

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORA EN EL ENSAMBLE DE LA
CEJA EN EL DEPARTAMENTO DE ARMADO DE
BRIDGESTONE DE COSTA RICA DURANTE LOS
MESES DE NOVIEMBRE 2018 A AGOSTO 2019.

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL
GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL.

ESTUDIANTE: DANIEL ROBERTO ASTÚA TENORIO.

TUTORA: ING.DIANA CÓRDOBA PÉREZ.

HEREDIA, OCTUBRE, 2019.

Heredia 20 de enero de 2020

Universidad Hispanoamericana
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante **ASTÚA TENORIO DANIEL**, cédula de identidad número **1-1091-0060**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **PROPUESTA DE MEJORA EN EL ENSAMBLE DE LA CEJA EN EL DEPARTAMENTO DE ARMADO DE BRIDGESTONE DE COSTA RICA DURANTE LOS MESES DE NOVIEMBRE 2018 A AGOSTO 2019**, 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)	ORIGINALIDAD DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	15
		TOTAL	100% 86

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

Atentamente,

DIANA
FRANCELA
CORDOBA
PEREZ (FIRMA)

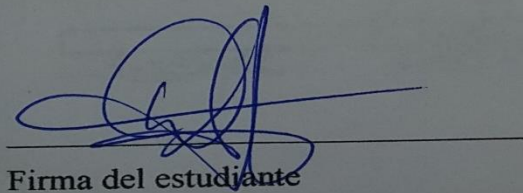
Digitally signed by
DIANA FRANCELA
CORDOBA PEREZ
(FIRMA)
Date: 2020.01.20
13:39:35 -0500'

Ing. Diana Córdoba Pérez, MSc, MEd.

DECLARACIÓN JURADA

Yo Daniel R. Astúa Tenorio, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1091-0060 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, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Propuesta de mejora en el ensamblaje de la ceja en el departamento de armado de Bridgestone de Costa Rica durante los meses de Noviembre 2018 a Agosto 2019.

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 San José, a los 20 (veinte) días del mes de Enero del año dos mil 20 (Veinte).



Firma del estudiante

Cédula 1-1091-0060.

Heredia, 19 de Abril de 2020

Señores

Departamento de Registro

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En mi calidad de lectora del proyecto de graduación presentado por el estudiante Daniel Roberto Astúa Tenorio, titulado "Propuesta de mejora en el ensamble de la ceja en el departamento de armado de Bridgestone de Costa Rica durante los meses de noviembre 2018 a agosto 2019", para optar por la Licenciatura en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Debido a lo anterior considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado al proceso de revisión por el filólogo.

Atentamente,

Ana Catalina
Leandro
Sandí



Firmado digitalmente por
Ana Catalina
Leandro Sandí
Fecha: 2020.04.19
22:35:51 -06'00'

Ana Catalina Leandro Sandí

Cédula: 3-0398-0478

IPI-22762

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 15/6/2020

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Daniel Roberto Astúa Tenorio con número de identificación 110910060 autor (a) del trabajo de graduación titulado Propuesta de mejora en el ensamble de la caja en el departamento de armado de bridgestone de costa rica durante los meses de noviembre 2018 a agosto 2019. Presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar por el título de LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL; / NO) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


1-1091-0060
Firma y Documento de Identidad

Dedicatoria

Querer dedicar esto a cada una de las personas que de una u otra manera me ayudaron sería difícil ya que podría olvidar mencionar a alguien, pero si he de decir que esto es para los que más sacrificio han tenido a mi lado, horas de trabajo, falta de juegos o de salidas juntos, para mis pequeños grandes hombres, Ethan y Liam, pero en especial a ti, por la ayuda, el apoyo y la lucha para que sacara esto a como diera lugar, una lucha de varios años, que ya asoma la victoria, a ti, ¡Gracias!

DN!

Agradecimiento.

Quiero agradecer a mi Abuelita Ángela quien siempre me apoyo desde niño en todos mis estudios y hasta el último momento con nosotros siempre velo por el mismo.

A mis papás, Alberto Astúa y Sonia Tenorio, por haberme dado mi educación, mis principios y haberme guiado a ser la persona que soy.

A mi segunda mamá Doña Grettel que con la ayuda de Sandra fueron pioneras en mi estudio hace varios años atrás.

A Geison y Pedro cuya amistad me guio hacia la Universidad Hispanoamericana.

A todas las personas que de una u otra manera ayudaron a que esto se gestara, gracias infinitas por el apoyo y la insistencia.

Índice

Dedicatoria	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de ilustraciones.....	ix
Índice de tablas	xi
ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1-DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	2
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	24
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	24
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	26
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	27
2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO.....	30
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO.....	33
2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES.....	35
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	36
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	37
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO.....	38
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.....	41
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	42
3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.....	43
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	45
4.1 DEFINIR EL PROBLEMA Y LA SITUACIÓN ACTUAL	46
SECCION 4.2 MEDICIÓN DE LOS DATOS.....	50
4.3 ANÁLISIS DEL PROCESO	67
CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL	72

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	73
5.1 PRUEBAS HIPÓTESIS	74
5.2 PRUEBA HIPÓTESIS DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....	78
5.3 PRUEBA HIPÓTESIS SECUENCIA PLC	82
5.4 OTRAS MEJORAS.....	84
5.5. IMPACTO.	85
5.6. COSTOS.....	87
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
6.1 CONCLUSIONES	90
6.2 RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92

Índice de ilustraciones

Ilustración 1	6
Ilustración 2	8
Ilustración 3	9
Ilustración 4	11
Ilustración 5	13
Ilustración 6	14
Ilustración 7	14
Ilustración 8	15
Ilustración 9	16
Ilustración 10	17
Ilustración 11	18
Ilustración 12	20
Ilustración 13	21
Ilustración 14	22
Ilustración 15	29
Ilustración 16	34
Ilustración 17	46
Ilustración 18	48
Ilustración 19	49
Ilustración 20	50
Ilustración 21	51
Ilustración 22	52
Ilustración 23	53
Ilustración 24	54
Ilustración 25	55
Ilustración 26	56
Ilustración 27	57
Ilustración 28	58
Ilustración 29	59
Ilustración 30	60
Ilustración 31	61
Ilustración 32	62
Ilustración 33	63
Ilustración 34	64
Ilustración 35	65
Ilustración 36	66
Ilustración 37	68
Ilustración 38	70
Ilustración 39	71
Ilustración 40	75

Ilustración 41	76
Ilustración 42	77
Ilustración 43	78
Ilustración 44	79
Ilustración 45	79
Ilustración 46	80
Ilustración 47	81
Ilustración 48	82
Ilustración 49	83
Ilustración 50	84
Ilustración 51	86

Índice de tablas

Tabla 1	34
Tabla 2	85
Tabla 3	87
Tabla 4	88

ABREVIATURAS

BFCR: Bridgestone Firestone de Costa Rica.

TSR: Tempa spare radial, llanta de repuesto conocida como equipo original.

GMC: General motor company.

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

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.

CFT: Cross functional team.

PLC: Control lógico programable.

RESUMEN EJECUTIVO

Astua Tenorio Daniel Roberto, noviembre, 2019, propuesta de mejora en el ensamble de la ceja en el departamento de armado de Bridgestone de Costa Rica durante los meses de noviembre 2018 a agosto 2019.

Este proyecto que trata sobre la solución a las posibles causas que generan una mala colocación entre componentes, ceja y filler en el departamento de armado, el mismo fue desarrollado en la empresa Bridgestone Firestone de Costa Rica S.A. localizada en la Ribera de Belén.

El presente proyecto, se realiza con el fin de solventar una necesidad, tanto de la empresa, como el usuario final y el operador de máquina, ya que el problema actual afecta a cada una de las partes involucradas, tanto a quien produce la llanta como a quien la compra.

Se determinó que la maquina con más reincidencia de las no conformidades es la KBN9 maquina donde se realizaran las futuras mejoras en pro de que se puedan emular las mismas a las diferentes máquinas de la empresa.

Después de terminar las causas claves y haber realizado las respectivas pruebas hipótesis a cada una de ellas se encuentra cual debe de ser la situación que mejorar, para poder así hacer las implementaciones necesarias.

Finalmente, con la implementación de las propuestas, se pretende que el proceso de armado de la ceja se haga correctamente minimizando así los riesgos para la cada una de las partes.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

1.1-DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Este proyecto consiste en el análisis de la unión de dos componentes en el departamento de armado de la llanta en Bridgestone Firestone de costa rica, los dos componentes son:

- El aro.
- El filler.

Cuando una llanta es armada se realiza con varios componentes para darle forma, la llanta se arma en dos partes, primera etapa y segunda etapa.

La primera etapa se le conoce como carcasa, en esta se unen las telas, el filler y la ceja con las paredes y por medio de una maquina conocida como tambor de primera etapa se le da la forma, es acá en esta etapa donde se va a elaborar el proyecto.

La segunda etapa es donde se le coloca a la llanta las capas estabilizadoras con el rodado, componente que conocemos en la mayoría de los carros como el que pega al suelo, la misma se arma en la maquina conocida como tambor de segunda etapa.

La primera etapa arma la carcasa y la segunda etapa une la carcasa con el paquete obteniendo por resultado la llanta verde, se le conoce de esta manera porque todavía no se ha vulcanizado, esto sería en el departamento siguiente conocido como vulcanización.

En el departamento de armado se dan varias no conformidades, además están lo que se llama llanta de desecho o scrap y esta lo que se conoce como llanta de retrabajo o pulida, estos problemas los podemos medir con respecto a la cantidad de producción o al peso del desecho o waste.

Todas las llantas después de ser vulcanizadas pasan por las manos de inspectores de llantas y cualquiera que salga con alguna no conformidad se pasa al compañero clasificador, el cual es un experto que indica cual es la clase de defecto que posee la llanta.

Dentro de la empresa se manejan reportes diarios de cada una de las no conformidades y en los últimos 4 meses se han dado un total de 13203 llantas scrap total general, de los cuales el 2.73% de esas llantas scrap son de los defectos que se proyectan mejorar, además de 602 kilos de waste que se hacen al mes por los defectos a trabajar en la unión de filler y aro, ensamble de la ceja de la llanta, en el departamento de armado en la empresa Bridgestone de Costa Rica.

El proyecto corresponde a la línea de investigación de la carrera de calidad debido a la cantidad de no conformidades que afectan el departamento, al operador quien le afecta el salario al tener rebajos de incentivo de producción si las llantas le salen malas, al supervisor y jefe de área quienes los objetivos de planta se les ven afectados, afectando así sus indicadores.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

El proceso se comienza en la “Bodega de Materia Prima”, aquí llegan todos los días grandes cantidades de contenedores repletos de insumos, entre ellos: hules naturales, hules sintéticos y una gran variedad de pigmentos; estos son almacenados hasta que llegue la hora de su uso.

Estos hules y pigmentos son seleccionados en cantidades ya especificadas por el Laboratorio Químico, cuando ya se ha realizado la selección adecuada de estos materiales, los mismos son depositados en una gran máquina llamada Banbury. El Banbury tiene aproximadamente cuatro pisos de altura, tres de los cuales están bajo tierra y ocupa un área de 350 m² aproximadamente. Esta máquina se encarga de mezclar todos estos materiales y como resultado obtenemos un hule con las propiedades necesarias para continuar con el proceso. Cabe destacar que la empresa cuenta con tres Banbury que satisfacen de hule toda la planta.

