radiales para pasajero) y dos niveles más, uno superior y uno inferior al estándar como se muestra en la tabla.

Tabla 7 Prueba de ancho de uniones

ANCHO DE UNIONES			
	Prueba 1	Prueba 2	Estandar
Union de tela	6m	8m	4m
Union de sellante	15mm	20mm	8mm
Union de pared	0mm	4mm	0mm

Fuente: Arguedas, 2017

Como herramienta se utilizó un Chi cuadrado, con el fin de poder obtener una ecuación que no permita optimizar el ancho de la unión y proponer un nuevo estándar, sin embargo, los resultados de la prueba determinaron que el estándar en este caso la prueba número 3 es la que refleja mejores valores además de una menor dispersión de los datos.

Con la facilidad que presenta la herramienta de mostrar los resultados de forma gráfica se puede deducir que existe una diferencia entre las 3 pruebas, presentan una mayor dispersión en sus cuartiles, a pesar de ello los resultados no son estadísticamente significativos, por lo que se pueden descartar el ancho de las uniones como un posible KPIV.

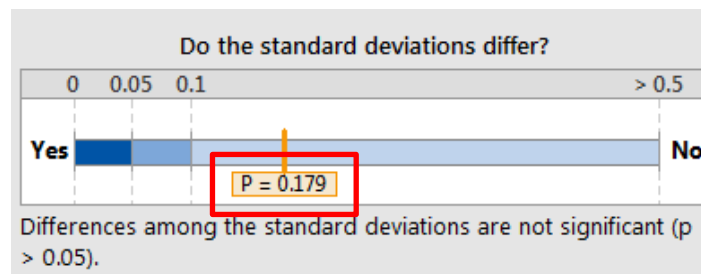


Gráfico 10 Test de ancho de uniones

Fuente: Arguedas, 2017

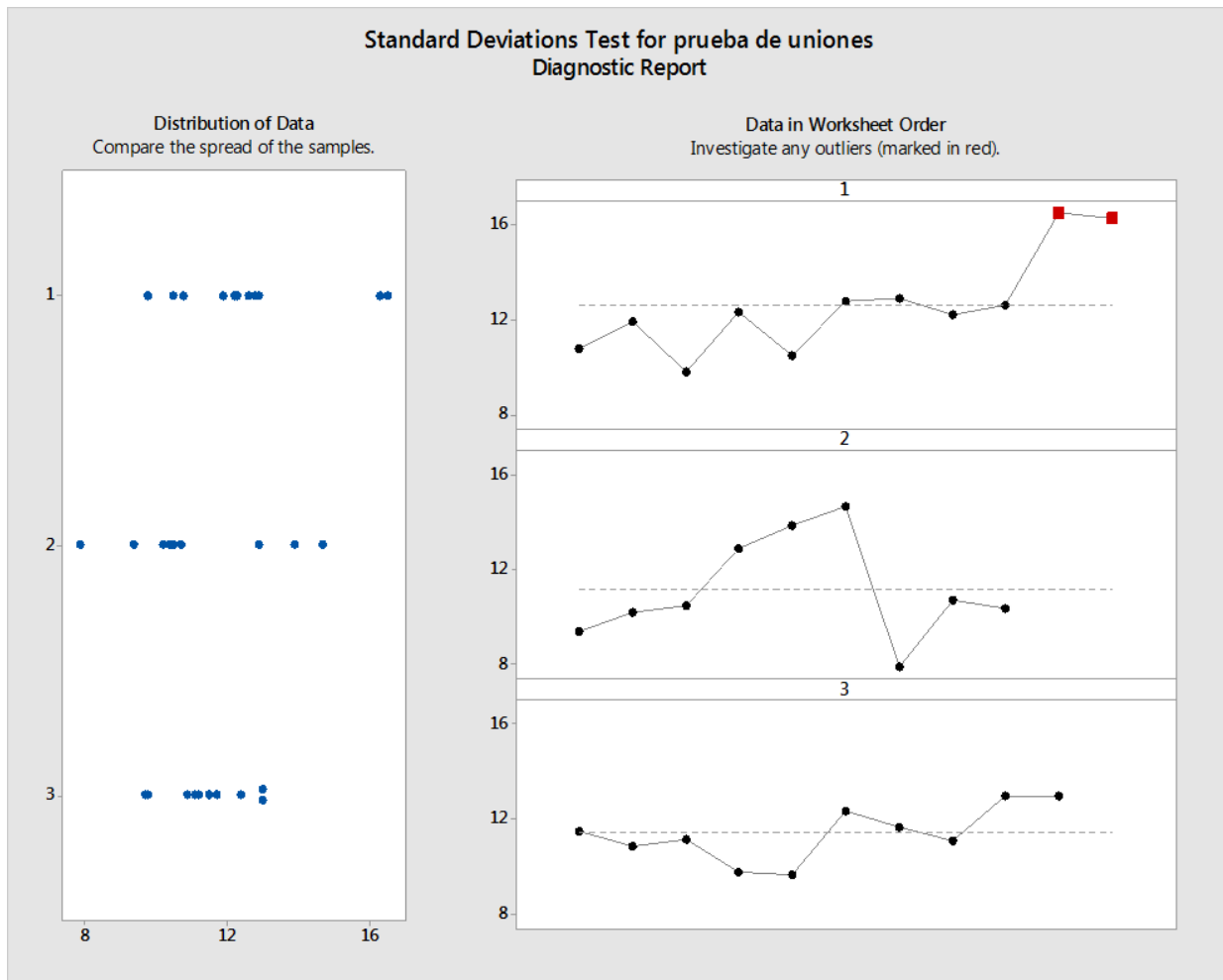


Gráfico 11 Test de acho de uniones

Fuente: Arguedas, 2017

5.1.4 Presión de formado de llanta verde.

La presión de formado de la llanta verde (llanta sin vulcanizar) es de vital importancia para que se ajuste a las dimensiones del molde en vulcanización, se utiliza como herramienta una regresión lineal esta nos permite realizar una prueba a 4 niveles.

Se realizaron 4 corridas de 10 llantas cada una ajustando la presión interna de la llanta verde (llanta sin vulcanizar) a diferentes niveles de presión, para la primer prueba se ajusta la presión a un nivel inferior de 18psi con respecto al estándar de 20psi, con esto se pretende evaluar si el formado de la llanta con una presión menor favorece o desfavorece al RPP de la llanta ya que las capas radiales no sufren tanto estrés con el

estiramiento, la lógica indica que disminuyendo la presión existe un probabilidad menor de que la llanta se deforme.

La contra parte de la hipótesis presentada sería realizar una prueba aumentado la presión de llanta verde (llanta sin vulcanizar) por encima del estándar, con una presión de 22 y 24 psi para medir el efecto del estrés de las telas con el fin de evaluar si esta afecta de manera directa la uniformidad de la llanta.

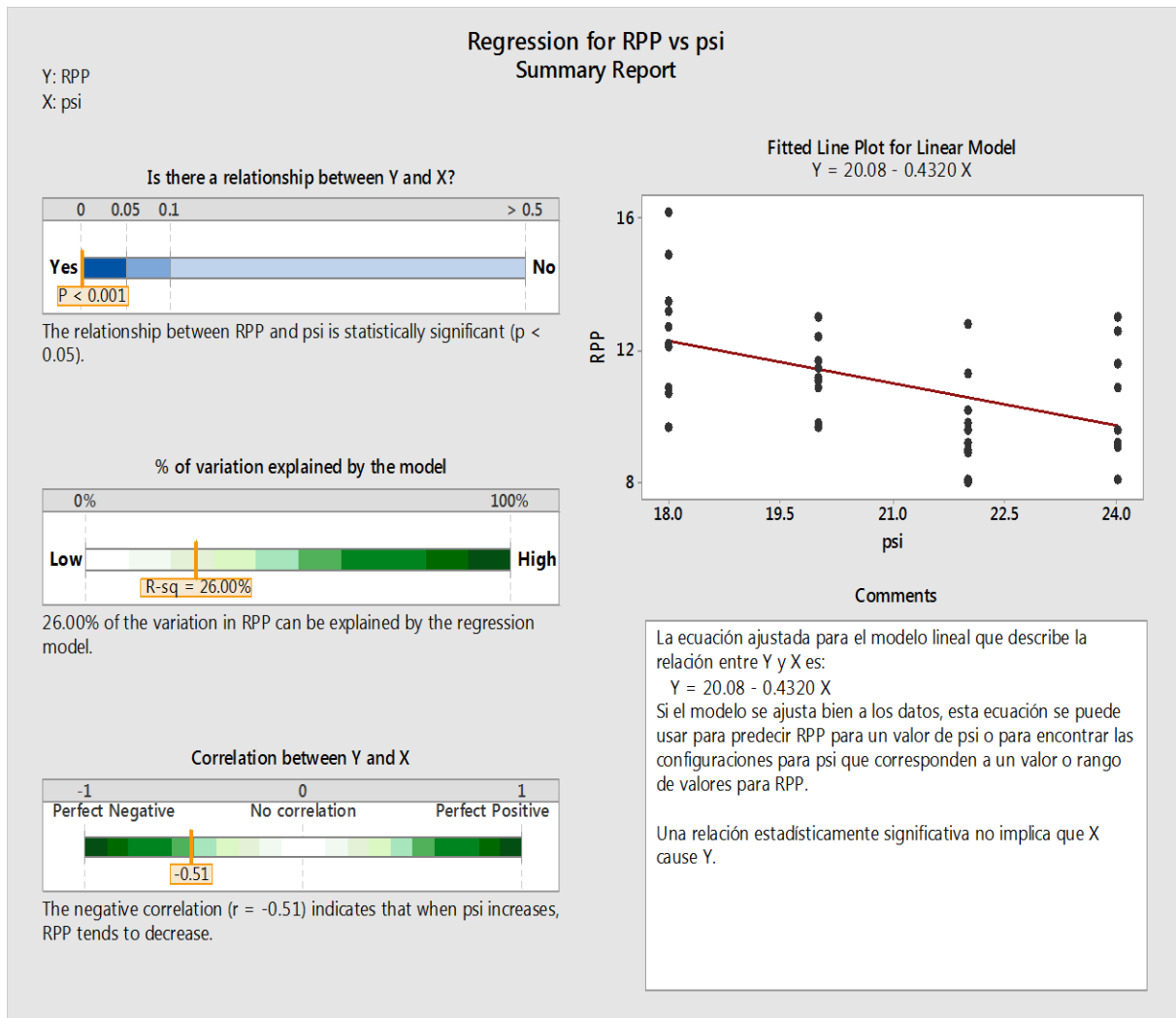


Gráfico 12 Test de presión de formado de la llanta verde

Fuente: Arguedas, 2017

Utilizando un valor de significancia del 5% la prueba posee los resultados estadísticamente significativos para confirmarla como KPIV, ya que el “P value” (valor de significancia para rechazar a hipótesis nula) es menor a 0.05.