Cuando ya se tiene el hule preparado es distribuido a una gran variedad de máquinas como lo son las calandras, cortadoras, cejas, steelastic y tubuladoras esta maquinas lo transforman para el siguiente paso del proceso. La calandra, las cortadoras y el departamento de cejas procesan el hule para obtener las telas, el sellante y las cejas respectivamente, y que más tarde se utilizaran en la primera etapa de armado.

Los departamentos de steelastic y tubuladoras procesan el hule y lo transforman en las capas estabilizadoras, y en los rodados, estos utilizados en la segunda etapa del proceso de armado. El Departamento de Armado se encarga de armar o unir todos estos componentes antes mencionados en una sola pieza que en la planta comúnmente es llamada como “llanta verde”.

Para unir todos estos componentes y formar la llanta verde se dan dos etapas. Para la primera etapa se utilizan unas máquinas denominadas 88s, en la planta hay diez máquinas de estas con una nomenclatura que va de la 88A a la 88J, al producto de esta primera etapa se le denomina “Carcasa”. Cuando la carcasa está lista pasa al proceso de segunda etapa. Las máquinas que elaboran la

segunda etapa de la llanta se denominan 99s y van de la 99A a la 99G; el producto de estas máquinas como mencionamos anteriormente se denomina “llanta verde”.

También existe otra sección en el Departamento de Armado que llamamos el Área de Módulos y como su nombre lo indica, tanto la primera etapa como la segunda etapa se arman en conjunto. Estos módulos cuentan con dos máquinas 88s que arman la carcasa, la cuales son manipuladas por un solo operador y una máquina derivada de las 99s, pero un poco más diferentes llamadas 85s que termina el proceso de armado con la “llanta verde”. Esta máquina también cuenta con un solo operador. En la planta existen nueve módulos de este tipo. También existen tres máquinas muy sofisticadas que arman las dos etapas en un mismo sistema y son operadas por una sola persona, estas máquinas se llaman KBR3. En estas máquinas se vela día a día lo que tiene que ver con su alineamiento y muy frecuentemente se le hacen chequeos para ver si está en condiciones de producir llantas 100% de calidad.

Cabe destacar que todas las máquinas antes mencionadas acumulan y trabajan con energías almacenadas que son muy peligrosas y pueden causar riesgos que desencadenen accidentes de trabajo, si no se utilizan se controlan con los procedimientos ya establecidos. Dentro de las energías que podemos encontrar en estas máquinas tenemos la energía eléctrica, hidráulica, neumática, calórica, ya que hay partes de la máquina que trabajan a altas temperaturas.

Cuando se está terminada la llanta verde esta pasa al departamento de vulcanización. En esta parte del proceso la llanta verde es vulcanizada o mejor dicho cocinada en unas enormes prensas que miden aproximadamente cuatro metros de alto y tres metros de ancho; en la planta existen alrededor de sesenta prensas todas con diferentes moldes para las diferentes medidas de llantas que se producen.

Al salir del departamento de vulcanización la llanta es revisada manualmente por varios inspectores altamente capacitados para detectar cualquier error en el proceso, pero como hay muchos detalles que el ojo humano pasa por alto existen varias máquinas que revisan una a una las doce mil llantas diarias que se producen en la empresa. Este departamento es conocido como “Inspección final”. Cuando las llantas salen de inspección final se puede decir con certeza que es un producto de muy alta calidad, aunque siempre hay un sector mínimo de los clientes que presentan reclamos.

Cuando la llanta está lista se envía a la bodega de producto terminado en donde espera a ser transportada al exterior (la gran mayoría) y una parte muy pequeña es consumida por clientes nacionales.

La empresa Bridgestone de Costa Rica se encuentra ubicada en la Rivera de Belén contiguo a la autopista General Cañas y se dedica a la producción de llantas para automóviles, camión y bus, en otras plantas Bridgestone alrededor del globo producen llantas para vehículos de construcción y minería, maquinaria industrial, maquinaria agrícola, aviones, motocicletas y scooters, material de reencauche y otros, los cuales son productos de consumo masivo.

Dicha empresa es una transnacional e inicio sus operaciones en Costa Rica a partir de 1967 bajo el nombre de industrias Firestone de Costa Rica S.A. su fuerza laboral para ese entonces era de 200 trabajadores y producía un total de 425 llantas por día.

Para 1970 su producción aumento a 1200 llantas por día, con el paso de los años esta empresa crecía, por lo tanto, su producción aumentaba y para el año 1985 su producción rondaba las 2200 unidades diarias. Ese mismo año SUMMA S.A. adquiere industrias Firestone de Costa Rica y cambia su razón social a industria Akron de Costa Rica S.A. (Practica Estándar, 2019)

Tres años más tarde la corporación japonesa Bridgestone adquiere la compañía Firestone Tire and Rubber Company. Para el año 1995 la empresa contaba con 570 trabajadores los cuales producían un total de 2400 llantas diarias. La unión con la corporación japonesa trae un aumento en la tecnología, que se vio reflejada con nuevos productos.

Los cambios continúan para esta empresa, y para el año 1996 su razón social cambia a Firestone de Costa Rica, S.A. Un año después la empresa obtiene la certificación ISO 9001 lo que le abrió las puertas en el extranjero distribuyendo sus ventas en un 40% para el mercado local, un 42% para el mercado Centroamericano y el 18% restante son enviados a los Estados Unidos. (Practica Estándar, 2019)

En 1998 se dio la primera gran expansión de la planta, la corporación Bridgestone obtiene la mayoría de las acciones cambiando nuevamente su razón social a BRIDGESTONE FIRESTONE DE COSTA RICA S.A. También se obtiene la certificación ISO 14001 que hace constar su generosidad con el medio ambiente.

Su distribución de ventas continúa cambiando, aumentando sus exportaciones hacia Estados Unidos a un 62%, el 38% restante se repartió entre Costa Rica y Centroamérica. Para el año 2002 se inicia el segundo proceso de expansión invirtiendo \$40 millones en 22000 metros cuadrados de construcción y se obtiene la certificación QS-9000.

A partir del año 2003 la empresa comienza a recibir premios y reconocimientos como el premio corporativo de seguridad y el de mantenimiento. Ya para el año 2005 la planta cuenta con 1000 trabajadores y su producción diaria es de 12500 llantas por día operando los siete días de la semana.

En este momento la empresa está certificada en ISO/TS 16949, dicha certificación es una recopilación de QS-9000, más otros requisitos adicionales implementados por los grandes fabricantes de automóviles para la elaboración de componentes de los automóviles que ellos fabrican.

En 2008 se vuelve a cambiar su razón social por Bridgestone de Costa Rica, desde entonces hasta la actualidad la empresa continúa innovando sus productos, aumentando sus estándares de calidad por medio de la implementación de nuevas tecnologías y prácticas de manufactura.

Dentro de los clientes externos de la empresa está la casa matriz, ensambladores de automóviles y distribuidores como: H. Rucavado, Trac Taco, Súper Llantas Ramírez, Quiroz y Cía., Reenfrio, Superllantas, Superservicio, Centro de Llantas, servicios Gigante, Gallo más Gallo, Sociedad Chávez y Quiroz, Centro llantero, Tecnillantas y Pricessmart entre otros.

Como podemos ver en la Ilustración 1, la línea de tiempo que ha transcurrido en Bridgestone de Costa Rica.

Ilustración 1

Línea de tiempo historia de Bridgestone



Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019.

Se puede observar como al pasar de los años va aumentando la producción diaria, además de las mejoras en infraestructura

Descripción general de la empresa

Para Bridgestone Firestone de Costa Rica lo más importante es el cliente y esto se ve reflejado en su estructura organizacional en donde el cliente está a la cabeza y el gerente general y accionistas se encuentra en la base de la estructura.

Visión.

“En Bridgestone Firestone de Costa Rica (BFCR) nos proponemos que nuestra empresa sea una cuyos procesos productivos, administrativos, de mercadeo, de recursos humanos y de ventas, sean comparables con las mejores empresas a escala mundial. Lo anterior nos conducirá a consolidarnos como la mejor planta de la Corporación Bridgestone Firestone de Latinoamérica” (Practica Estándar, 2019)

Misión.

“Ser una empresa Líder en la fabricación y comercialización de llantas y productos relacionados con los más altos estándares de Calidad y Servicio al cliente. De igual forma, deseamos contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de nuestros empleados y obtener la más alta rentabilidad, de una manera ambientalmente responsable, basados en la filosofía de Calidad Total” (Practica Estándar, 2019)

Política de calidad.

“En BRIDGESTONE FIRESTONE DE COSTA RICA y en EXPORTADORA FIRESTONE DE CENTRO AMERICA producimos llantas y materiales de reencauche, los cuales cumplen con los requisitos de nuestros clientes internos y externos. A la vez, mantenemos un ambiente de trabajo seguro y operamos de una manera ambientalmente responsable, de acuerdo con los requisitos legales, reglamentarios y otros requerimientos aplicables”. (Practica Estándar, 2019)

Los principios guía son: satisfacción del cliente, trabajo en equipo, decisiones tomadas con base en hechos y datos, mejoramiento continuo de la eficacia de los sistemas de gestión y comunicaciones abiertas.

Política ambiental.

En BRIDGESTONE FIRESTONE DE COSTA RICA nos comprometemos a preservar y mejorar, en forma continua, el ambiente interno y externo, cumpliendo con las leyes y regulaciones costarricenses, así como cualquier otro requerimiento aplicable a nuestra empresa; mediante actividades planificadas, sistemáticas y documentadas que promuevan:

- El comportamiento y la participación de nuestro personal en relación con el cumplimiento de nuestros objetivos y metas ambientales.
- Optimizar nuestros procesos de fabricación y comercialización para minimizar los impactos ambientales negativos.
- Motivar a nuestros proveedores y distribuidores a reducir el impacto negativo que sus procesos y productos puedan tener sobre el ambiente.
- La reducción, reutilización, reciclaje o disposición adecuada de nuestros desechos.

- Asimismo, vamos a colaborar con el país y la comunidad cercana a nuestras instalaciones en los procesos de preservación y mejoramiento del ambiente y el manejo de desechos. (Practica Estándar, 2019)

Política integrada

“En Bridgestone de Costa Rica S.A. y en Exportadora Firestone de Centroamérica S.A. producimos llantas, las cuales cumplen con los requerimientos de nuestros clientes. A la vez, mantenemos un ambiente de trabajo seguro y operamos de una manera social y ambientalmente responsable, de acuerdo a los requisitos legales, reglamentarios y otros requisitos aplicables”. (Practica Estándar, 2019)

Los compromisos son: satisfacción del cliente y de los entes interesados, capacitación de nuestros asociados, trabajo en equipo, decisiones tomadas en base a hechos y datos, mejoramiento continuo de la eficacia en los sistemas de gestión, comunicaciones abiertas y prevención de la contaminación.

Como podemos ver en la Ilustración 2, esta política es el marco para establecer los objetivos del sistema integrado.

Ilustración 2.

Misión, visión y política integrada del sistema de gestión de la empresa.



Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019.

Se busca por parte de la institución la combinación de varios factores bases del éxito.