El modelo de la regresión explica en un 26% la variación en el RPP, pero nos muestra que una correlación negativa indica que cuando la presión aumenta el RPP tiende a disminuir, La ecuación ajustada para el modelo lineal que describe la relación entre Y y X es:

$$Y = 20.08 - 0.4320 X$$

Si el modelo se ajusta bien a los datos, esta ecuación se puede usar para predecir RPP para un valor de psi o para encontrar las configuraciones para psi que corresponden a un valor o rango de valores para RPP adecuados para la construcción de la llanta.

5.1.5 Diámetro del BT

El BT es como se designa a la pieza de la máquina donde se colocan las capas de acero textil, spiral y la banda de rodado para luego ser ensambladas con la carcasa, el diámetro del BT tiene una holgura permitida por la corporación de $\pm 0,040\text{mm}$.

Debido al crecimiento de la demanda de llantas con nuevas características las máquinas deben modificarse para poder cumplir con esta especificación sin embargo, se han dado casos donde los mecánicos de set up ajustan este diámetro equivocadamente.

Actualmente se desconoce cuál es el impacto de un ajuste de diámetro inadecuado por dicha razón se lleva a cabo una prueba ajustando el diámetro del BT a 3 niveles evaluando el estándar con un nivel inferior y uno superior, con una regresión lineal.

✓ Prueba 1 diámetro	23.400mm
✓ Prueba 2 diámetro	23.600mm
✓ Prueba 3 diámetro estándar	23.500mm

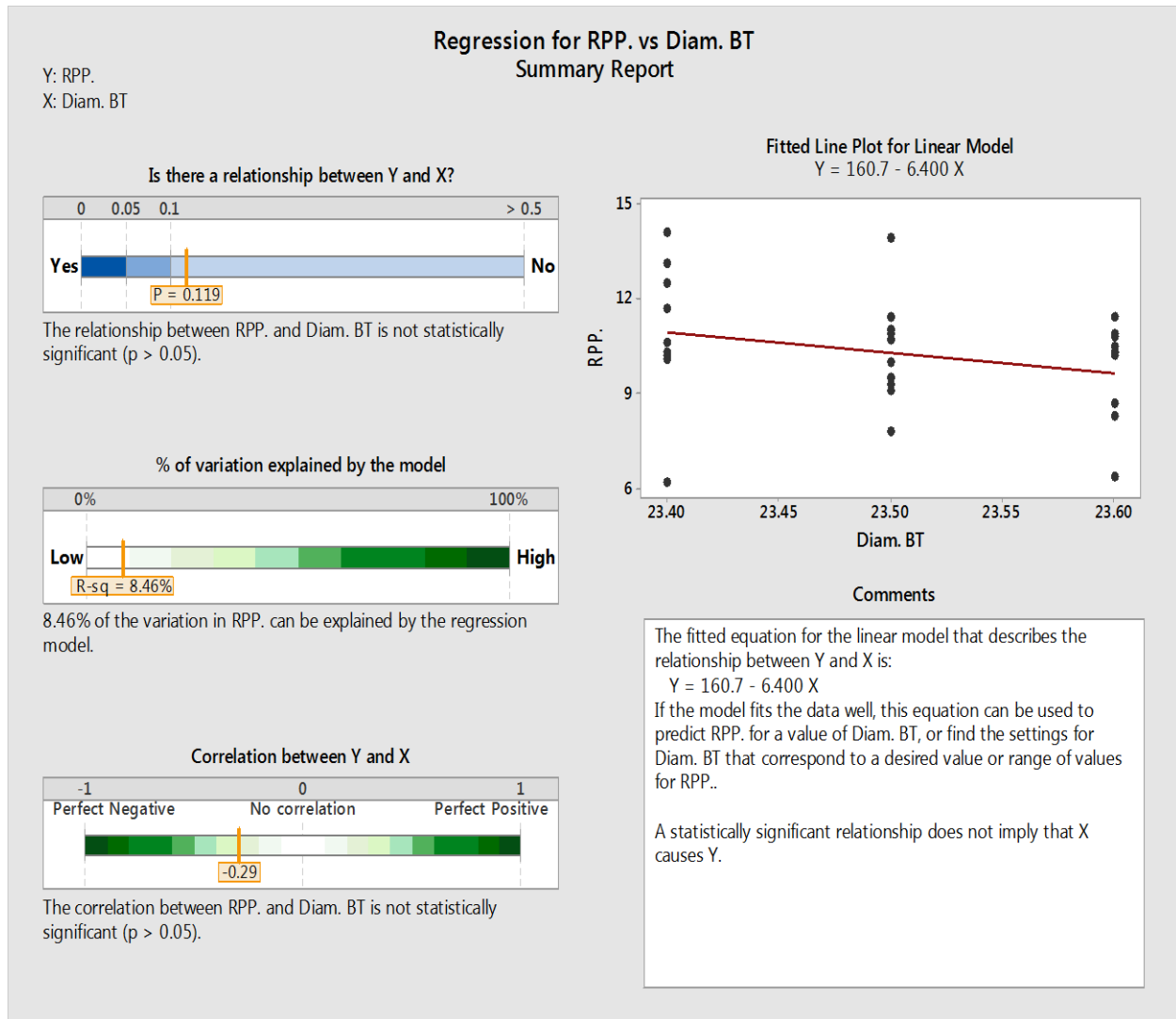


Gráfico 13 Diámetros de BT.

Fuente: Arguedas, 2017

Con un nivel de significancia del 95% los resultados no son estadísticamente significativos con un P Valué de 0.119, modelo tan solo explica en un 8.46% la varianza del RPP con respecto al diámetros del BT además que la correlación entre la variación del diámetro del BT y el RPP que experimentan las llantas son muy bajas por lo tanto se descarta esta variable como un posible KPIV.

5.1.6 Diseño de rodado

Las llantas se conforman de diferentes tipos de hules y componentes cada uno de ellos con una función específica para efectos de esta prueba la cual es la más ambiciosa de

todas, la de modificar las dimensiones de la banda de rodado, lo que se busca con esta prueba es cambiar el ancho de los hombros de la llanta para crear un mayor punto de contacto de la banda de rodado con la carretera.

Todas las llantas son diseñadas con un propósito o función específica, puede haber dos llantas con las mismas dimensiones, pero con distinto diseño, los cuales son proporcionados por la corporación para que sean desarrollados en sus plantas buscando suplir las necesidades de los clientes.

En este caso se apuesta por evaluar si el diseño de la banda de rodado para la llanta en estudio es el más apropiado y qué impacto podría tener el rediseño de este sobre la uniformidad de la llanta, modificando la distancia que existe entre los hombros del rodado para obtener un área de contacto mayor a la existente.

En la imagen del perfil del rodado se puede observar un incremento en el espesor del hule a los 40mm del centro hasta los 77mm el área comprendida entre estos dos puntos es la parte que se propone rediseñar para obtener una llanta más cuadrada en su forma final.

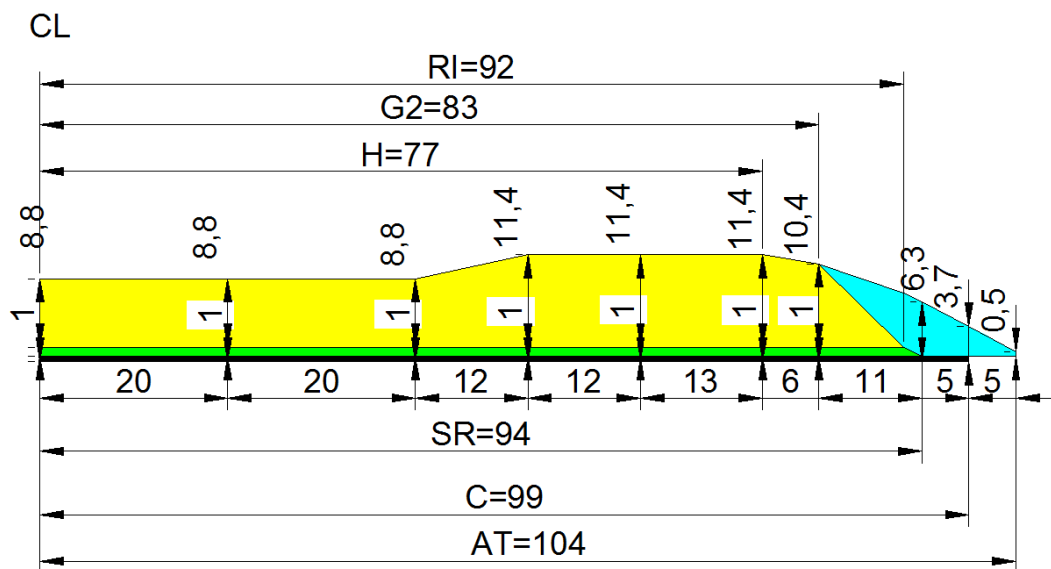


Imagen 24 Matriz del rodado.

Fuente: Bridgestone, 2017

Para dicha prueba se extruyeron 50 rodados con el rediseño en las dimensiones del hombro para armar dos corridas, una de 50 llantas con el nuevo diseño y se armaron otras 50 llantas con el perfil del rodado original. Por medio de un anova se quiere comparar los valores de RPP de ambas corridas para determinar si el ancho del hombro tiene una correlación que pueda explicar el aumento del RPP en la llanta de estudio

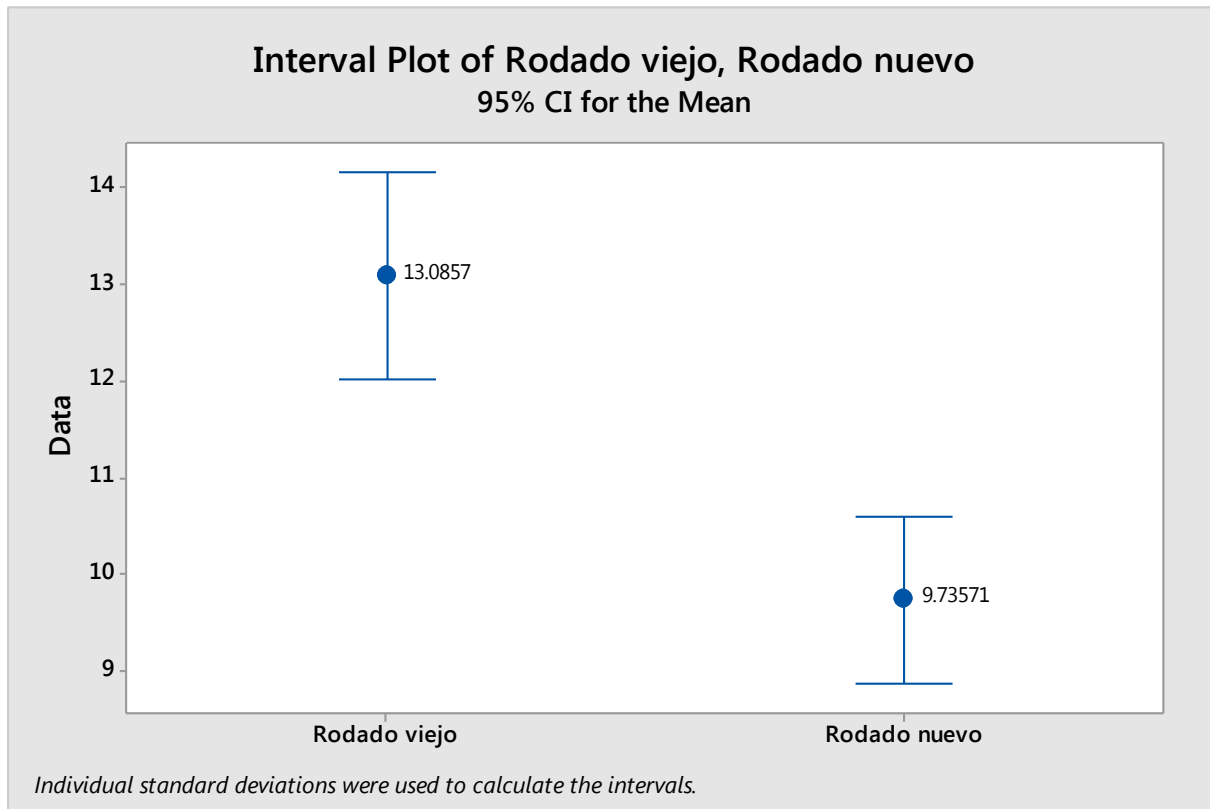


Gráfico 14 Diseño del rodado

Fuente: Arguedas, 2017

Los valores obtenidos en la prueba son satisfactorios donde se puede determinar con una muestra de 50 llantas que el promedio de RPP del rodado nuevo de 9.73Kg este valor se ubica por debajo de los límites de pulido (14kg) para RPP actuales en la llanta de estudio.