Organigrama

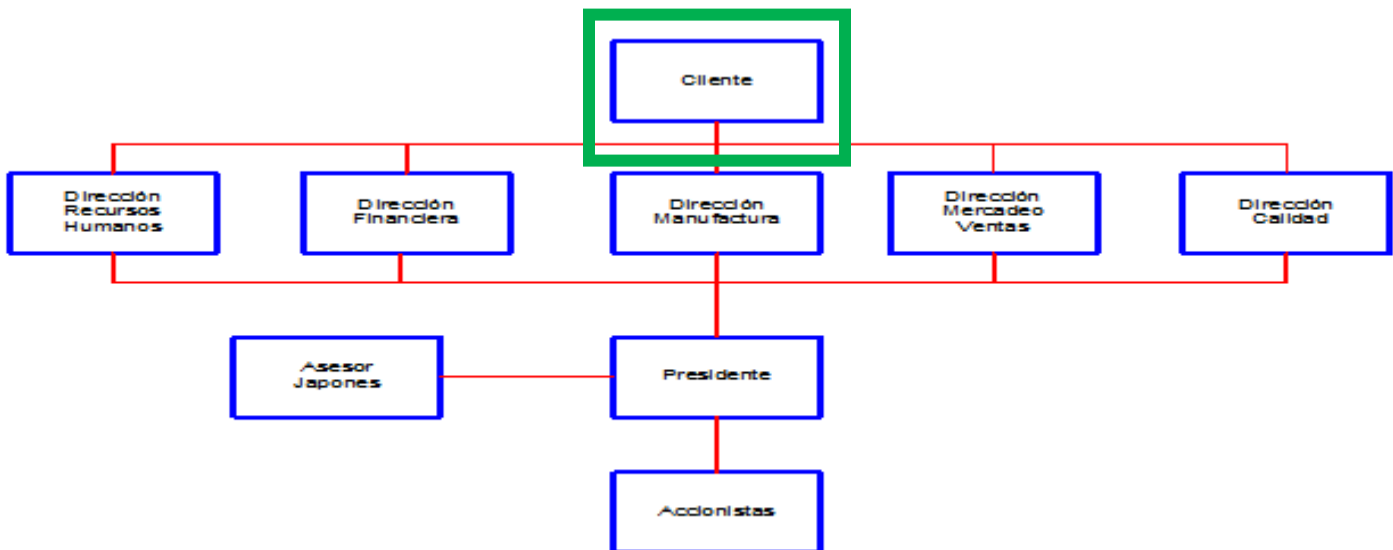
La empresa Bridgestone Firestone divide sus actividades en varios departamentos, los cuales están integrados por licenciados, ingenieros, técnicos y personal de planta.

La mejor manera de observar cómo están constituidos estos departamentos es por medio del organigrama siguiente, marcado en el recuadro en verde esta la dirección de manufactura, el departamento de armado se encuentra en esta dirección.

Como podemos ver en la Ilustración 3, el cliente es la cabeza de la organización.

Ilustración 3

Organigrama de Bridgestone de Costa Rica.



Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019

- Cliente: en BFCR es la persona más importante de la organización pues, es la razón de ser de la empresa y la que tiene más importancia para cada uno de los procesos que realizan.
- Dirección de Recursos Humanos: es la encargada de reclutar al personal para las diferentes áreas de la compañía, así como de brindar capacitación a los trabajadores con el fin de refrescar conocimientos o adquirir nuevos, para el buen desempeño de las funciones.

- Dirección Financiera: es la encargada de analizar y autorizar la realización de los proyectos que permitan a la compañía tener un mejor desempeño en las diferentes áreas.
- Dirección de Manufactura: es la encargada de todo lo relacionado con los diferentes procesos productivos, de manera que estos cumplan con los objetivos y metas para la producción de las llantas diarias.
- Dirección de Mercadeo y Ventas: esta área es la encargada de vender, promocionar e incitar a los clientes a que adquieran nuestros productos, con el fin de que lo que se produce se venda de una manera fluida.
- Dirección de Calidad: es la encargada de garantizar que lo producido en la planta llegue en perfectas condiciones al cliente de manera que el mismo este seguro que está comprando un producto de alta calidad. Esta área se encarga de auditar todos los procesos productivos, así como atender los reclamos de los clientes.
- Asesor Japonés: es el encargado de brindar ayuda a las diferentes áreas para solucionar problemas relacionados con los procesos productivos así implementar acciones para mejorar los mismos.
- Presidente: es el encargado de todas las direcciones, es decir el encargado de dirigir y orientar la planta en cuanto al rumbo que esta debe tomar.
- Accionistas: son los que se encargan de aportar el capital para mantener la planta funcionando, además de inyectarle capital a todos aquellos proyectos que puedan generar el crecimiento de la compañía.

El proyecto por realizar se enfoca en el área de manufactura la cual se distribuye de la siguiente manera:

- Director: es el encargado de velar dirigir el rumbo de la planta de modo que esta cumpla con los objetivos establecidos.
- Gerente: es el encargado controlar el comportamiento de la producción de todos los departamentos.
- Jefe de área: esta persona tiene asignado uno o varios procesos de producción y es la encargada de velar por el cumplimiento de objetivos, así como de las posibles mejoras a los procesos productivos.
- Supervisores: estas personas controlan que los trabajadores cumplan con el trabajo, y con ello asegurar la cantidad de producción requerida.

- Operadores de maquina: son los encargados de controlar la máquina del respectivo proceso.
- Auxiliares: estas personas son las encargadas de ayudar a los operadores de máquinas a controlar las mismas en el proceso de producción.

Como podemos ver en la Ilustración 4, las jefaturas se encuentran en una escala lineal, para delegar funciones de una manera mas efectividad.

Ilustración 4

División del organigrama, división manufactura.



Nota: tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019.

Cada una de las personas involucradas en este sistema, se encuentran en el piso, para la pronta toma de decisiones.

Antecedentes del contexto de la empresa o institución

Número de empleados

Actualmente Bridgestone Firestone de Costa Rica cuenta con 993 trabajadores, los cuales se distribuyen en las diferentes áreas como: directores, gerentes, jefes de área, supervisores, personal administrativo, operarios, misceláneos, entre otros, en el área de estudio hay un total de 205 personas, entre armadores de llantas y auxiliares de fábrica.

Tipos de producto

En Bridgestone Firestone de Costa Rica se producen varios tipos de llantas para diferentes necesidades y diferentes mercados, estas llantas se diferencian entre sí por la marca, en Costa Rica se producen las siguientes marcas: Bridgestone, Firestone y Seiberling.

Producción

De la producción actual un 85% está enfocada en la producción de llantas de pasajero radial, camioneta radial y las llantas para repuesto para equipo original.

En cuanto a las llantas TSR o llantas de repuesto para equipo original, la empresa está produciendo alrededor de un 50%, del 85% anterior de su producción en este tipo de llanta, esta llanta se está exportando a los Estados Unidos y Japón, donde las distribuyen a las empresas ensambladoras de autos como la General Motors, Chrysler y GMC. Se producen varias medidas desde aro 14 al 17.

Además de llantas se fabrican bandas de recauche, material para reparaciones y cementos, productos que se comercializan en Estados Unidos, Centro América, el Caribe, Japón y otras latitudes.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

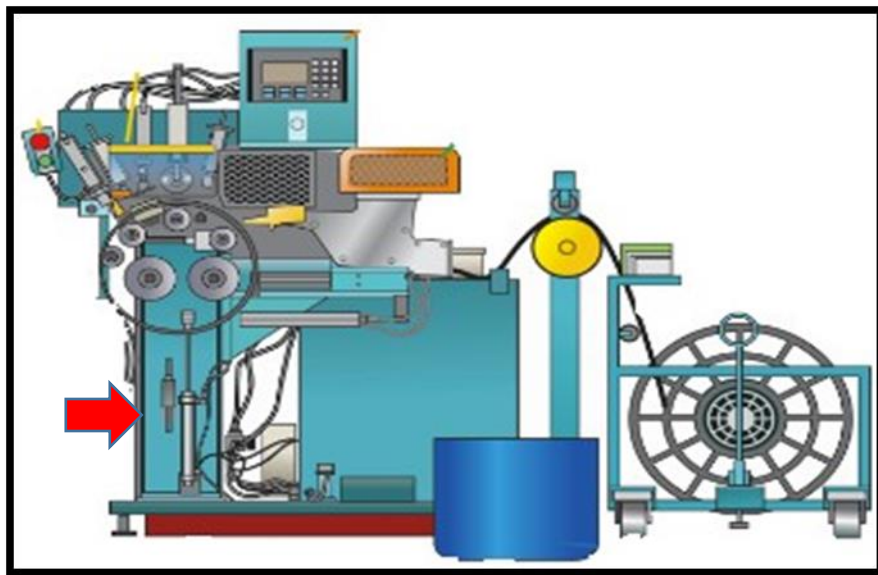
Definición del problema

En el departamento de armado en el cual se da la unión de todos los componentes que conforman una llanta, cuando se da la realización de la llanta, se le colocan cejas a la misma, parte la cual le da rigidez a la llanta, esta ceja se arma con dos componentes, el aro y el filler; en este punto es donde se da la situación detectada, especialmente en la primera etapa cuando se arma lo que se denomina carcasa.

Como podemos ver en la Ilustración 5, la flecha señala donde se colocan los aros con el filler para formar la ceja.

Ilustración 5

Vista lateral aplicadora de filler.



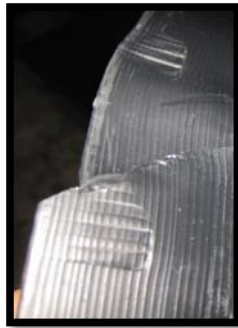
Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019

Debido a que las uniones de estos dos componentes están generando no conformidades (scrap, retrabajo), es en este proceso donde el jefe de área además de los datos dados para abarcar el problema, indica la necesidad de trabajar de lleno en el mismo, debido a que otras personas de la empresa como tal hay que se desenvuelven en otros proyectos.

Como podemos ver en la Ilustración 6, la primer no conformidad se conoce como oreja de perro.

Ilustración 6

No conformidad “oreja de perro”.



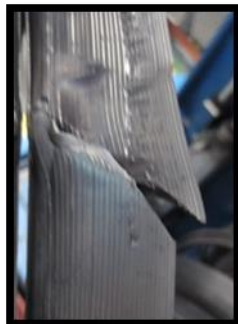
Nota: Tomado de Origen Propio 2019.

Se puede ver como da la impresión de quedar en forma de grada, no se da un empalme de manera correcta.

Como podemos ver en la Ilustración 7, la segunda no conformidad se conoce unión abierta.

Ilustración 7

No conformidad “unión abierta”.



Nota: Tomado de Origen Propio 2019.

Esta no conformidad se da porque cuando la unión queda a tope, falta pegajosidad al material y se separa dejando la abertura.

Como podemos ver en la Ilustración 8, la tercer no conformidad se conoce como unión montada.

Ilustración 8

No conformidad “unión montada”



Nota: Tomado de Origen Propio 2019.

Esta unión, es cuando, por un mal funcionamiento de la aplicadora no realiza el ciclo de la maquina bien y monta material de más en el inicio de la ceja.

Cantidad de no conformidades.