ANOVA: Pruebas de diseño de rodado

Factor Type Levels Values
rodado fixed 2 Nuevo, Viejo

Analysis of Variance for Pruebas de diseño de rodado

Source	DF	SS	MS	F	P
rodado	1	78.558	78.558	27.82	0.000
Error	26	73.409	2.823		
Total	27	151.967			

S = 1.68031 R-Sq = 51.69% R-Sq(adj) = 49.84%

Imagen 25 Diseño del rodado

Fuente: Arguedas, 2017

Con un valor de significancia del 5% la prueba posee los resultados estadísticamente significativos para confirmarla como KPIV, ya que el “P valué” (valor de significancia para rechazar a hipótesis nula) es menor a 0.05.

6.1.1 Diseño de rodado

Como propuesta principal se modificó el perfil del rodado de la llanta 205/60 R16 Winterforce 2 META aumentando el área de contacto de la llanta con la carretera, se realiza una modificación a la especificación de la llanta con el objetivo de realizar una mejora para que cumpla con los requerimientos técnicos y a la vez aumente el confort del cliente al reducir las vibraciones que la llanta pueda transmitir al vehículo.

Para recalificar la llanta se tiene que seguir las indicaciones de la Practica Estándar Corporativa BA091 según la modificación que se realiza, este documento especifica una clasificación tipo A para aquellas que se pueden realizar a nivel interno y cuyas pruebas se definen a nivel local, y tipo C, que solamente se pueden cambiar cuando los ingenieros del centro técnico de Akron(ATC) permiten realizar la modificación.

Para el caso de la mejora de la llanta 205/60 R16 Winterforce 2 META, fue necesario realizar una variación en el peso del rodado, esto implica la fabricación de un molde o matriz provisional de pruebas para ir ajustando sus dimensiones hasta lograr el perfil que se adecue a los requerimientos de uniformidad, se corren varias pruebas en el departamento de tubuladora, se toman muestras para verificar todas las medidas físicas del rodado y al cumplirse lo especificado se procede armar la corrida de llantas de prueba.

Como se muestra en la imagen de 42, dicho cambio se clasificó como tipo A según la corporación, por lo tanto, se puede realizar la liberación del proyecto, pero se hace solamente con los requerimientos de calificación de Bridgestone Costa Rica.

	PSR, LTR TSR		
	A	C	
UNDERTREAD			
COMPOUND		**	
WIDTH		X	EXCEPTION:
LENGTH	X		
STEP	X		
CALENDER GAUGE		X	EXCEPTIONS:
WRAP-AROUND GUM STRIP			
COMPOUND		**	
CALENDER GAUGE		X	
WIDTH		X	
LENGTH	X		
PLACEMENT		X	
TREAD			
CENTER/CAP STOCK		**	
SUBTREAD/WING STOCK		**	
SUBTREAD STOCK			
CENTER/CAP WEIGHT	X		
SUBTREAD/WING WEIGHT	X		
SUBTREAD WEIGHT			
WIDTH	X		
TREAD WEIGHT	X		
TREAD & UT WEIGHT	X		
LENGTH	X		
SHOULDER WIDTH	X		

Imagen 26 Guía corporativa para cambios en la llanta

Fuente: Bridgestone, 2017

Los requerimientos de Bridgestone Costa Rica para la liberación de cambios estructurales o recalificaciones en alguna de las medidas de producción de la planta son las siguientes:

1. Medición de dimensiones físicas (ancho de sección y diámetro de llantas)
2. Huella o "footprint" (prueba física que consiste en colocar tinta sobre la banda de rodado y simular el paso de la llanta sobre la carretera para ver la huella que deja la misma) para descartar el desgaste irregular en carretera
3. Análisis de secciones transversales de la llanta para asegurar que los espesores sean los adecuados para un correcto desempeño de la llanta.
4. Pruebas a diferentes velocidades y con diferentes periodos de tiempo para asegurar la resistencia en carretera.

Para cumplir estos requerimientos se fabrican 10 llantas con el nuevo rodado y se llevan al laboratorio de pruebas físicas, (laboratorio certificado por INTECO) quienes

realizan las pruebas y certifican que cumplen con los parámetros requeridos por la Práctica Corporativa BT020.

En el caso específico de la medida 205/60 R16 Winterforce 2 META se realizó un cambio en el perfil del rodado modificando el área de contacto de llanta con la carretera; con este cambio se busca mejorar el “footprint” (huella) de la llanta y hacer que la misma tenga una superficie mayor de contacto con la carretera mejorando la suavidad de la conducción y reduciendo las vibraciones de la llanta RPP. Para esto fue necesario modificar los ángulos y dimensiones en los hombros del rodado, el cambio realizado en la banda de rodado se muestra en la siguiente imagen.

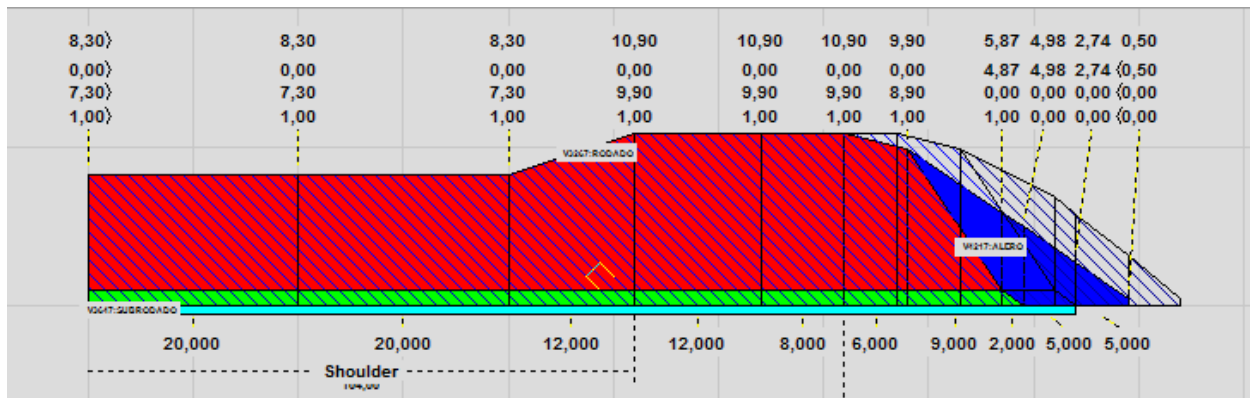


Imagen 27 Cambio en el diseño del rodado

Fuente: Bridgestone, 2017

Para este caso en que se modificó el rodado la parte sombreada con colores rojo, azul, verde y celeste son la nueva matriz y la sección que se muestra rayada es la antigua matriz donde se puede apreciar el área que se eliminó por el exceso de hule, esto generaba un incremento en las vibraciones radiales de RPP en la llanta, principal problema de uniformidad en la llanta.

Para llevar a cabo dicho cambio, el ingeniero de desarrollo realiza el nuevo dibujo con base en la solicitud del ingeniero a cargo de este proyecto de mejora, a partir de este nuevo diseño se envía un plano al mecánico de precisión del taller de moldes (Matricería) departamento encargado del desarrollo y maquinado de los moldes de prueba y las matrices para nuevos componentes.

Con el nuevo molde el cual incluye la modificación, se lleva a la máquina extrusora para generar los rodados de prueba que se requieren para armar las llantas de prueba necesarias para la liberación del cambio.

Como etapa final del proceso de mejora de la llanta, además de las pruebas de calificación mencionadas anteriormente, el ingeniero de uniformidad verifica la mejora en el tema para lo cual se solicitó el cambio. En el gráfico 15 se puede observar la mejoría en la tendencia de los datos y la cantidad de llantas que se salen del control superior de 14kg de RRP se reduce considerablemente.

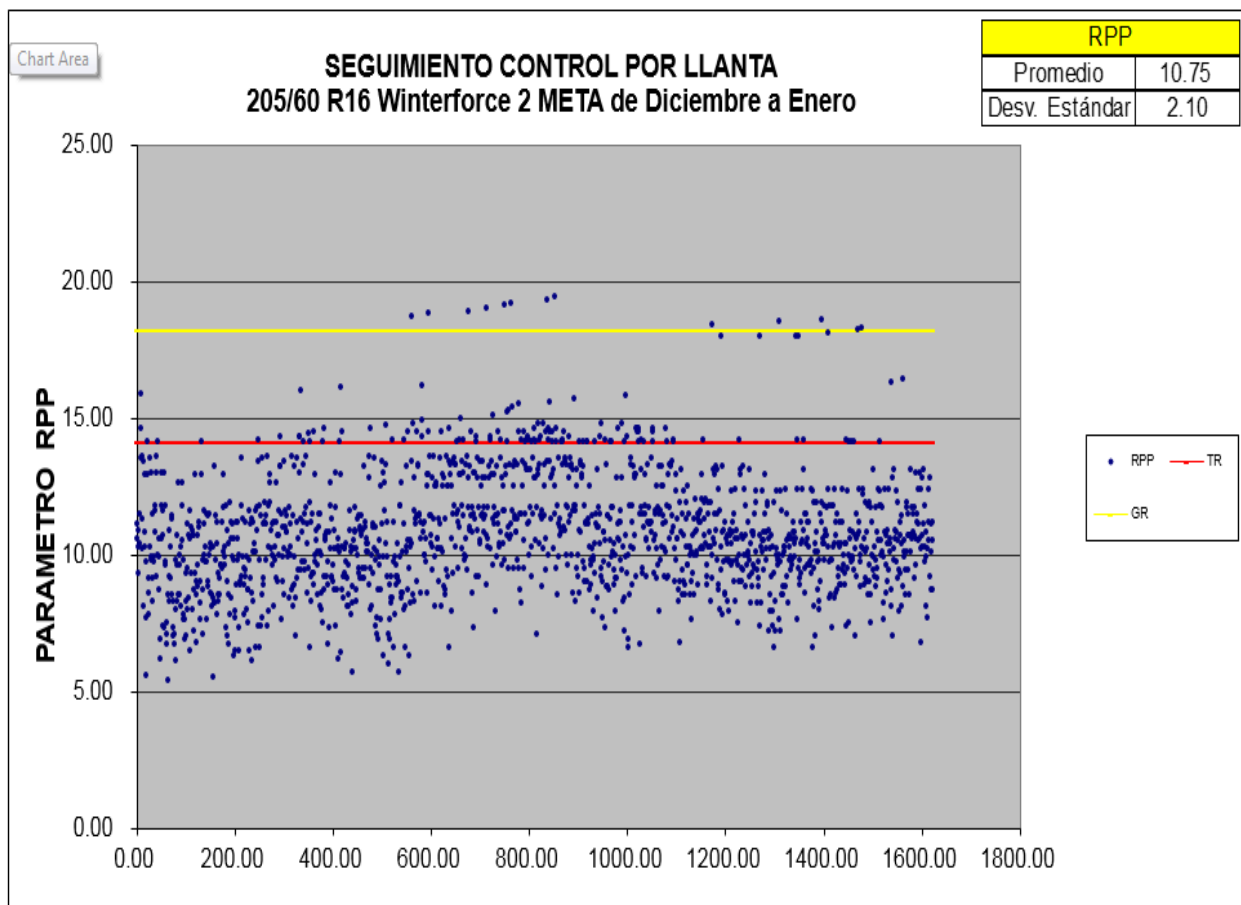


Gráfico 15 Cambio en el diseño del rodado

Fuente: Bridgestone, 2017

6.1.2 Presión de formado de llanta verde

Luego de comprobar como KPIV la presión de formado de la llanta verde y determinar que existe una relación directa entre la presión de formado y el incremento de las fuerzas radiales se toman una serie de acciones para recalcular la presión utilizada en la elaboración de parámetros para la construcción de la llanta.

El modelo de la regresión lineal nos explica que a mayor presión hay una disminución del RPP y se establece como una presión óptima para el formado 22psi, ya que se considera que una presión mayor puede causar algún tipo de problema a nivel de separación de componentes y puede causar algún tipo de desperfecto para este tipo de llantas.

En esta parte del proyecto se cambian todas las hojas de parámetros de la medida 205/60 R16 Winterforce 2, a nivel de información el departamento de armado cuenta con una total de 37 máquinas armadoras de diferentes tipos, algunas de ellas son capaces de elaborar las dos etapas de la llanta tanto a carcasa como el paquete de rodado utilizando el recurso de un solo operador, pero otras son menos modernas y realizan estas operaciones de forma individual y requieren de dos operarios para construir la llanta por completo, estas máquinas se clasifican de la siguiente forma:

- ✓ 12 máquinas KBN realizan las dos etapas.
- ✓ 4 máquinas KBR realizan las dos etapas
- ✓ 5 máquinas módulos 2:2 y 2:1 realizan las dos etapas
- ✓ 9 máquinas 88 que realizan solo una etapa
- ✓ 7 máquinas 99 que realizan solo una etapa

DEPARTAMENTO TECNICO	ESPECIFICACION DE PROCESO	DEPARTAMENTO DE ARMADO	ELABORADO POR JUAN J ARGUEDAS	N° Especificación 9145-1
ASUNTO: SETEO PANEL MAQUINA KBN # 1		205/60 R16 WINTER2 META		KBN2 # 1
FECHA EMISION: 09-feb-18 0:50:57				

I ETAPA	COD. 9144
----------------	------------------

<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align:center;">ESTICHADO</th> </tr> <tr> <td>INICIO TELAS</td> <td style="text-align:right;">280</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>FINAL TELAS</td> <td style="text-align:right;">380</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>INICIO PAREDES</td> <td style="text-align:right;">100</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>FINAL PAREDES</td> <td style="text-align:right;">385</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>PAUSA PAREDES</td> <td style="text-align:right;">315</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>DOBLE STITCHADO</td> <td style="text-align:right;">100</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>INICIO LATERALES</td> <td style="text-align:right;">0</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>FINAL LATERALES</td> <td style="text-align:right;">0</td> <td>mm</td> </tr> </table>	ESTICHADO			INICIO TELAS	280	mm	FINAL TELAS	380	mm	INICIO PAREDES	100	mm	FINAL PAREDES	385	mm	PAUSA PAREDES	315	mm	DOBLE STITCHADO	100	mm	INICIO LATERALES	0	mm	FINAL LATERALES	0	mm	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align:center;">OTROS DATOS</th> </tr> <tr> <td>Presión de los Stitchers:</td> <td style="text-align:right;">25-30</td> <td>psi</td> </tr> <tr> <td>Presión del Rodillo de Centro:</td> <td style="text-align:right;">30-35</td> <td>psi</td> </tr> <tr> <td>Presión de Línea de Bladder:</td> <td style="text-align:right;">140 ± 10</td> <td>psi</td> </tr> <tr> <td>Presión de Válvulas de alivio: (dos Válvulas por Bladder)</td> <td style="text-align:right;">35</td> <td>psi</td> </tr> </table>	OTROS DATOS			Presión de los Stitchers:	25-30	psi	Presión del Rodillo de Centro:	30-35	psi	Presión de Línea de Bladder:	140 ± 10	psi	Presión de Válvulas de alivio: (dos Válvulas por Bladder)	35	psi	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align:center;">TIEMPOS</th> </tr> <tr> <td>TIEMPO ENTRADA DE PORTACUJAS</td> <td style="text-align:right;">1.8</td> <td>Seg</td> </tr> <tr> <td>TIEMPO CUBRIR CUBIA</td> <td style="text-align:right;">1.6</td> <td>Seg</td> </tr> <tr> <td>TIEMPO INFLAR BLADDER</td> <td style="text-align:right;">2.5</td> <td>Seg</td> </tr> <tr> <td>TIEMPO BLADDER INFLADO</td> <td style="text-align:right;">3</td> <td>Seg</td> </tr> <tr> <td>TIEMPO DESINFLAR BLADDER</td> <td style="text-align:right;">1.6</td> <td>Seg</td> </tr> <tr> <td>TIEMPO DESINFLAR EN TAMBOR</td> <td style="text-align:right;">1.5</td> <td>Seg</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">ARO</td> <td style="text-align:right;">16"</td> <td></td> </tr> </table>	TIEMPOS			TIEMPO ENTRADA DE PORTACUJAS	1.8	Seg	TIEMPO CUBRIR CUBIA	1.6	Seg	TIEMPO INFLAR BLADDER	2.5	Seg	TIEMPO BLADDER INFLADO	3	Seg	TIEMPO DESINFLAR BLADDER	1.6	Seg	TIEMPO DESINFLAR EN TAMBOR	1.5	Seg	ARO	16"	
ESTICHADO																																																																				
INICIO TELAS	280	mm																																																																		
FINAL TELAS	380	mm																																																																		
INICIO PAREDES	100	mm																																																																		
FINAL PAREDES	385	mm																																																																		
PAUSA PAREDES	315	mm																																																																		
DOBLE STITCHADO	100	mm																																																																		
INICIO LATERALES	0	mm																																																																		
FINAL LATERALES	0	mm																																																																		
OTROS DATOS																																																																				
Presión de los Stitchers:	25-30	psi																																																																		
Presión del Rodillo de Centro:	30-35	psi																																																																		
Presión de Línea de Bladder:	140 ± 10	psi																																																																		
Presión de Válvulas de alivio: (dos Válvulas por Bladder)	35	psi																																																																		
TIEMPOS																																																																				
TIEMPO ENTRADA DE PORTACUJAS	1.8	Seg																																																																		
TIEMPO CUBRIR CUBIA	1.6	Seg																																																																		
TIEMPO INFLAR BLADDER	2.5	Seg																																																																		
TIEMPO BLADDER INFLADO	3	Seg																																																																		
TIEMPO DESINFLAR BLADDER	1.6	Seg																																																																		
TIEMPO DESINFLAR EN TAMBOR	1.5	Seg																																																																		
ARO	16"																																																																			

II ETAPA	COD. 9145
-----------------	------------------

<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align:center;">TIEMPOS DE FORMADO</th> </tr> <tr> <td>PAUSA 2da EXPASION FORMER</td> <td style="text-align:right;">20</td> <td>Seg</td> </tr> <tr> <td>PAUSA 3ra EXPASION FORMER</td> <td style="text-align:right;">20</td> <td>Seg</td> </tr> <tr> <td>RETARDO PARA RETIRAR LLANTA</td> <td style="text-align:right;">5.0</td> <td>Seg</td> </tr> <tr> <td>TRANSFER ENTREGAR PAQUETE</td> <td style="text-align:right;">1.5</td> <td>Seg</td> </tr> </table>	TIEMPOS DE FORMADO			PAUSA 2da EXPASION FORMER	20	Seg	PAUSA 3ra EXPASION FORMER	20	Seg	RETARDO PARA RETIRAR LLANTA	5.0	Seg	TRANSFER ENTREGAR PAQUETE	1.5	Seg	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align:center;">EXPANSIONES</th> </tr> <tr> <td>CARGAR</td> <td style="text-align:right;">345</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>MAXIMA</td> <td style="text-align:right;">371</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>INTERMEDIA</td> <td style="text-align:right;">325</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>MINIMA</td> <td style="text-align:right;">285</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>REMOVER LLANTA</td> <td style="text-align:right;">225</td> <td>mm</td> </tr> </table>	EXPANSIONES			CARGAR	345	mm	MAXIMA	371	mm	INTERMEDIA	325	mm	MINIMA	285	mm	REMOVER LLANTA	225	mm	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align:center;">PRESION INTERNA DE CARCASA</th> </tr> <tr> <td>ALTA</td> <td style="text-align:right;">22</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BAJA</td> <td style="text-align:right;">12</td> <td></td> </tr> </table>	PRESION INTERNA DE CARCASA			ALTA	22		BAJA	12	
TIEMPOS DE FORMADO																																												
PAUSA 2da EXPASION FORMER	20	Seg																																										
PAUSA 3ra EXPASION FORMER	20	Seg																																										
RETARDO PARA RETIRAR LLANTA	5.0	Seg																																										
TRANSFER ENTREGAR PAQUETE	1.5	Seg																																										
EXPANSIONES																																												
CARGAR	345	mm																																										
MAXIMA	371	mm																																										
INTERMEDIA	325	mm																																										
MINIMA	285	mm																																										
REMOVER LLANTA	225	mm																																										
PRESION INTERNA DE CARCASA																																												
ALTA	22																																											
BAJA	12																																											