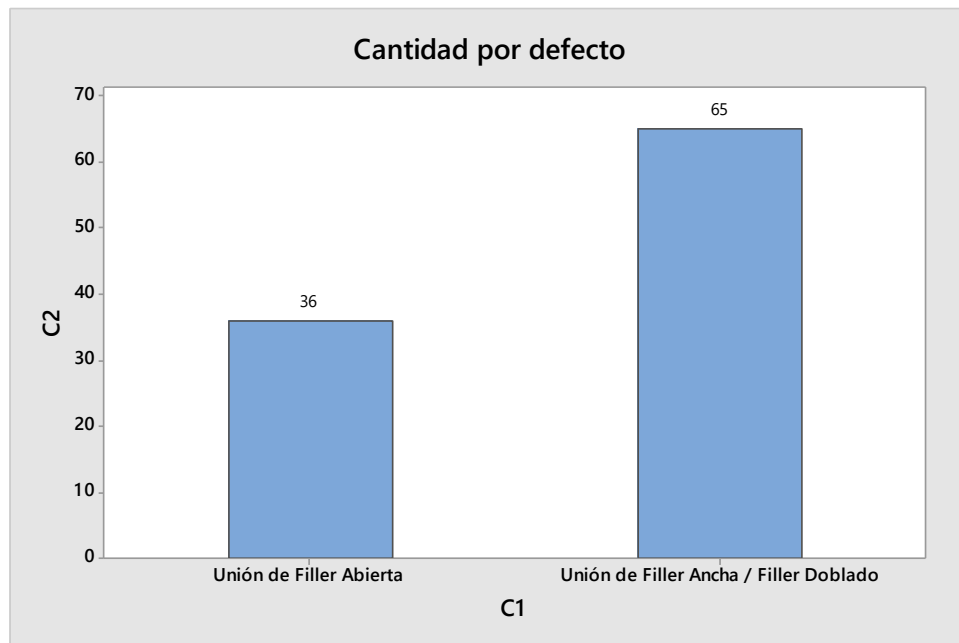
En el departamento de armado la cantidad de llantas scrap por los defectos de unión de filler abierta o unión de filler montada y unión de filler con oreja de perro supera 100 unidades los últimos cuatro meses, por consiguiente 25 llantas al mes scrap.

La ilustración 9 a continuación, muestra la cantidad de no conformidades por defectos de unión abierta, y unión montada, donde se detalla la cantidad por cada una de ellas respectivamente.

Por otra parte, actualmente, se presenta Un promedio de 285 llantas mensuales pulidas por rajadura en ceja, esta no conformidad es producto directo de una unión de filler ancha, además se retrabajan por defecto en la ceja un promedio de 237 llantas mensuales.

Ilustración 9

Cantidad de llantas por defecto.



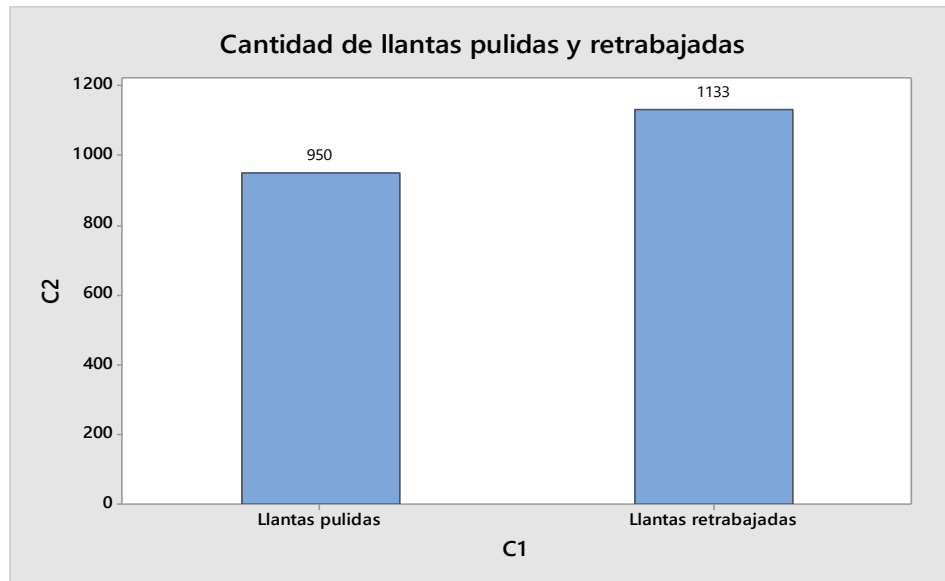
Nota: Tomado de Origen Propio 2019.

En la ilustración 9 se observa la cantidad de defectos que han salido en la maquina KBN9 de las cuales 36 son unión de filler montada o ancha y las otras 65 son por el filler doblado.

La ilustración 10 a continuación, muestra la cantidad que ya no van vírgenes en su totalidad si no que han recibido algún tipo de retrabajo.

Ilustración 10

Cantidad de llantas con retrabajo.



Nota: Tomado de Origen Propio 2019.

En la figura anterior se muestra que 950 llantas fueron pulidas por las no conformidades que se van a estudiar en este proyecto, y además más de 1100 llantas se les tuvo que realizar algún tipo de retrabajo.

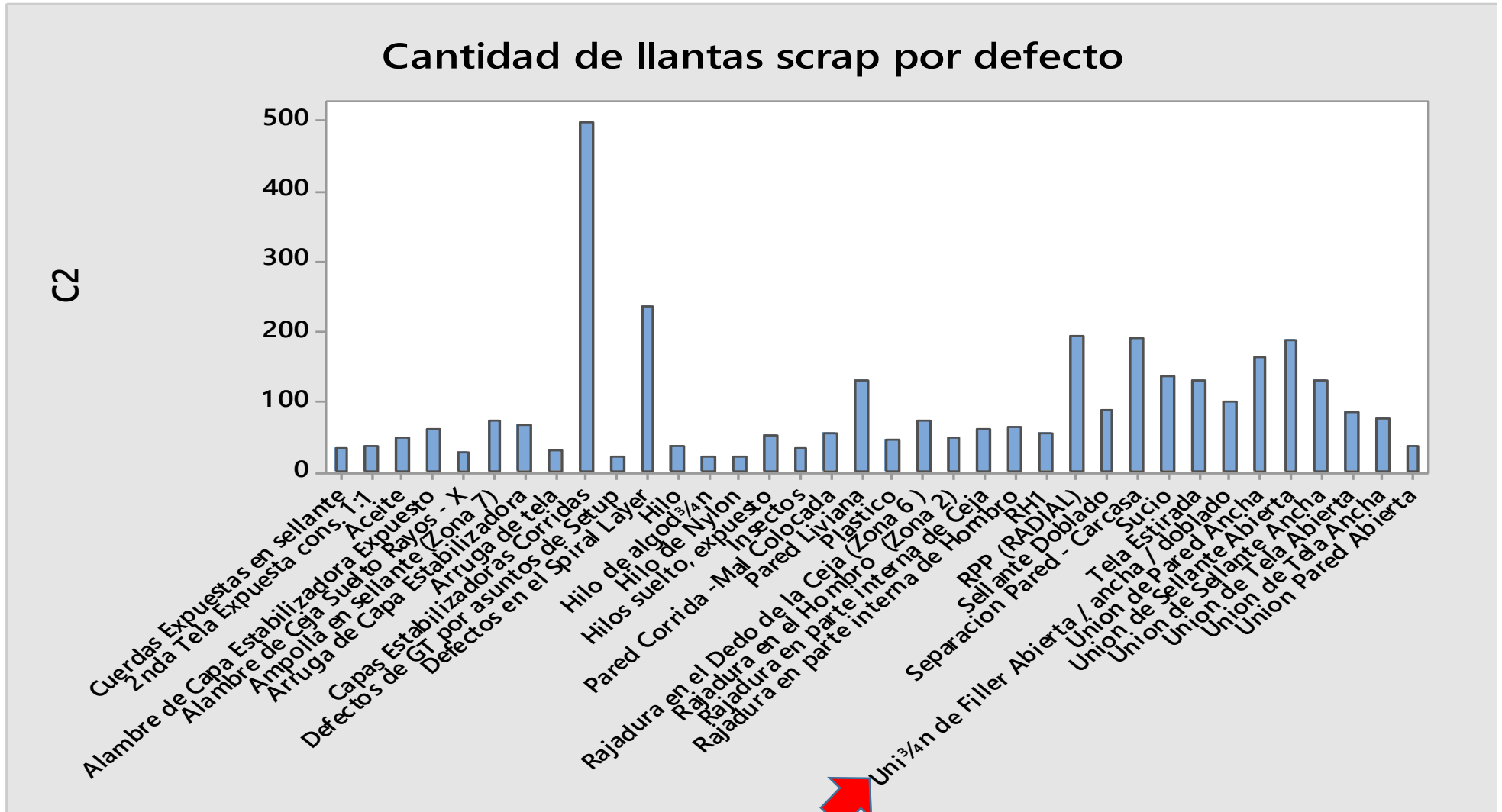
Porcentaje de Scrap del departamento de armado.

El total general de llantas scrap en unidades es de 13203 mismo representa el 2.73 % del scrap total del departamento en los últimos cuatro meses.

Como podemos ver en la Ilustración 11, la segunda no conformidad se conoce unión abierta.

Ilustración 11

Cantidad de llantas scrap por defecto



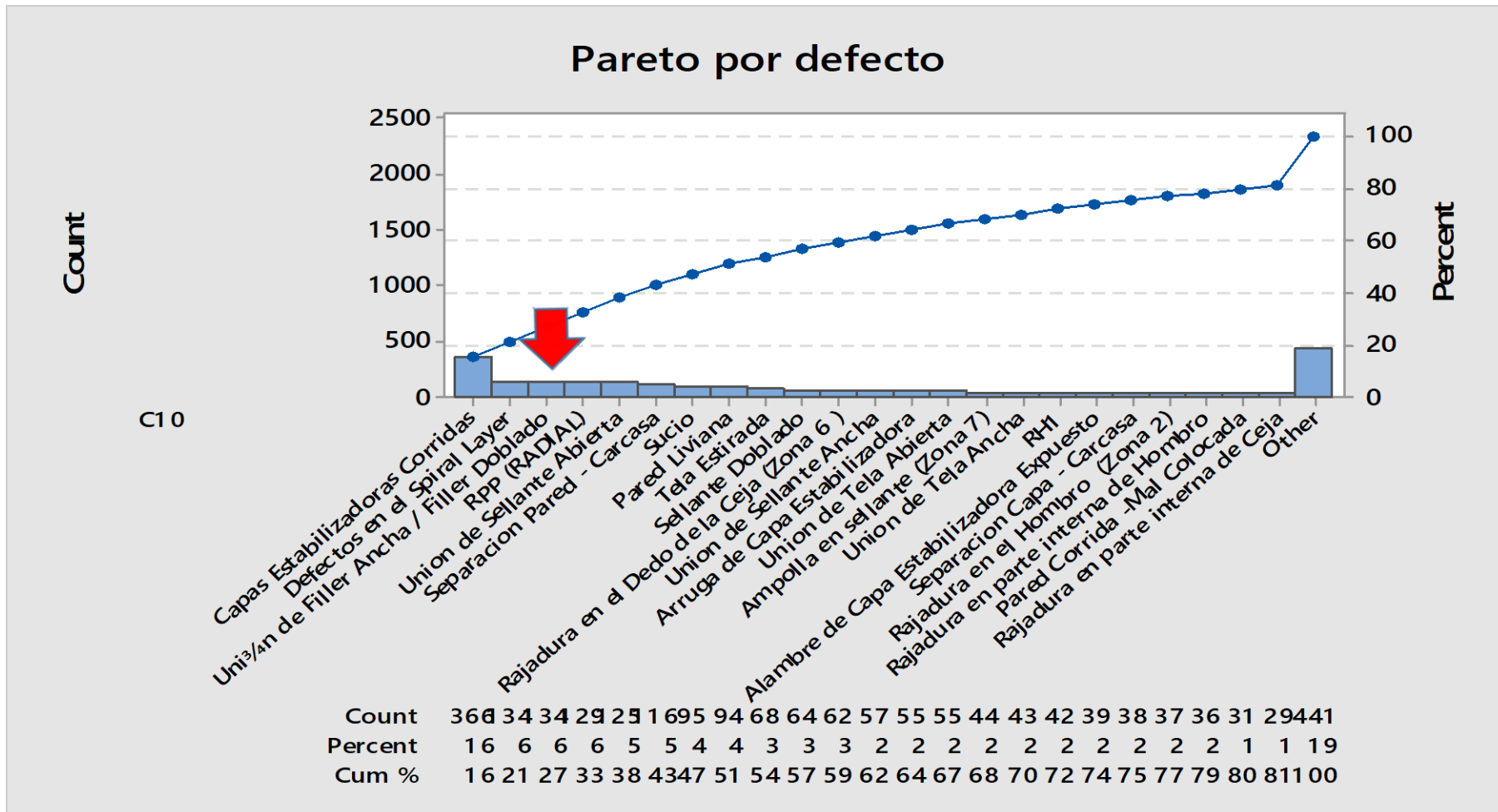
Nota: Tomado de Origen propio 2019

Del muestreo inicial con más de 13000 llantas en los últimos 4 meses, se puede evidenciar que las no conformidades a trabajar se encuentran alrededor de más de 200 en ese intervalo de tiempo.