<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align:center;">OTRAS PRESIONES</th> </tr> <tr> <td>ALTA FORMER RING</td> <td style="text-align:right;">De 40 a 44</td> <td>psi</td> </tr> <tr> <td>BAJA FORMER RING</td> <td style="text-align:right;">De 35 a 40</td> <td>psi</td> </tr> <tr> <td>AGARRADORES</td> <td style="text-align:right;">De 20 a 25</td> <td>psi</td> </tr> <tr> <td>RODILLO APLICADOR RODADO</td> <td style="text-align:right;">De 5 a 10</td> <td>psi</td> </tr> </table>	OTRAS PRESIONES			ALTA FORMER RING	De 40 a 44	psi	BAJA FORMER RING	De 35 a 40	psi	AGARRADORES	De 20 a 25	psi	RODILLO APLICADOR RODADO	De 5 a 10	psi	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3" style="text-align:center;">ESTICHADO</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align:center;">ANCHOS</th> <th colspan="2" style="text-align:center;">PRESIONES</th> </tr> <tr> <td>ANCHO DE STICHER # 1</td> <td style="text-align:right;">mm</td> <td style="text-align:right;">25</td> <td>psi</td> </tr> <tr> <td>ANCHO DE STICHER # 2</td> <td style="text-align:right;">mm</td> <td style="text-align:right;">30</td> <td>psi</td> </tr> <tr> <td>ANCHO DE STICHER # 5</td> <td style="text-align:right;">mm</td> <td style="text-align:right;">35</td> <td>psi</td> </tr> <tr> <td>INICIO STITCHER # 4</td> <td style="text-align:right;">145</td> <td style="text-align:right;">mm</td> <td style="text-align:right;">40</td> </tr> <tr> <td>FINAL STITCHER # 4</td> <td style="text-align:right;">215</td> <td style="text-align:right;">mm</td> <td></td> </tr> </table>	ESTICHADO			ANCHOS		PRESIONES		ANCHO DE STICHER # 1	mm	25	psi	ANCHO DE STICHER # 2	mm	30	psi	ANCHO DE STICHER # 5	mm	35	psi	INICIO STITCHER # 4	145	mm	40	FINAL STITCHER # 4	215	mm		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align:center;">SPOTS DE MATERIALES</th> </tr> <tr> <td>COMPONENTE</td> <td>VALOR EN PANTALLA</td> </tr> <tr> <td>SELLANTE</td> <td>XX</td> </tr> <tr> <td>TELA 1</td> <td>235</td> </tr> <tr> <td>TELA 2</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>CEJAS</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>PAREDES</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>CARCASA</td> <td>310</td> </tr> <tr> <td>APLICACIÓN DE RODADO</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>ORING</td> <td>0</td> </tr> </table> <div style="text-align:center;"> </div>	SPOTS DE MATERIALES		COMPONENTE	VALOR EN PANTALLA	SELLANTE	XX	TELA 1	235	TELA 2	NA	CEJAS	100	PAREDES	5	CARCASA	310	APLICACIÓN DE RODADO	30	ORING	0
OTRAS PRESIONES																																																																
ALTA FORMER RING	De 40 a 44	psi																																																														
BAJA FORMER RING	De 35 a 40	psi																																																														
AGARRADORES	De 20 a 25	psi																																																														
RODILLO APLICADOR RODADO	De 5 a 10	psi																																																														
ESTICHADO																																																																
ANCHOS		PRESIONES																																																														
ANCHO DE STICHER # 1	mm	25	psi																																																													
ANCHO DE STICHER # 2	mm	30	psi																																																													
ANCHO DE STICHER # 5	mm	35	psi																																																													
INICIO STITCHER # 4	145	mm	40																																																													
FINAL STITCHER # 4	215	mm																																																														
SPOTS DE MATERIALES																																																																
COMPONENTE	VALOR EN PANTALLA																																																															
SELLANTE	XX																																																															
TELA 1	235																																																															
TELA 2	NA																																																															
CEJAS	100																																																															
PAREDES	5																																																															
CARCASA	310																																																															
APLICACIÓN DE RODADO	30																																																															
ORING	0																																																															

ESPACIADOR O-RING	F-10694-630.5 o 631
--------------------------	----------------------------

SingleLayer	SingleLayer	End Start
-------------	-------------	-----------

Left Cut Position 0.000 mm	Material Width 6.000 mm	Gap 0.333 mm	Right Cut Position 0.0 mm
End position 86 mm		Start position 61	

Current Design	SingleLayer	
Designed Drum Rev	4.00	Rev
Splice Limit	0.500	Rev
Adjusted Drum Rev	4.00	Rev
Splice Status	Ok	
Peam Status	Ready	

DOCUMENTO CONTROLADO

	24.00	
	5.00	
	165	
	45.00	
	120.0	
	ZONA A HABILITADA	

MOTIVO: Creación de parámetros	ELABORADO POR: A. PADILLA	REVISADO POR:
DISTRIBUCIÓN: Libro de especificaciones de procesos		

Imagen 28 Hoja de parámetros

Fuente: Bridgestone, 2017

6.1.3 Spot de colocación de ceja

Como última propuesta de mejora y aunque los resultados estadísticos no fueron satisfactorios para contemplarla como un KPIV, se decide tomar el spot de colocación de las cejas como una de las mejoras al proceso de armado ya que se puede observar que hay una desviación menor de los datos en una de las pruebas, lo cual aporta estabilizar y mejorar el centrado del proceso de elaboración de la carcasa en primera etapa.

Con el fin de mantener un spot de ceja se implementa como acción correctiva la estandarización de la colocación de la unión de la ceja en el cargador de aros ya que en la actualidad no hay estándar para la colocación de la misma y los operadores la colocan de forma aleatoria sobre el cargador de aros, para lograr esto se marcan todos los cargadores de aros en las máquinas armadoras con una etiqueta en una posición visible para el operador y también para que sea fácilmente auditable.

Una vez elaborada la ayuda visual para la colocación estándar de las cejas, se realiza una campaña de notificación y entrenamiento con los operadores de las cuatro cuadrillas y de todas las máquinas del departamento de armado para capacitarles cómo se deben colocar las cejas en el cargador de aros.



Imagen 29 Estándar de colocación de ceja

Fuente: Bridgestone, 2017

Una vez definidos los nuevos estándares para el control de los KPIVs relacionados con la colocación de la ceja en el proceso de elaboración de la carcasa y con el ajuste adecuado de la presión de carcasa se requiere de una herramienta de control que permita mantener dichas contramedidas ya que estas pueden ser abandonadas con el paso del tiempo.

Bridgestone de Costa Rica cuenta con un departamento de estandarización y formulación de procedimientos, el cual tiene la tarea de administrar y crear una serie de

monitoreos para los diferentes los procesos productivos de toda la planta y sus puntos clave o críticos de control con el fin de garantizar la calidad del producto final.



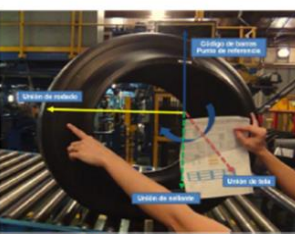
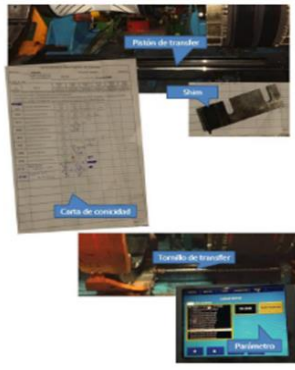

Para el 2018 Bridgestone Costa Rica agrega a los objetivos personales de cada empleado una serie de chequeos afines a sus áreas de trabajo, viendo esto como una oportunidad de mantener bajo control los KPIVs asociados a los problemas de uniformidad de la llanta, se creó un monitoreo para control de la o las variables que fueron consideradas como claves y con esto se logra mantener bajo control estas variables en el tiempo.

De esta forma se cuenta con el recurso de varios ingenieros dentro de la planta con el suficiente criterio y capacitación para poder auditar el proceso de elaboración de las llantas y brindar las contramedidas necesarias en caso de requerirlas, importante destacar que los monitoreos deben ser cumplidos ya que conforman parte de la nota final del desempeño de cada empleado.

Código: CT131070
 Revisión: 1
 Tipo: Chequeo Técnico
 Departamento: Armado
 Máquina: KBR4
 Área: KBR's

Estado: Monitoreo
 Nombre: Verificación de spots de materiales, descentrado y colocación de cejas
 Fecha Creación: 10/11/2018
 Usuario Creación: Sharlyn Jiménez Suárez
 Fecha Actualización:
 Usuario Actualización:

Ítems corresponden a la Revisión: 1

# de ítem	ítem	Descripción del ítem	Imagen asociada	Llanta 1	Llanta 2	Llanta 3
1	Emisión de hoja de parámetros	Verificar que los parámetros sean de la máquina en revisión y que la fecha de emisión de la hoja de parámetros corresponda con la fecha del día actual o del día anterior como máximo.				
2	Spots de materiales en máquina	Comprobar que los valores ingresados en la pantalla de la armadora coincidan con los valores de los spots de materiales definidos en los parámetros (Solicitar ayuda al operador para buscar los valores en pantalla en caso de ser necesario). En caso de encontrar alguna diferencia realizar el cambio correspondiente para dejar los valores en pantalla según los parámetros.	 Imagen con fines ilustrativos			
3	Ubicación de materiales en llanta verde según spots de materiales	Verificar en 3 llantas la ubicación de: - Unión de sellante - Unión de tela 1 - Unión de tela 2 (En caso de llevar 2 telas) - Unión de pared - Unión de rodado según los spots de materiales mostrado en la imagen de los parámetros. Considerar el código de barras como punto de referencia, y en sentido de las manecillas de reloj verificar el ángulo de la unión de cada uno de los materiales indicados con respecto al código de barras. De encontrar alguna no conformidad indicarlo al ingresar los resultados del monitoreo en el sistema.	 Imagen con fines ilustrativos			
4	Descentrado de medida	Consultar el ampo de uniformidad disponible en la armadora. Buscar el código de llanta verde en la carta histórica, en caso de no encontrarlo utilizar el utilizar el shim/parámetro de alineamiento de la máquina. Si en la carta histórica la medida tiene un shim especial verificar que se esté utilizando dicho shim/parámetro (Solicitar ayuda al operador para buscar el valor en pantalla en caso de trabajar con parámetro de descentrado o para la verificación del shim dependiendo de la máquina). En caso de encontrar alguna diferencia realizar el cambio correspondiente para cumplir con lo establecido en la carta				
5	Colocación de cejas en portacejas	Confirmar en el armado de 3 llantas que la unión de la ceja quede aproximadamente a 45 grados del punto más alto del portacejas. De encontrar alguna no conformidad indicarlo al ingresar los resultados del monitoreo en el sistema y retroalimentar en el momento al operador.				



SISTEMA REGIONAL E-OTRS

Imagen 30 Estándar de colocación de ceja

Fuente: Bridgestone, 2017

6.1.4 Indicadores del proyecto

Una vez implementadas todas las contramedidas se puede observar claramente en el gráfico 16, como se quiebra la tendencia en el comportamiento del RPP, se mejora el promedio del mismo con respecto a los meses de setiembre a noviembre que fue de un 12.29kg con una desviación estándar de 3.01kg en comparación a los meses de diciembre y enero donde se implementaron las contramedidas donde el promedio del RPP se logra bajar a 10.75kg con una desviación estándar de 2.10kg disminuyendo la dispersión de los datos y consiguiendo una mejora en el promedio de RPP de un 12.5%.

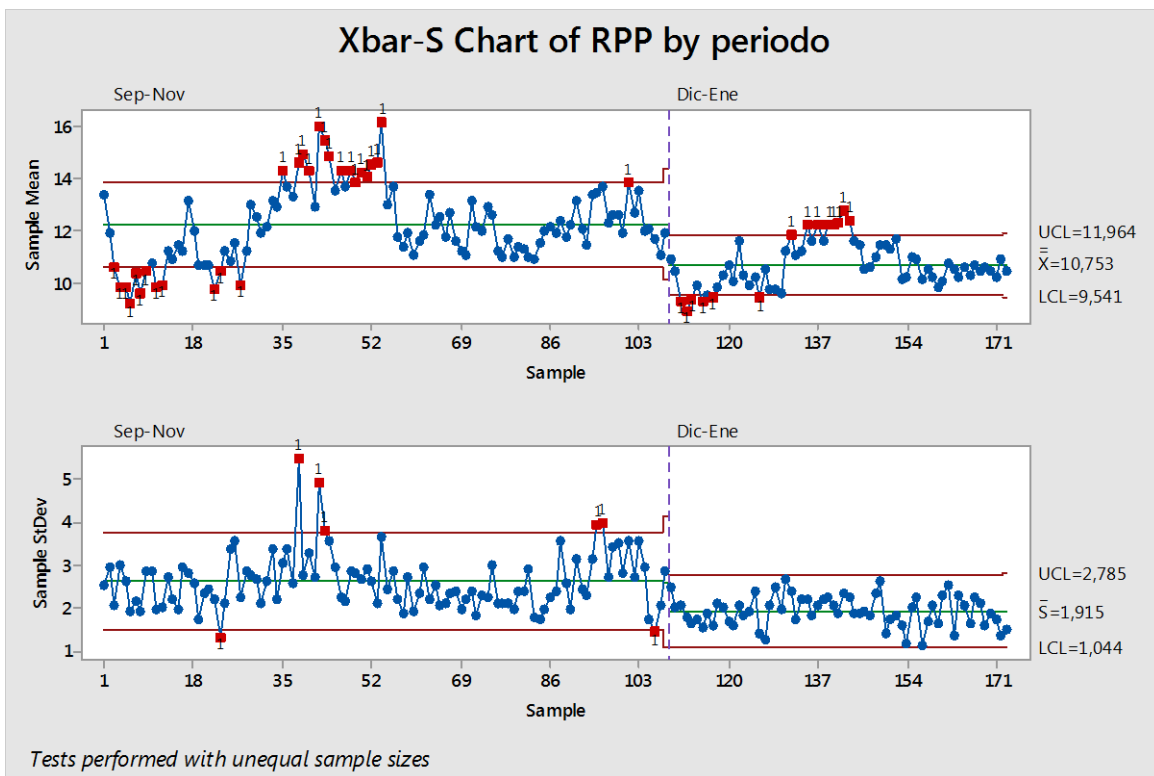


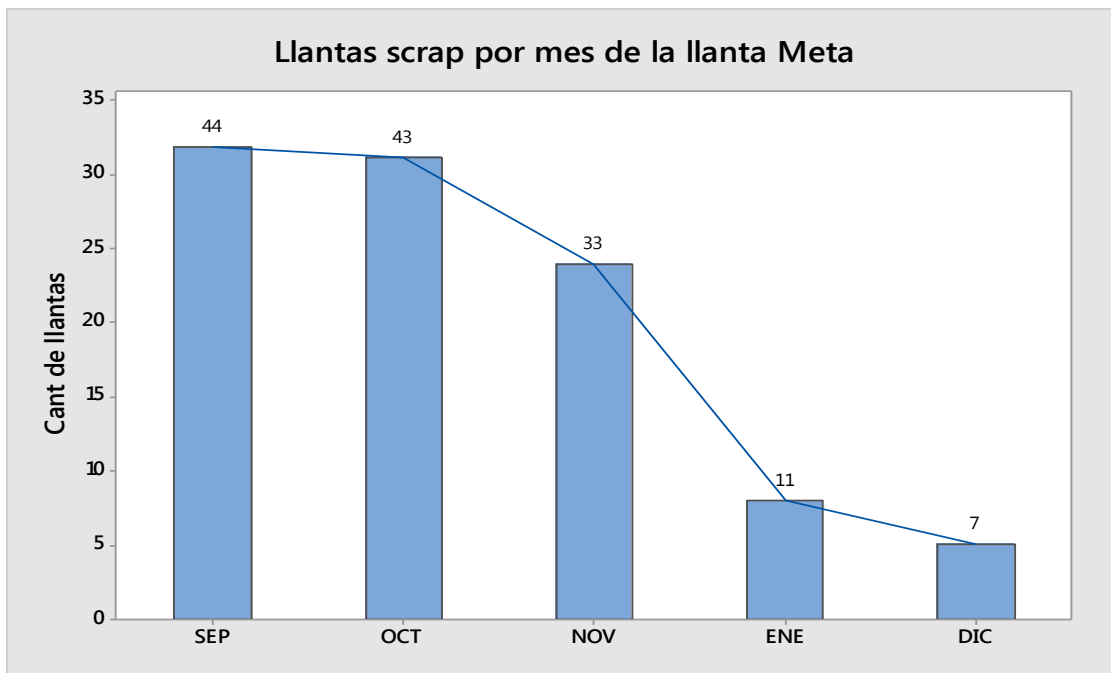
Gráfico 16 Gráfico de control de RPP

Fuente: Arguedas, 2017

Además, como se ilustra en la tabla 8 del cuadro comparativo, los indicadores de scrap y yield son mejorados, el yield de la medida 205/60 R16 Winterforce 2 META pasó de un 74.4% de llantas vírgenes en los meses de septiembre a noviembre a una mejora de un 91.5% de llantas vírgenes en los meses de diciembre y enero, por cuanto la

cantidad de llantas pulidas o reprocesadas baja considerablemente gracias a las mejoras realizadas en el proceso de armado de llantas.

También el indicador de scrap se ve impactado positivamente, reduciendo la cantidad de llantas desechadas por defectos de uniformidad bajando de un 4,5% de llantas declaradas scrap en los meses de setiembre a noviembre a tan solo un 1.1% en el período donde se implantaron las contramedidas consiguiendo una considerable mejora de 24.4%.



Grá

Gráfico 17 Distribución mensual del scrap

Fuente: Arguedas, 2017

En la siguiente tabla se muestra el compilado del scrap y yield de los últimos tres meses, además del scrap de los meses de diciembre y enero, meses en los que se implementaron las mejoras.

Tabla 8 Compilado de scrap y yield

LLANTAS	SET-NOV	%	DIC-ENE	%
SCRAP	120	4.5	18	1.1
PULIDAS	568	21.1	120	7.4
VIRGENES	2001	74.4	1485	91.5
TOTAL	2689	100.0	1623	100.0

Fuente: Arguedas, 2017

Por último, fuera de las mejoras en Yield & Scrap, también el centrado de los datos del RPP a nivel de capacidad de proceso se ve impactado en forma positiva.

Al inicio del proyecto, cuando se analizó la capacidad del proceso para ver la variabilidad del mismo este contaba con un Cpk de 0.19 para posteriormente ser mejorado a un Cpk de 0.64 luego de las mejoras implementadas. Si bien es cierto los valores no muestran el proceso como apto aún, con las mejoras realizadas su mejoría fue de un 26.68% en la variabilidad del proceso, esto indica que el proyecto va por buen camino y que se debe continuar con el mejoramiento continuo, esto se espera que así sea ya que la empresa tiene una cultura fuerte a nivel de "Lean Manufacturing" donde el "Kaizen" (Filosofía de Mejoramiento Continuo) es una parte muy importante de la misma.

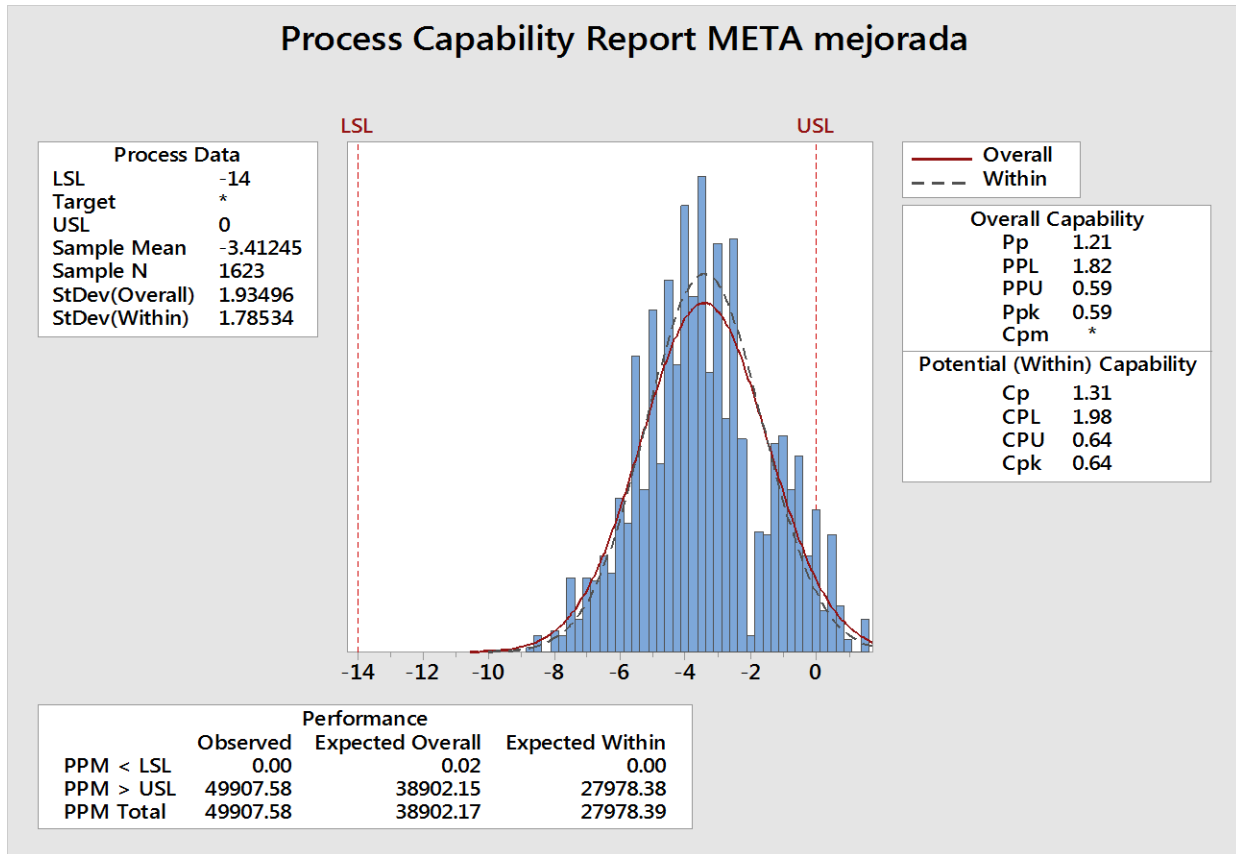


Gráfico 18 Capacidad de proceso de después

Fuente: Arguedas, 2017

6.1.5 Costos y beneficios

Para llevar a cabo las contramedidas fue necesario realizar una serie de inversiones que se detallan de la siguiente forma:

Para poder implementar el nuevo diseño del rodado fue necesario dos ingenieros que se ocuparon tanto del análisis de la sección del rodado como de plasmar los cambios que se requerían, además de esto otro ingeniero que tomó el diseño y creó el plano para poder llevarlo al metal donde se maquinó el molde para el nuevo rodado, por último, la certificación del mismo y las corridas de pruebas en la máquina de extrusión por un técnico calificado, esta mano de obra tiene un costo total de 228.980 colones, además de los materiales para la fabricación de los moldes de prueba y la matriz final con un valor de 990.000 colones.