Como podemos ver en la Ilustración 12, en el Pareto a continuación nos da la ubicación de la no conformidad, la cual, a pesar de no ser la principal causa, se solicita por el departamento de armado y del jefe de área del departamento que se trabaje en este proyecto

Ilustración 12

Porcentaje de scrap por no conformidad



.Nota: Tomado de Origen propio 2019.

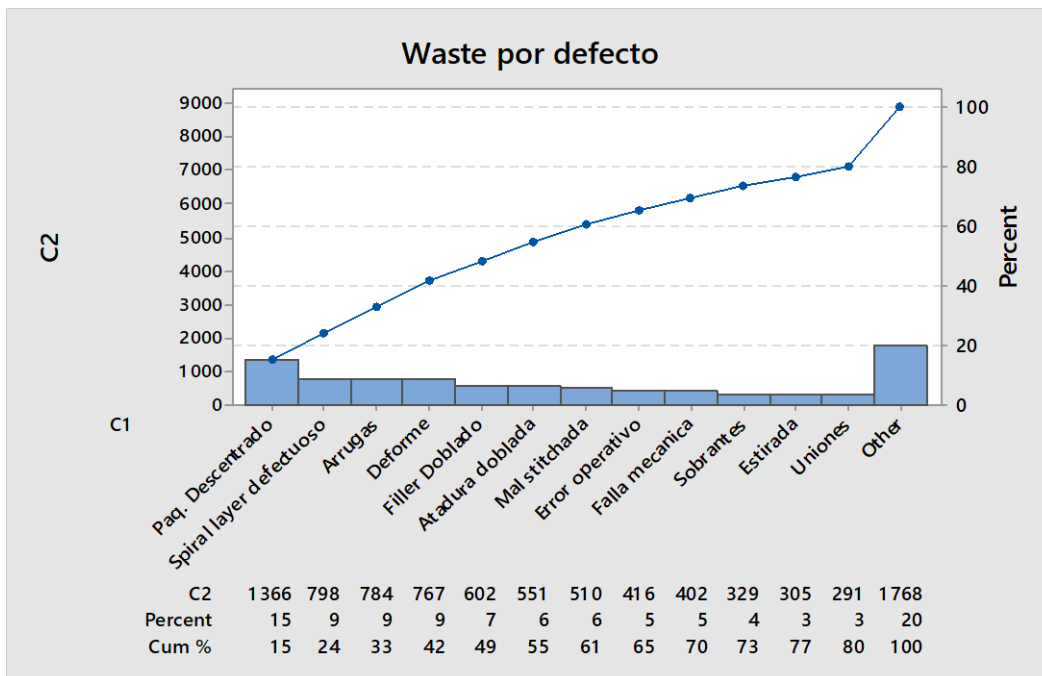
De igual manera las principales causas de scrap presentes en el Pareto ya son abarcadas por grupos funcionales de la empresa.

Cantidad de waste del departamento de armado

La cantidad de peso por el waste generado por los defectos de unión de filler montado, unión de filler abierta y unión de filler con oreja de perro en el último mes es de 601.6 kilos, tal y como se muestra en la ilustración 13 la cantidad de kilos por diferentes defectos de producción y en la ilustración 14 la cantidad de kilos de waste por los defectos a tratar en este proyecto.

Ilustración 13

Waste por defecto global



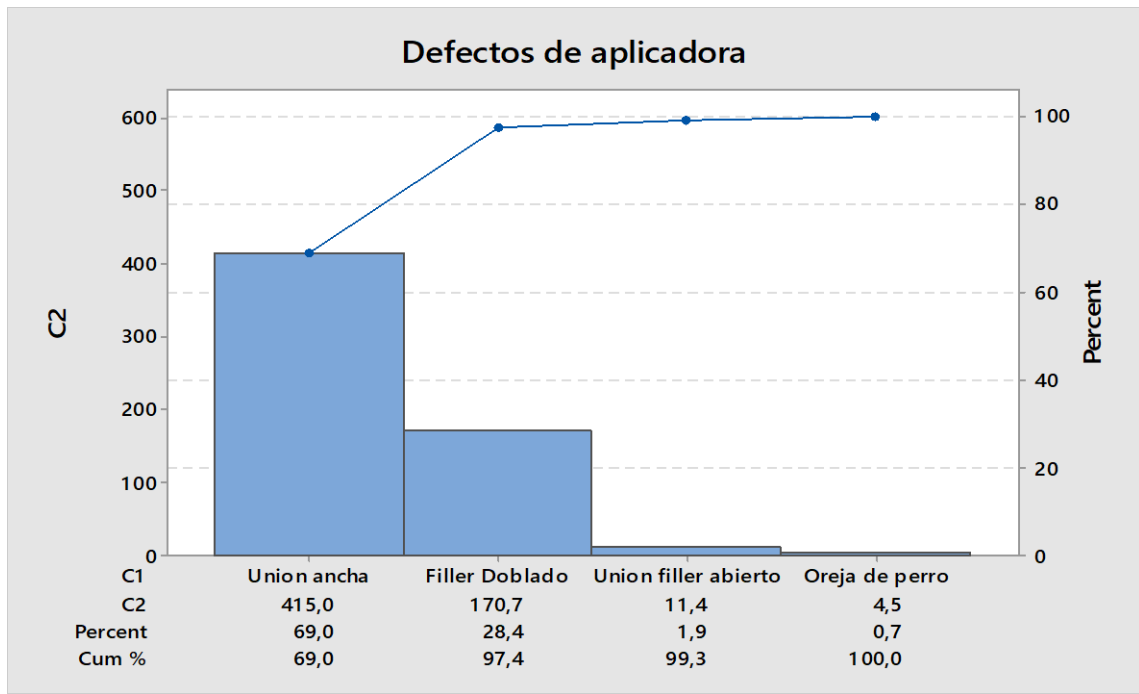
Nota: Tomado de Origen Propio 2019.

También en este Pareto se logra evidenciar que el filler doblado se encuentra entre las principales causas de waste en el departamento, ya que en este Pareto solo se muestra el waste que el departamento realiza.

Llegando al departamento como tal y a la maquina donde se va a dar la mejora se realizó un muestreo arrojando los siguientes datos.

Ilustración 14

Waste por defecto en máquina.



Nota: Tomado de Origen Propio 2019.

En la figura 14 se filtra más los datos del Pareto anterior para poder observar la división de las no conformidades, que a pesar de parecer poco, se estima más de 600 kilos de waste.

Por otra parte, el retrabajo armado.

La cantidad de llantas retrabajadas y pulidas por las no conformidades ya antes mencionadas en los últimos 4 meses asciende las 2000 llantas.

En síntesis, el problema se puede enunciar de la siguiente manera:

“La afectación de los indicadores de productividad de la empresa Bridgestone de Costa Rica en el proceso de armado de la llanta ante el aumento de las no conformidades relacionadas con el scrap, retrabajo y waste”.

Justificación

En la actualidad algunas de las llantas producidas por Bridgestone Firestone de Costa Rica presentan problemas de rajadura en la pared, lo que significa que el producto final posee más hule del que se establece en la especificación técnica de producción de la llanta. Debido a lo anterior se desea conocer cuáles son las causas que generan ese sobrepeso, esto principalmente pues el precio final de la llanta para el consumidor se establece de acuerdo con la cantidad de hule que esta consuma al producirse y esta cantidad debería coincidir con las especificaciones técnicas de producción.

La competencia no solamente se da con la industria externa, se da también con las empresas de la Bridgestone a nivel regional, el peso y dimensiones se establecen de acuerdo con la especificación de producción entregada por estados unidos donde se encuentra la casa matriz. Es por eso por lo que si alguna de las distintas medidas de llantas que se producen en Costa Rica tiene problemas de sobrepeso los costos de la empresa se verán afectados, ya que se están produciendo llantas con más hule de lo especificado.

La unificación que se ha realizado a nivel regional entre las sedes de Bridgestone es más que todo para que los precios de las llantas se mantengan estables y no que una fábrica por ejemplo la de argentina venda las llantas más caras con respecto a las de México, dando así oportunidad de pérdida para llantas de la corporación argentina, ya que a nivel global nadie las va a adquirir debido a el precio más elevado.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general

Implementar una mejora en el ensamble de la ceja en el departamento de armado de Bridgestone de Costa Rica, mediante el diseño experimental en el marco de la metodología six sigma que permita la reducción de las no conformidades.

Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual del proceso de armado de llantas.
2. Diseñar mejoras desde el análisis de experimentos orientados a la reducción de scrap, waste y retrabajo.
3. Implementar las opciones más viables.
4. Analizar el impacto de las soluciones propuestas.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

Este proyecto pretende proporcionarle a Bridgestone de costa rica un estudio que permita generar una mejor unión de la ceja en el departamento de armado, esto aplicable a cada una de las medidas que se trabajan en el área, poder demarcar los puntos críticos y dar una solución al respecto, llegar a conocer que es lo que está generando la no conformidad y con las herramientas ingenieriles necesarias poder mejorar la condición dada.

En este proyecto se brindará una solución que permita reducir los costos de la compañía mediante el ahorro de materiales y sobretiempos en el área de armado, de manera que se puedan minimizar las pérdidas de dinero a causa de procesos de producción poco eficientes.

Este proyecto servirá de base para analizar las demás aplicadoras de filler dentro de la empresa y de esta manera dar una solución efectiva al problema inicial.

Limitaciones

El proceso productivo de BFCR considera una gran cantidad de variables, que en determinado momento podrían afectar la producción de determinado componente y proceso, esto aunado a las limitaciones de tiempo con que se dispone para realizar el proyecto, no permite profundizar en aspectos que podrían analizarse de mejor manera, como por ejemplo la variabilidad de los procesos, además de luchar con la necesidad del departamento y el jefe del mismo para meter mano en este proyecto como tal, habiendo tal vez áreas de mayor importancia en las cuales se pueda trabajar.

Debido a que la planta actualmente trabaja 24 horas al día y 7 días a la semana se podría dificultar el muestreo de las cejas a realizar, pues la producción de los materiales se realiza de forma programada independientemente del día y la hora, es decir las horas de producción de los componentes y las llantas se programan a cualquier hora del día y no precisamente la programación coincide con las horas de producción del día anterior o con lo planeado con respecto al proyecto.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.

La ingeniería industrial a través de los años es y será una herramienta fundamental de diseño y mejora para la humanidad, esto debido a los grandes alcances e implementaciones que se han dado gracias a la misma.