También es necesario agregar los costos de las pruebas técnicas y físicas que se realizaron para poder validar que los cambios realizados en el diseño del rodado cumplieran con las necesidades de la uniformidad de la llanta y los estándares de la compañía. Para dicha tarea fue necesario llevar a cabo pruebas destructivas con la finalidad de analizar la sección de rodado en estudio, el costo de la mano de obra y las pruebas ascienden a un coste de 186.500 colones.

Para controlar el efecto de la colocación de ceja se requirió de una notificación a los operadores comentando la necesidad de colocar la unión de la ceja en un lugar específico, para ello se marcaron todos los cargadores de aros en la máquinas con el spot requerido y se realizó una ayuda visual con el estándar de colocación, además de un monitoreo para su control, la inversión hecha fue de 53.000 colones.

Como costo final se deben de adicionar a la lista el costo de las pruebas realizadas en armado, si bien es cierto las llantas que se armaron de prueba cumplieron con los estándares necesarios para poder ser vendidas, la ejecución de las pruebas tiene un costo asociado, el de la persona a cargo de la coordinación de las pruebas con el departamento de producción, la auditoria, validación y certificación de los materiales requeridos para cada una de las distintas pruebas. Esto se llevó acabo en un total de 24 horas en diferentes tractos, el costo de la mano de obra asciende a 127.200 colones.

Los costos asociados a la mejora de la uniformidad de las llantas 205/60 R16 Winterforce 2 META en el proceso de elaboración de llantas del departamento de armado para este proyecto son de un total de 1.586.680 colones que se distribuyen como se detalla en la tabla 9.

Tabla 9 Análisis económico

Costos	Materiales	Horas	Mano de obra	Subtotales
Diseño de nuevo rodado		8	¢5,485	¢43,880
Diseño de la nueva matriz		5	¢4,860	¢24,300
Fabricación de molde prueba	¢520,000	40	¢3,410	¢136,400
Fabricación de molde matriz para nuevo rodado	¢120,000	5	¢3,410	¢17,050
Certificación de rodados	¢350,000	3.5	¢2,100	¢7,350
Pruebas físicas y técnicas	¢165,000	10	¢2,150	¢21,500
Ejecución de las pruebas en armado		24	¢5,300	¢127,200
Comunicación al personal de planta del nuevo stenadar de colocación de ceja		4	¢1,500	¢6,000
Etiquetas para marcar los cagadores de aros	¢35,000	8	¢1,500	¢12,000
			TOTAL	¢1,585,680

Fuente: Arguedas, 2017

Por otra parte, la resolución de las variables claves del proceso que se logra demostrar afectaban la uniformidad, generaban un mayor porcentaje de llantas scrap, pero ahora con el control de la mismas se generan réditos importantes para la compañía donde se reduce a 34 llantas scrap en promedio por mes tomando como referencia los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2017 versus las 9 llantas en promedio por mes en los meses de diciembre de 2017 y enero de 2018. Esto representó una reducción del 26.47% en el scrap.

Esta mejora en el nivel de scrap de esta llanta representaba un costo mensual de 1.292.000 colones, con estos números se podría recuperar la inversión realizada en menos de dos meses. Esto fue posible gracias a que en la mayoría de la mejoras el principal recurso utilizado fue el recurso humano en el análisis de datos y sus tendencias, empleo de nuevos diseños, implementación de estándares diferentes a los que se tenían en un principio.

Tabla 10 Capacidad de proceso

Beneficios	Cantidad de llantas que se redujeron por mes	Precio de venta	Subtotales
Reducción de la llantas scrap por defectos de Uniformidad	34	¢38,000	¢1,292,000

Fuente: Arguedas, 2017

Otra parte muy importante relacionada al comportamiento humano es que se rompieron paradigmas de cómo hacer las cosas, como calcular los parámetros para la construcción de las llantas y de las variables que afectan directa o indirectamente las vibraciones radiales de llanta y la uniformidad de las mismas, por ejemplo.

Nacen nuevas hipótesis sobre las pruebas aplicadas que permiten el cuestionamiento de algunas variables que tal vez fueron descartadas en esta investigación por otras de mayor peso pero que ahora que fueron controladas se convierten en las primeras de la lista, esencia de la mejora continua y que siguen el concepto de Pareto donde estas descartadas en su momento como "Triviales" ahora pasan a ser nuestras nuevas "Vitales".

Este es un proyecto que por sus características puede perfectamente ser aplicado a otro tipo de llantas generando réditos similares, los estándares creados aplican para el proceso de elaboración de llantas no para una sola llanta en sí, por lo que es muy probable que en los próximos días se presente alguna mejoría en las demás llantas.

Además, cabe destacar que proyectos de esta naturaleza acercan a Bridgestone cada vez más a la posibilidad de abrirse oportunidades el mercado de llantas de equipo original, siendo estas, llantas que son exportadas a las principales empresas manufactureras de automóviles como Toyota por ejemplo las cuales significan altas divisas para la compañía, esto es parte de la visión que tiene Bridgestone, Costa Rica ya desde hace algunos años y sobre lo cual trabaja arduamente en ello, modernizando sus planta, mejorando los procesos productivos, materias primas, brindando el apoyo y recursos para el desarrollo de este tipo de investigaciones.

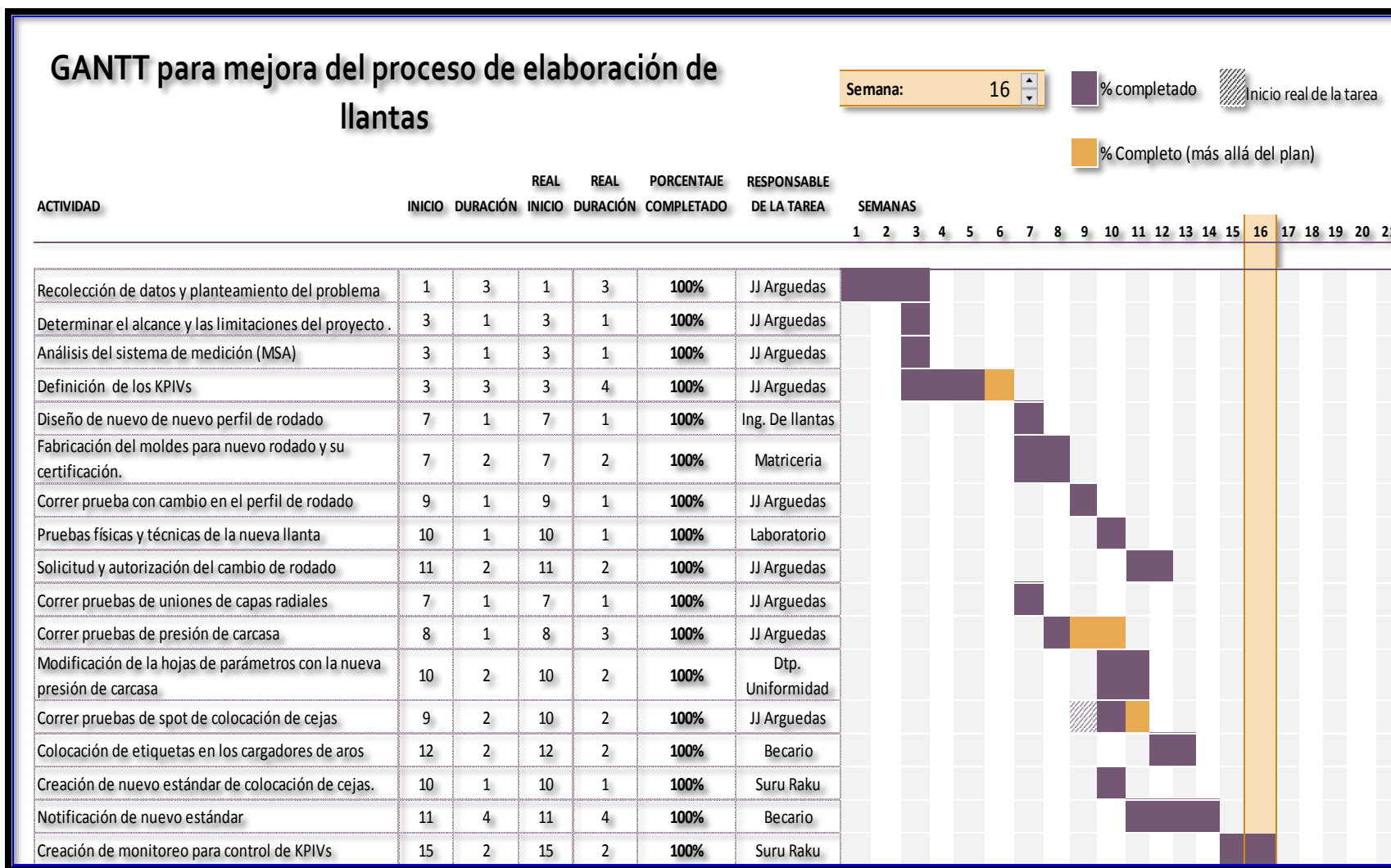


Imagen 31 Diagrama de Gantt de setiembre 2017 a Enero 2018

Fuente: Arguedas, 2017

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 CONCLUSIONES

Una vez finalizada las etapas del proyecto de definición, medición y análisis seguidas acorde con la metodología DMAIC de six sigma se presentan las conclusiones y recomendaciones. Como resultado del desarrollo de este proyecto, se ha logrado cumplir con los objetivos planteados al inicio del mismo.

- Se logra mejorar el proceso de elaboración de llantas ya que se consigue reducir la cantidad de pulidas por defectos de uniformidad, las pruebas realizadas permiten confirmar una mejora en el "Yield" de la medida 205/60 R16 Winterforce 2 META, consiguiendo de esta forma cumplir con el objetivo principal del proyecto. Ver tabla resumen 8 con el comportamiento de los indicadores.
- Se logra determinar las causas raíz y KPIVs que contribuyen con el incremento del RPP durante el proceso de armado de las llantas, mediante las diferentes pruebas aplicadas en el desarrollo de proyecto se inició con un total de 67 posibles causas raíz que se supone son las causantes de la falta de la uniformidad de las llantas.
- Se aplicaron diferentes técnicas de Seis Sigma para poder descartar de forma objetiva mediante la evolución de los resultados cada una de las pruebas, se fue reduciendo la lista de 67 posibles causas hasta llegar a un total de 5 KPIVs que posteriormente fueron evaluados estadísticamente para confirmar que tan solo 2 son causantes de la falta de uniformidad de la llanta, el diseño del rodado y la presión de formado de la llanta verde, abarcando de esta forma los objetivos específicos del proyecto.
- Luego de la implementación de las contramedidas y controles para los KPIVs de presión de formado de la llanta verde y el rediseño de la banda de rodado para la llanta 205/60 R16 Winterforce 2 llana de mercado norteamericano, se cumple con el objetivo de reducir el porcentaje de llantas afectadas por las fuerzas radiales de RPP, tomando los meses de septiembre a noviembre el porcentaje de scrap fue de un 4.5%, luego de las contramedidas implementadas se redujo a un 1.1%, mejorando así la uniformidad del producto final.

Para la ejecución de las mejoras implementadas en el proceso de elaboración de llantas del Departamento de armado se ejecutó un diagrama de Gantt para establecer las tareas que comprenderían las mejoras y sus respectivos responsables. Se establecen un total de tres propuestas las cuales fueron monitoreadas y se controló el proceso de su cumplimiento.

6.2 RECOMENDACIONES

Como cierre del proyecto se plantean las debidas recomendaciones no solo para dar seguimiento al cumplimiento de las contramedidas que se implementaron hasta la fecha, sino que también basándose en los resultados de las pruebas se considera importante seguir buscando la mejora de los indicadores y del producto que llegan al cliente final.

Bridgestone de Costa Rica es un empresa de capital Japonés, por lo tanto tiene dentro de su cultura organizacional la búsqueda de la mejora continua como se mencionó anteriormente en sus objetivos y productos, dentro de esa esencia que la compañía busca permear a sus empleados es que siempre el cliente es el número uno, es a él a quien se deben todos los esfuerzos para buscar ser la opción número uno en un mercado de competidores muy fuertes, por ende las mejoras que se consiguieron en el proceso de armado de llantas para la medida 205/60 R16 Winterforce 2 META, no pueden ser suficientes, por lo que se realizan una serie de recomendaciones que pueden analizarse para una segunda parte del proyecto.

6.2.1 Recalificación de llantas

En vista de los excelentes resultados alcanzados con la modificación del hombro del rodado se propone realizar una propuesta al centro técnico de Akron(ATC) quien es el ente que permite realizar la modificación en las llantas para evaluar otras llantas con problemas similares de uniformidad por problemas de vibraciones radiales RPP, RH1 además de las vibraciones Laterales LPP y conicidad.

Aunque la compañía brinda los diseños de llantas a cada planta, se puede realizar un benchmarking con las empresas hermanas de Bridgestone de Costa Rica con el fin de

replicar proyectos relacionados con la recalificación de llantas por problemas técnicos, de uniformidad o desempeño de la llanta con la finalidad de tropicalizarlos o adecuarlos a las necesidades de las llantas elaboradas en Bridgestone de Costa Rica.

Es de suma importancia evaluar el efecto de otros componentes sobre la uniformidad de la llanta, en este caso se tomó como parte del proyecto la banda de rodado ya que este es el componente de mayor tamaño en llanta, pero también se podría analizar componentes como las paredes laterales de la llanta, componente fundamental ya que las paredes soportan el peso del vehículo y la presión de inflado de la llanta. Como es de interés general una presión inadecuada de inflado en la llanta genera un desgaste inapropiado provocando el fallo anticipado de la misma, aumenta el consumo de combustible, la llanta pierde presión o genera problemas de vibraciones en el vehículo y soltura mecánica de piezas si la presión es muy alta

Las telas radiales y el sellante son componentes que no tienen contacto con la intemperie pero no por eso quiere decir que no puedan generar algún tipo de fallo en la llanta o desmejorar la uniformidad de las mismas, esas son las encargadas de funcionar por amarre de todos los componentes y brindar forma a la llanta, podrían ser evaluados los espesores de las telas y la cantidad de hilos de la que se componen las telas con el fin de analizar el costo beneficio de incrementar espesores y cantidad de hilos.

Por último, se plantea al departamento de Ingeniería en llantas generar un programa de estudios de llantas con oportunidades de mejora en uniformidad y desempeño para que puedan ser evaluados los componentes que el centro técnico de Akron(ATC) define como tipo A y que puede ser modificados por Bridgestone de Costa Rica.

6.2.2 Presión de inflado de la llanta verde.

En el proceso de la elaboración de la llanta en segunda etapa la carcasa se somete a dos presiones, una presión inicial baja que ronda entre los 7 y 10 psi para los dos primeros pasos de formado y una presión alta ya optimizada durante el proyecto en 22psi para los últimos cuatro pasos de formado.

La presión alta fue confirmada como KPIV para el formado de la llanta y su correlación directa con el incremento de las vibraciones radiales y la des-uniformidad de la llanta, al romper este paradigma surge uno nuevo al analizar si la presión baja de formado que no fue analizada en este proyecto puede de igual manera afectar la uniformidad, si el rango de presión definido es el óptimo para la construcción de la llanta.

Si bien es cierto las telas radiales sufren un mayor stress cuando la carcasa es sometida a una presión mayor, al definirse una presión de 22psi mayor, a la estandarizada de 20psi antes del proyecto como la óptima surge la clara necesidad de evaluar si el estiramiento de las telas radiales es el más adecuado cuando se aplica el rango de presión baja que está definido en la actualidad.

Para ello se recomienda hacer corridas de diez llantas de prueba fijando la presión alta de formado a 22psi, se ajusta la presión baja a diferentes niveles de presión para ser evaluados contra el estándar, de la siguiente forma:

- ✓ Primera corrida de 10 llantas de prueba ajustando la presión baja a 6psi.
- ✓ Segunda corrida de 10 llantas de prueba ajustando la presión baja a 8psi.
- ✓ Tercera corrida de 10 llantas de prueba ajustando la presión baja a 10psi.
- ✓ Cuarta corrida de 10 llantas de prueba ajustando la presión baja a 12psi.
- ✓ Quinta corrida de 10 llantas de prueba ajustando la presión baja a 14psi.

Una vez que se corran todas estas pruebas se podría definir una presión óptima mediante una regresión lineal que entrega como herramienta una ecuación para el cálculo de la misma.

6.2.3 Uniones de tela radial y sellante.

La última recomendación del proyecto se enfoca en el ancho de las uniones de telas radiales y sellante, estas últimas fueron descartadas como posibles KPIV debido a que estadísticamente no se obtuvieron resultados significativos, pero esto no quiere decir que es definitivo o que se puede descartar como una causa que afecte la uniformidad de la llanta ya que las uniones fueron desde punto de vista del RPP, no quiere decir que no afecte otros aspectos de la uniformidad como el RH1, LPP y la conicidad.

Uno de los fundamentos de la mejora continua tiene como primicia eliminar o levantar las restricciones más grandes o de mayor impacto de primero para luego seguir con las menores, si partimos de este caso hipotético, las principales causas que afectaban la uniformidad de la medida 205/60 R16 Winterforce 2 META ya fueron atacadas y puestas bajo control.

Se recomienda realizar un diseño de experimentos que permita evaluar la interacción que puedan tener el ancho de cada una de las uniones de las telas radiales y sellante con otros parámetros como presión de formado, spots de ceja, diseño del nuevo rodado y así de esta forma continuar con el ciclo de mejora continuo del proceso de elaboración de llantas en el departamento de armado.

BIBLIOGRAFÍA

Acuña Acuña, J. (2013). Control estadístico de la calidad Un enfoque integral y estadístico 3ª ed. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.

Arellano G, J. (1990). Elementos de investigación, San José: UNED. Baca Urbina, G., (2006), Evaluación de proyectos, 5ª ed. México: Mc Graw Hill.

Baca, G, (2014). Introducción a la ingeniería industrial, 2ª ed, Mexico: Grupo editorial Patria.

Besterfield, D. (2009). Control de Calidad. 8ª ed. México: Pearson.

Bridgestone Costa Rica. (2009) Historia de la corporación. Disponible en:
<http://www.bfcr.co.cr/es/>

Caltec.()Capacidad de proceso, 6 sigma y Kaizen. Diponible en:
<http://www.caletec.com/blog/6sigma/definicion-de-capacidad-de-proceso/>

Chan Kim, W. y Mauborgne, R.(2004). Blue Ocean Strategy editado en español por Editorial Norma con el título “La Estrategia del Océano Azul”. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Publishing Corporation.

Cascante Meza, F. (2016). Aumento del indicador de capacidad de proceso en el proceso de corte de flejes en la empresa Metales Flix S.A. para el primer semestre de 2016, (Tesis inédita del Licenciatura). Universidad Hispanoamericana, Heredia, Costa Rica.

Elizondo, A. (2004). Herramientas de identificadores de fallas de funcionalidad petium4.Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Eléctrica. Disponible en : <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0428t.pdf>

Fuentes, E. (2014). Buena formulación de objetivos. Método SMART. Coachingproject. Disponible en:

<http://coaching-para-emprendedores.es/emprendimiento-estrategico/buena-formulacion-de-objetivos-metodo-smart/>

Google, (2017) Diagrama de flujo. Disponible en :

https://www.google.co.cr/search?q=value+stream+mapping&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiAwfTq8MXUAhXM5yYKHZxpAY8Q_AUIBigB&biw=1242&bih=562#tbm=isch&q=diagrama+de+flujo&spf=1498504989799

Google, (2017) Diagrama de pareto. Disponible en :

https://www.google.co.cr/search?q=value+stream+mapping&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiAwfTq8MXUAhXM5yYKHZxpAY8Q_AUIBigB&biw=1242&bih=562#tbm=isch&q=DIAGRAMA+DE+PARETO&spf=1498504989796

Google, (2017) Value stream mapping. Disponible en:

https://www.google.co.cr/search?q=value+stream+mapping&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiAwfTq8MXUAhXM5yYKHZxpAY8Q_AUIBigB&biw=1242&bih=562#imgrc=E2p2eWeSnKmfKM:&spf=1497736925326

Gutiérrez Pulido, H.y De la Vara Salazar, R. (2013).Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. 3ª ed. Mexico: The McGraw Hill.

Hernández Sampieri, R; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P (2010) . Metodología de la Investigación, 5^{ta} ed. México: Mc Graw Hill.

Ingeniería Industrial. (2016) ¿Qué es la ingeniería Industrial? Disponible en:

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/que-es-ingenier%C3%ADa-industrial/>

Ingeniería Industrial. (2016) ¿Capacidad de procesos? Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/capacidad-de-proceso/>

ISOTools Excellence. (2013). Herramientas Six Sigma para la mejora de procesos. Disponible en: <http://www.isotools.org/2013/01/23/herramientas-six-sigma-para-la-mejora-de-procesos/>

Lean Six Sigma, (2013) , Remembering Bill Smith, Father of Six Sigma. Disponible en: <http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/history/rememberingbill-smith-father-six-sigma>.

SBQ Consultores, (2013), El ciclo de Deming o círculo PDCA. Disponible en: <http://www.s bqconsultores.es/el-ciclo-de-deming-o-circulo-pdca/>

Automotive Industry Action Group (AIAG) (2010). *Measurement Systems Analysis Reference Manual, 4th edition*. Chrysler, Ford, General Motors Supplier Quality Requirements Task Force