Años atrás las instituciones públicas se veían necesitadas en su totalidad de administradores, pero conforme van pasando los años, y la necesidad de estas instituciones de abarcarse en otros campos han visto ocupados en la ingeniería industrial y en la manera de mejorar sistemas de gestión, sistemas de calidad, proyectos de seis sigmas y he de allí la aplicación de ingenieros industriales en este tipo de instituciones donde antes no se aceptaban normalmente.

La ingeniería industrial emplea conocimientos técnicos y metodologías creadas, en diferentes países y conforme han pasado los años se han ido modificando y estableciendo nuevas líneas de trabajo, líneas que gracias a grandes líderes de la ingeniería se han hecho piezas fundamentales de la misma y son herramientas a la hora de ejercer la ingeniería.

El lograr aumentar una producción, mejorar las ganancias, reducir costos, crear y analizar métodos, montar líneas de ensamblaje entre tantas cosas donde se puede aplicar la ingeniería siempre es necesario tomar datos estadísticos para poder llegar a tomar las decisiones correctas.

Se conoce como estadística:

Estadística es la ciencia que se encarga de planear estudios y experimentos, obtener datos y luego organizar, resumir, presentar, analizar e interpretar esos datos para obtener conclusiones basadas en ellos. (Triola, 2018).

La estadística es la recolección de datos, datos los cuales necesitamos para saber cómo se encuentra un proceso de una empresa, los tiempos de recorridos de una línea autobusera de Heredia a San José, hasta el tiempo que dura una persona trabajadora en alistar a sus hijos y dejarlos en sus respectivas escuelas antes de trabajar, estos son datos, estos darán conocimiento a las personas interesadas en como analizarlos, y así mismo preguntarse, ¿ lo estoy haciendo bien?, es el tiempo que debo de tardar realizando esta tarea?, ¿cómo puedo mejorar las mañanas y no correr

tanto?, estas preguntas podrán ser respondidas, poniendo atención, llevando datos y siempre buscando la mejora en cada una de las cosas que se realizan.

Nuestro día a día, el hecho de poder anticipar los datos y conocer como los comportamientos de cada una de las cosas que realizamos nos afectan nos llevan a darle un seguimiento a los mismos, estudiarlos y poder realizar modificaciones para mejorar, lo cual nos lleva a cómo llegar a manejar los datos, debe de haber un método, como se utiliza, es lo que veremos en el siguiente apartado.

La hipótesis estadística es plantearse algo que puede que suceda o que no suceda con respecto a una o más poblaciones, la parte verdadera o falsa de hipótesis nunca se sabe. Una hipótesis se acepta si los datos que obtenemos después de una muestra no nos dan la cantidad suficiente de evidencia para rechazarla como tal, el rechazo de esta por otra parte, indica que la misma es verdadera, el nivel de significancia es la probabilidad que tenemos de aceptar o rechazar dicha hipótesis, en otros términos, si es falsa o verdadera.

“Un problema que se presenta y puede ser resuelto por la estadística es el de la toma de decisiones sobre la distribución de una población o sobre sus parámetros”. (Bustillo, 2003, pág. 157).

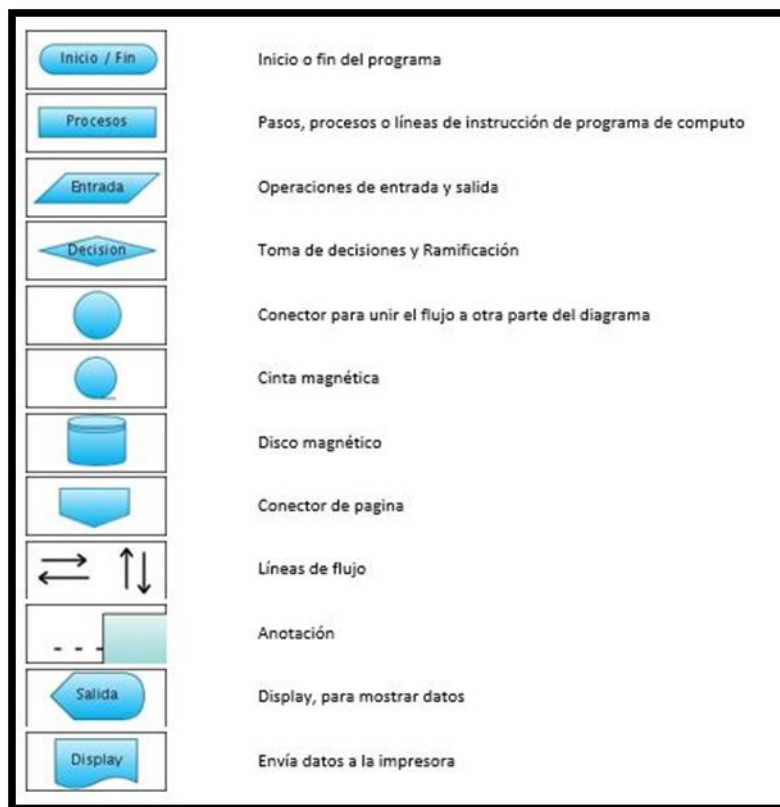
El diagrama de flujo es una herramienta para representar un proceso, su inicio, final, cada una de las etapas de este y las posibles toma de decisiones del mismo, lo que se busca con este es solucionar un problema dado, hay diferentes tipos y diferentes nomenclaturas, en la siguiente figura se representan las más conocidas.

“Estos diagramas muestran la transformación de un producto o de un servicio conforme estos van pasando por diferentes etapas de su producción, con este diagrama se facilita visualizar el sistema total, identificar posibles puntos de dificultad y ubicar actividades de control.” (Besterfield, 1994, pág. 34).

Como podemos ver en la Ilustración 15, se nombran cada uno de los componentes del diagrama de flujo, con su respectiva forma.

Ilustración 15

Diagrama de flujo



Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019

Mas adelante en el proyecto se ejecutará un diagrama de flujo, donde se vera el uso de los varios componentes vistos en la Ilustración 15.

El análisis o control de proceso es el hecho de mejorar un proceso como tal, realizar un análisis de la situación en la que se ve inmersa dicho proceso y buscar, con herramientas aplicadas su mejora, el análisis y control también pueden ser automatizados, con reportes, límites de calidad, valores de productividad entre otros.

“Beneficios que se obtienen de un control de procesos, calidad de producto constante, gracias a una disminución en las variaciones de un proceso, arranques y paros mas uniformes, puesto que se puede monitorear y controlar el proceso durante estos periodos críticos”. (Besterfield, 1994, pág. 439).

2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

En el presente proyecto se busca utilizar un tipo de metodología empleada por los ingenieros industriales denominada DMAIC, esta es una herramienta de mejora para incrementar los procesos existentes.

DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), que considera sus siglas como los pasos a seguir en un proyecto Seis Sigma; y la metodología de la Excelencia operacional, la cual permite que el experto determine, a partir de un número ilimitado, las herramientas del Seis Sigma a utilizar y que las aplique en una secuencia ordenada y sistemática. (Argüelles, 2018)

Cada una de las siglas del DMAIC tiene su propio significado y marcan la manera en que se le debe de dar seguimiento al estudio a realizar, por ejemplo:

Paso 1

Definir: en este paso definimos que es lo que necesita la persona implicada en el problema, o más bien en la mejora que se quiere realizar ya sea el padre de familia, el cual quiere entender cómo puede mejorar sus mañanas o el gerente al cual le duele la cantidad de dinero que está perdiendo en un proceso.

“Debemos definir las herramientas necesarias para que nuestro proyecto tenga éxito, de tal manera, ganamos mucho en términos de aprendizaje, productividad, calidad y diseños, lo cual, a su vez, se traduce en oro molido para nuestra empresa”. (Argüelles, 2018, pág. 12).

Paso 2

Medir: cada persona antes de llegar a una solución o tomar una decisión, debió haber recolectado información para poder llegado a la misma, ya sea esta la correcta o no, en este paso se toman datos, ¿cuáles datos?, los que sean necesarios según lo que queramos, por ejemplo, si quieres saber cada cuanto pasan los buses por nuestra comunidad sacamos los tiempo de cada vez que pasan los mismos por nuestro hogar, si queremos saber cómo está la temperatura de nuestros hijos porque se encuentren enfermos, les tomamos la misma regularmente para tener la certeza de que no se sale de los rangos estipulados, así mismo en las industrias y empresas se deben tomar muestras, muestras de tiempos, de tipos de cortes, de ángulos, de espesores según lo necesitemos para el campo de trabajo al cual se le realiza el estudio.

La medida en sigma se desarrolló para ayudarnos a: 1. Enfocar las medidas en los clientes que pagan por los bienes y servicios. Muchas medidas sólo se concentran en los costes, horas laborales y volúmenes de ventas, siendo estas medidas que no están relacionadas directamente con las necesidades de los clientes. 2. Proveer un modo consistente de medir y comparar procesos distintos. (León, 2009).

Paso 3

Analizar: después de que recolectamos los datos, tenemos que analizarlos para tomar decisiones, ¿Cómo debemos de analizarlos?, eso depende de lo que necesitemos en cada caso, volviendo al ejemplo de nuestro hijo enfermo, mientras tomamos la temperatura decidimos si darle un medicamento, pero bajo la condición de seguir realizando chequeos de la misma y si en dado caso la misma se sale de nuestro control ir al hospital buscando ayuda, buscando regularizar los datos, para que nuestros pequeños vuelvan a la normalidad.

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo es que éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Entonces, se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos. (Gutiérrez, 2013)

Eso es lo que buscamos en nuestro proceso, en la empresa donde estemos realizando un trabajo, cuando hicimos la recolección de datos notamos que algo no está bien, y en el análisis buscamos soluciones para llevar los mismos nuevamente a ese “estar bien”, a regularizar la situación que previamente notamos irregular.

Paso 4

Implementar: después de pasar varios días con nuestro pequeño enfermo, decidimos tomar acciones, una mejor alimentación, un mejor abrigo para cada mañana, impermeable para la salida de las clases si hay lluvia, además de colocar un paraguas dentro de su mochila para que en caso de lluvia extrema no se nos moje, ¡ah! Y además en la farmacia de la esquina compramos unas vitaminas y vitamina C para que sea menos factible que se nos enferme.

“El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema. Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas” (Gutiérrez, 2013, pág. 407).

En cuestión de minutos realizamos planes, muchas veces sin una estructura definida, pero cuando tenemos datos y análisis podemos crear un plan, plan de mejora, plan de implementación, creamos soluciones para poder llevar el proceso de la empresa a ese “estar bien” que habíamos comentado, regularizar los datos con lo que se implementó y de esta manera ese problema llega a verse solucionado, ya deja de ser un problema y pasa a ser una mejora para la empresa, una mejora para nuestro día a día.

Paso 5

Controlar: Cuando nos dimos cuenta que la solución funcionó de manera adecuada debemos de darle un seguimiento, para los cuales debemos de crear controles, para asegurarnos de que lo que realizamos se mantiene en el tiempo y no que vaya a decaer y vuelva a generar nuevamente un problema, de esta manera se guarda evidencia de lo que se implementó funcionó y que sigue dando frutos a través de los meses y años, así ese gerente que quiso una mejora en su proceso y ese padre que hizo lo posible para que el problema no se diera, se ven satisfechos, con las mejoras realizadas, la estabilidad a conforme van pasando los días y el gran resultado a bienestar de los suyos.

Una vez que las mejoras deseadas han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto. Muchas veces esta etapa es la más dolorosa o difícil, puesto que se trata de que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen. Esto implica la participación y adaptación a los cambios de toda la gente involucrada en el proceso, por lo que se pueden presentar resistencias y complicaciones. (Gutiérrez, 2013).

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

La meta de cada una de las empresas en este país es ser productivos, debido a mantenerse altos en productividad las empresas consiguen bonos, inversiones para infraestructura, para maquinaria y así se mantienen competitivos con las empresas hermanas en una región o a nivel mundial, así como le sucede a Bridgestone Firestone de Costa Rica, la misma debe de competir con sus países hermanos, México, Colombia, en cuestión de productividad, datos de desechos, datos de retrabajo y demás, he allí la necesidad de la empresa de adoptar sistemas de calidad para controlar e implementar mejoras para hacerse así más competitivos.

Con respecto a la necesidad de hacerse más competitivos, la productividad y la calidad van de la mano en estos días, donde ambos son igual de importantes y las empresas son medidas con base a su calidad, hay normas a nivel mundial las cuales dan seguimiento a la calidad y las empresas para poder vender, tienen que hacerse de estas normas, las cuales implican tener un nivel de calidad muy elevado, el cual logran llevando sus procesos a una precisión más alta, los llevan a ser seis sigma.

¿Qué es seis sigma?, es la variabilidad de cada uno de los procesos, pero bueno, ¿Con que se come eso?, ¿Qué es la variabilidad de algo?, la variabilidad de un proceso es la cantidad de veces que se da un fallo o un error cuando se está haciendo el proceso, ya sea de manufactura o de atención al cliente, con una cantidad de especificaciones ya aplicables para ambos casos, lo que se busca con el seis sigma es reducir la cantidad de veces que se den estos errores, llegando así a determinar que para que entre en el rango de seis sigma debe ser de 3 a 4 errores por cada millón de procesos repetidos, de piezas realizadas o de atenciones al cliente.

Seis Sigma es una forma más inteligente de dirigir un negocio o un departamento. Seis Sigma pone primero al cliente y usa hechos y datos para impulsar mejores resultados. Los esfuerzos de Seis Sigma se dirigen a tres áreas principales: Mejorar la satisfacción del cliente, reducir el tiempo del ciclo y Reducir los defectos (León, 2009, pág. 10).

De esta manera es que se busca cerrar la variabilidad de los datos para poder entrar dentro del rango del seis sigma, además de la productividad y calidad la empresa llega a ser productiva en su totalidad.

El costo beneficio es muy importante para la toma de decisión, de si el proyecto es viable a nivel de costos y si da beneficios a la entidad la cual este obteniendo dicho proyecto

Como podemos ver en la Ilustración 16, se denota la fórmula para el costo beneficio.

Ilustración 16

Formula relación costo beneficio.

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Benef. positivos} - \text{Benef. negativos} - \text{Gastos}}{\text{Inversión inicial}}$$

Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019.

Dependiendo del costo beneficio obtenido se acepta o se rechaza el proyecto:

- Si B/C < 1. Los ingresos son menores que los costos, no es aconsejable realizar el proyecto.
- Si B/C = 1. Los ingresos son iguales que los costos, es indiferentes realizar el proyecto.
- Si B/C > 1. Los ingresos son mayores que los costos, por lo tanto, es aconsejable realizar el proyecto.

De esta manera y con los datos obtenidos en Bridgestone de Costa Rica se realiza el análisis de costo benefició, cómo podemos ver en la tabla 1.

Tabla 1

Costo beneficio

Inversión inicial	920.000,00	Cambio de PLC
1	Maquina	KBN9
2	Ahorro anual	1257650
3	Beneficio negativo anual	500000
4	Gastos mantenimiento / otros	500000
5	Periodo en años	5
6	Tasa de interés	5%
7	Inversión inicial	212496,8143
8	R B/C	1,212488765

Nota: Esta tabla muestra cómo según la regla el proyecto si es viable para la empresa.

Debido a que el costo beneficio es mayor a 1, el proyecto si es viable para la empresa donde se realiza el mismo.

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES.

El estado del arte se describe los aportes realizados por otras personas y o instituciones con respecto al tema abarcado en este proyecto, o de igual manera, proyectos donde se busque la reducción de no conformidades que colaboren en la mejora del proceso productivo de alguna entidad.

Se realizó una investigación pertinente en la empresa donde se desarrolló el proyecto, en la cual se observa a un equipo de mantenimiento realizando mejoras mecánicas a las aplicadoras de filler con el fin de que las mismas tengan piezas nuevas y repuestos más accesibles en el mercado, pero con respecto a la mejora de productividad que se realiza en este proyecto se encuentran alrededor de 3 proyectos que se realizaron en Bridgestone de Costa Rica donde se busca dar una mejoría a esa misma productividad.

Se toma como ejemplo la tesis del señor (Ortiz Luis, 2015) análisis y mejoramiento de la productividad para el proceso de aros en las máquinas BPM en la empresa Bridgestone de costa rica donde Ortiz busca mejorar la productividad de las maquinas utilizando seis sigmas DMAIC, donde se propone estandarizar el proceso de todas las maquinas.

También se toma en cuenta la tesis de la señora (Rodríguez Janet, 2016) mejora de la productividad en la máquina kbn #9 del departamento de armado en Bridgestone de costa rica donde Rodríguez también busca la mejora de la productividad realizando mejoras con la metodología seis sigmas DMAIC donde se propone mejorar los tiempos de cada una de las partes del armado de la llanta buscando así aumentar la productividad de la máquina.

Además de las acotaciones realizadas a dos tesis formadas dentro de Bridgestone, también se toma en cuenta la tesis de la señora (Elizondo Mariela, 2017) la cual no fue realizada en Bridgestone, la cual indica aumento de la capacidad de producción de pan en la organización hermanos Elizondo, donde logra aumentar la capacidad de producción en un tercio de la situación inicial de la organización.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Las herramientas que se utilizaron para realizar este apartado son:

Se gestionó una reunión con el jefe de área del proyecto el cual comunica la necesidad de centrarse en las aplicadoras, esto debido a la variabilidad que hay en las mismas. Además, se obtiene datos de retrabajo, waste y scrap concernientes a la mejora que se busca implementar en el proyecto, estos datos se muestran con su debido histograma.

Según la enciclopedia moderna (2011) Histograma o también llamado distribución de frecuencia son graficas particularmente útiles para resumir grandes conjuntos de datos y asignar probabilidades.

Una vez obtenido los datos iniciales, se busca llegar al área requerida y buscar la maquina en cuestión, para así delimitar cada una de las no conformidades acá se realizó la descripción de la problemática para demarcar las no conformidades como, filler ancho, filler montado y unión de filler abierta.

Para entender el proceso se realizó el diagrama de flujo del proceso de la aplicadora de filler en el departamento de armado.

“EL Flujograma o Diagrama de Flujo, consiste en representar gráficamente hechos, situaciones, movimientos o relaciones de todo tipo, por medio de símbolos.” (Acosta, Arellano, 2009, pág. 4)

Además, se definieron las entradas y salidas del proceso, así como a los proveedores, clientes internos y requerimientos del Departamento de armado los cuales definen este último.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO.

En esta etapa del proyecto se busca realizar mediciones del proceso para buscar la mejora requerida se toma un muestreo durante aproximadamente dos semanas diferentes turnos y operadores, para asegurar la variabilidad de los datos donde:

“Una muestra es un subconjunto de una población”. (Walpole, Myers, Myers), (2012).

Durante este muestreo se obtuvieron datos, los cuales se representaron en forma de paretos con los cuales podemos identificar las causas nombradas.

- Unión de filler con oreja de perro.
- Unión de filler montada.
- Unión de filler abierta.

Además, con los paretos se logra identificar cuál de estas es más recurrente y cuanta cantidad se da conforme a lo que solicita el departamento y cual se da no conforme.

El diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas. (Stachu, 2009, pág. 4,5)

Con la cantidad de datos tomada en el muestreo realizado también se saca la normalidad de los datos, con esta misma sabemos cómo se deben de tratar los datos, si la distribución es normal se tratan de una manera y si la distribución es no normal se tratan de otra.

“Distribución normal: La distribución de una población es normal si el patrón de los puntos en la gráfica cuantilar normal está razonablemente cerca de una línea recta y los puntos no muestran un patrón sistemático diferente a un patrón lineal”. (Triola, 2018).

Distribución no normal: La distribución de la población no es normal si la gráfica cuantilar normal cumple una o dos de las siguientes condiciones:

- Los puntos no se encuentran razonablemente cerca de un patrón de línea recta.
- Los puntos muestran algún patrón sistemático diferente a un patrón de línea recta. (Triola, 2018, pág. 54).

Después de haber corrido la normalidad y saber que la misma es no normal se realiza un análisis del sistema de medición, con sus siglas en inglés (MSA), este análisis se realiza principalmente con la necesidad de saber si las mediciones que realizan los operadores de la maquina coinciden entre ellas.

Teniendo 3 diferentes mediciones lo que se busca es saber si lo que el sujeto A califica como conforme, así mismo el sujeto B y C también calificaran como conforme y en caso de que sea no conforme también tengan la capacidad de que cada uno de los sujetos obtenga la misma respuesta del proceso.

En el soporte de Minitab 19, 2019 se define como:

Análisis del sistema de medición (MSA) es un componente clave para establecer, mejorar y mantener sistemas de calidad. Si está trabajando en un proyecto Six Sigma o una certificación ISO-9000, un MSA le ayuda a identificar problemas con su sistema de medición y a determinar si puede confiar en los datos.

De esta manera se podrá decir que tan fidedigno es la medición de realizada por los sujetos entre sí y la medición de los sujetos contra el estándar de la compañía, que tan repetitivo y que tan reproducible es el proceso en la aplicación de filler en la ceja en el departamento de armado.

“Repetitividad: La repetitividad o variación del dispositivo de medición es observada cuando un mismo operador mide la misma pieza más de una vez. Cuando la diferencia entre las lecturas es pequeña, el sistema tiene buena repetitividad”. (Moráis, 2013).

“Reproducibilidad: La reproducibilidad se refiere a diferencias que pueden existir entre las medidas de diferentes operadores, en general resultado de procedimientos específicos adoptados por cada operador”. (Moráis, 2013).

Con la cantidad de Corridas de los sujetos entre ellos y la cantidad de corridas realizadas entre los sujetos y el estándar se puede decir que el análisis de medición del sistema es confiable y que las mediciones se dan de la manera correcta.

Además, este análisis de medición del proceso nos da otro dato importante, después de haber corrido la normalidad la cual dio no normal, debemos de saber qué tipo de distribución estamos

trabajando, es en este punto donde el análisis de medición del proceso nos indica que es una distribución kappa, y que los datos además de ser cuantitativos también son cualitativos.

“Los datos cuantitativos (o numéricos) consisten en números que representan conteos o mediciones.” (Triola, 2018)

“Los datos categóricos (o cualitativos o de atributo) consisten en nombres o etiquetas (no números que representan conteos o mediciones)” (Triola, 2018).

En el presente proyecto todos los datos han sido tomados de reportes brindados por la empresa, además del muestreo realizado por un grupo de trabajo para ver el comportamiento de los datos, lo que hace este estudio cuantitativo, pero de igual manera los datos son cualitativos porque la unión de filler en la ceja, la cual es el objeto de estudio, se califica con un pasa no pasa, con un conforme o un no conforme, dando esto a ser también un estudio de carácter cualitativo.

Por esa razón la distribución es Kappa, la cual ajusta la parte cualitativa con la parte cuantitativa, por decirlo de alguna manera es el acuerdo de ambas partes para llegar a lograr el objeto de estudio.

En esta investigación debido a que la distribución es kappa y los datos son también cualitativos se debe de hacer un análisis de capacidad de máquina, para saber si la misma, como dice la palabra es capaz de realizar el trabajo requerido, dicho análisis de capacidad en este caso es binomial debido a que los datos cualitativos son pasa no pasa.

En el soporte de Minitab 19, 2019 se define como:

La capacidad de un proceso se determina comparando la amplitud de la dispersión del proceso con la amplitud de la dispersión de especificación, lo que define la cantidad máxima de variación permitida de acuerdo con los requisitos del cliente. Cuando un proceso es capaz, la dispersión del proceso es menor que la dispersión de especificación.

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

Para la propuesta de mejora se lleva a cabo un grupo focal en la empresa, esto para que varios expertos en diferentes áreas hagan su aporte con respecto al conocimiento que cada uno de ellos tenga, por ejemplo, el jefe de área de armado dará sus aportes acerca de trabajos realizados en las aplicadoras anteriormente.

Un grupo focal es un método de investigación cualitativa en el que un pequeño grupo de personas proporciona opiniones y otra información sobre un producto o problema en particular [A *focus group* is a method of qualitative research in which a small group of people provides opinions and other information about a particular product or issue] (DZIAK, M. Focus group. Salem Press Encyclopedia, [s. l.], 2018)

Además, el jefe de área de Tubuladora podrá comentar acerca de los dos materiales que le pertenecen a su departamento de servicio como son el filler y los aros y estos conforman parte del objeto de estudio de este proyecto, la ceja.

Así mismo personal de mantenimiento, ingeniería de procesos e ingeniería técnica, harán sus aportes con respecto al tema, además del interesado del proyecto quien abarcara los datos que se obtuvieron en el momento de realizar el grupo focal.

Con la ayuda del mismo grupo focal se realiza un mapa de entradas y salidas al sistema o proceso, donde cada una de las cosas que se dijeron que podrían afectar el proceso se verá inmersos en este mapa como entradas y salidas.

Los gráficos de entrada-proceso-salida (IPO) ampliaron esta única faceta para incluir el flujo de datos que ofrece un enfoque de dos ejes, tres cuando se combinan con la identificación de las entidades que implementarían el comportamiento y la funcionalidad indicados. [Input-Process-output (IPO) charts expanded this single facet to include dataflow offering a two-axis approach, three when combined with identification of the entities that would implement the indicated functionally and behavior.] (Grady, 2009, pág. 100)

Después de haber indicado cuales son las entradas y salidas del sistema se enlistan y se llevan al siguiente paso que también con la ayuda focal se realiza.

Se trabajan los datos recolectados en una matriz de causa y efecto, método por el cual podemos ponderar cada uno de los datos que salieron del ipo map y darles valores del 1 a 10 para de acá sacar las variables clave del proceso, conocidas en inglés como KPIVs, key procees input variable, estas variables claves son las que más adelante darán cabida a las pruebas hipótesis.

El diagrama de causa-efecto o de Ishikawa es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas (Gutiérrez, 2013, pág. 147)

Después de haber filtrado los datos con la matriz de causa efecto, estos deben de correrse nuevamente en otra matriz, esta vez se también se verán reducidos las variables claves a su final y así podremos trabajarlas en el siguiente apartado como pruebas hipótesis.

La siguiente matriz que se utiliza es la de análisis de modo de falla y efecto por sus siglas en inglés FMEA failure mode analysis and effects, con la cual podemos identificar y reducir los posibles fallos del proceso ponderando nuevamente las variables claves obtenidas en la matriz de causa efecto, obteniendo así un nuevo filtro y de acá finalmente obtenemos las variables claves a trabajar en las pruebas hipótesis a realizar.

El análisis de modos y efectos de falla potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que estas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociadas a las mismas. (Rosales, 2009, pág. 5)

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

En esta etapa además de realizar las pruebas hipótesis, también se da la etapa de mejorar el proceso, acá se expondrá la solución de la mejora realizada, según la necesidad presentada por el departamento y la búsqueda de disminuir los datos de waste, scrap y retrabajo en el departamento, mismas definidas con anterioridad.

Tal y como menciona Walpole, 2012 “Una hipótesis estadística es una aseveración o conjetura respecto a una o más poblaciones” de acá la necesidad de realizar pruebas hipótesis, ya después de haber realizado la filtración de los datos con cada una de las herramientas del apartado anterior y

habiendo conseguido nuestras variables claves del proceso, se debe aplicar el uso de pruebas hipótesis para cada una de ellas.

Durante el proceso de la prueba hipótesis, lo que se necesita es descartar cuál de las variables claves se ven afectas entre sí y de allí realizar modificaciones para la mejora, pero si después de correr las pruebas hipótesis las variables claves no son significativas se descartan una a una, hasta llegar a la variable clave que la prueba hipótesis si de como significativa, dado por entendido que este es el punto a atacar o el punto en el cual se debe de realizar una mejora.

Los datos se expusieron al jefe de área del departamento, dándole así a conocer cada una de las pruebas hipótesis realizadas y por qué la necesidad de realizar las mismas. Se le da a conocer a mejora y de cómo se logró la misma, además de las personas que participaron para poder lograrla.

Además, se le expone un plan de seguimiento de este en el tiempo, para asegurar la valencia de los datos y que la mejora realizada ´perdure en el tiempo.

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

En esta etapa se le da un seguimiento a la mejora realizada en el tiempo, además de procurar realizar otro muestreo como el muestreo inicial, esto para asegurar los datos y realizar comparaciones del antes y después.

Después de haber realizado la mejora a la variable clave del proceso, según la prueba hipótesis requerida, se observa la mejoría que se dará a futuro en el proceso.

Se le presenta la mejora del proceso al grupo focal y se le informa al jefe de área la necesidad de imitar la mejora en las demás aplicadoras de filler del departamento.

Además del primer muestreo para comparar el antes y el después, se implementará en los chequeos de llanta verde la unión de la ceja, así para asegurar que se revise la misma antes de la colocación en la llanta, esta mejora será permanente en el tiempo y no hay caducidad de esta

Auditorías del estándar de cambio y ajuste de aplicadoras por medio del formato de paso a paso por parte de miembros del CFT y gerentes de manufactura para dar seguimiento a la realización de este tanto en pasos como en tiempo.

Auditorías de la ceja de la llanta durante los próximos 6 meses similares al estándar creado para el muestreo inicial, esto para incentivar y crear cultura en el personal de planta.

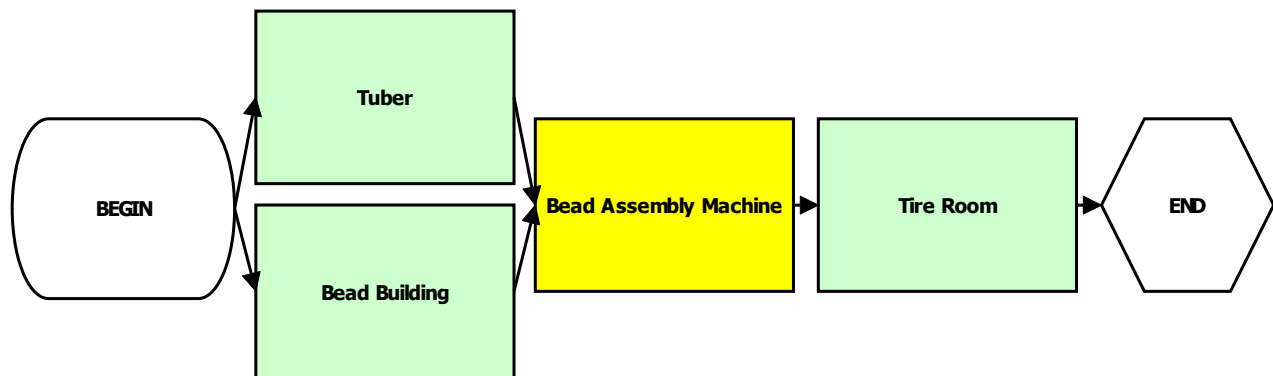
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 DEFINIR EL PROBLEMA Y LA SITUACIÓN ACTUAL

Se realiza un diagrama de flujo del proceso del hule y sus componentes y se demarca así el área donde se va a trabajar en la ilustración 17.

Ilustración 17

Diagrama de flujo



Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019

El proceso inicia con la recepción de materia prima en bodega, los materiales pasan al departamento de banbury para ser mezclados y formar el hule que es el componente esencial para las llantas, diferentes pigmentos, negro de humo, sílica, hules sintéticos y hules naturales con estos se conforma el hule de color negro que vemos día a día en los neumáticos de los automóviles, todos estos componentes entran en una recámara que los mezclan formándose así lo que se conoce como batch de hule, este batch se dirige a diferentes departamentos, donde se conforman otros componentes que se utilizan en el armado de la llanta, por ejemplo un batch de hule se utiliza en el departamento de steelastic acá se une el hule con el acero formando las capas estabilizadoras, en el departamento de calandra se hule el batch con las telas formando las capas textiles.

Mientras estos componentes se están realizando también varios batch de hule se transforman en el departamento de Tubuladora y aros, en rodados, paredes, filler y aros, componentes que llegan de igual manera a armado.

En armado los auxiliares llevan los componentes a las máquinas, en una máquina que trabaja ambas etapas pueden ocuparse muchos materiales distintos, para la primera etapa se ocupan, tela, sellante, paredes, filler y aros, de acá se saca la carcasa, carcasa que pasa a la segunda etapa para armar la llanta verde, acá en la segunda etapa se le coloca a la carcasa un paquete conformado por, rodados, capas estabilizadoras y spiral layer.

Ya lista la llanta verde se lleva a vulcanización donde se cocina en las prensas, de este proceso es donde sale la llanta lista como la conocemos, llega al departamento de inspección final donde se le realizan varias pruebas y chequeos antes de ser liberada para entrar a la bodega de producto terminado, donde espera ser lista para enviar a su centro de distribución Bridgestone.

Como podemos ver en la Ilustración 18, para el proceso de ensamblado de la caja, se utilizan máquinas de tipo neumático, las cuales tienen las siguientes características:

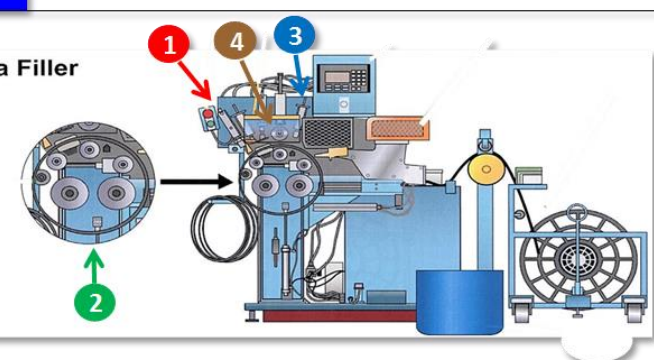
Ilustración 18

Aplicadora de filler

Aplicadora: Bridgestone de Costa Rica S.A. Fecha Vigente 28/08/2019

ESPECIFICACION DE PROCESO APLICADORAS FILLER

Aplicadora Filler



Distancia entre la apertura de poleas altura del de la máquina.	Cuadro 1	mm	1. Presión Cuchilla	40	± 5	psi
Ajuste de apertura entre rodillos guía conductora de los aros.	Cuadro 2		2. Presión Poleas	60	± 5	psi
Temperatura cuchilla corte de filler	295	± 5°C	3. Presión guía Filler	60	± 10	psi
Temperatura cuchilla separar aros	110	± 10°C	4. Presión Estichado Unión	50	± 10	psi

Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019

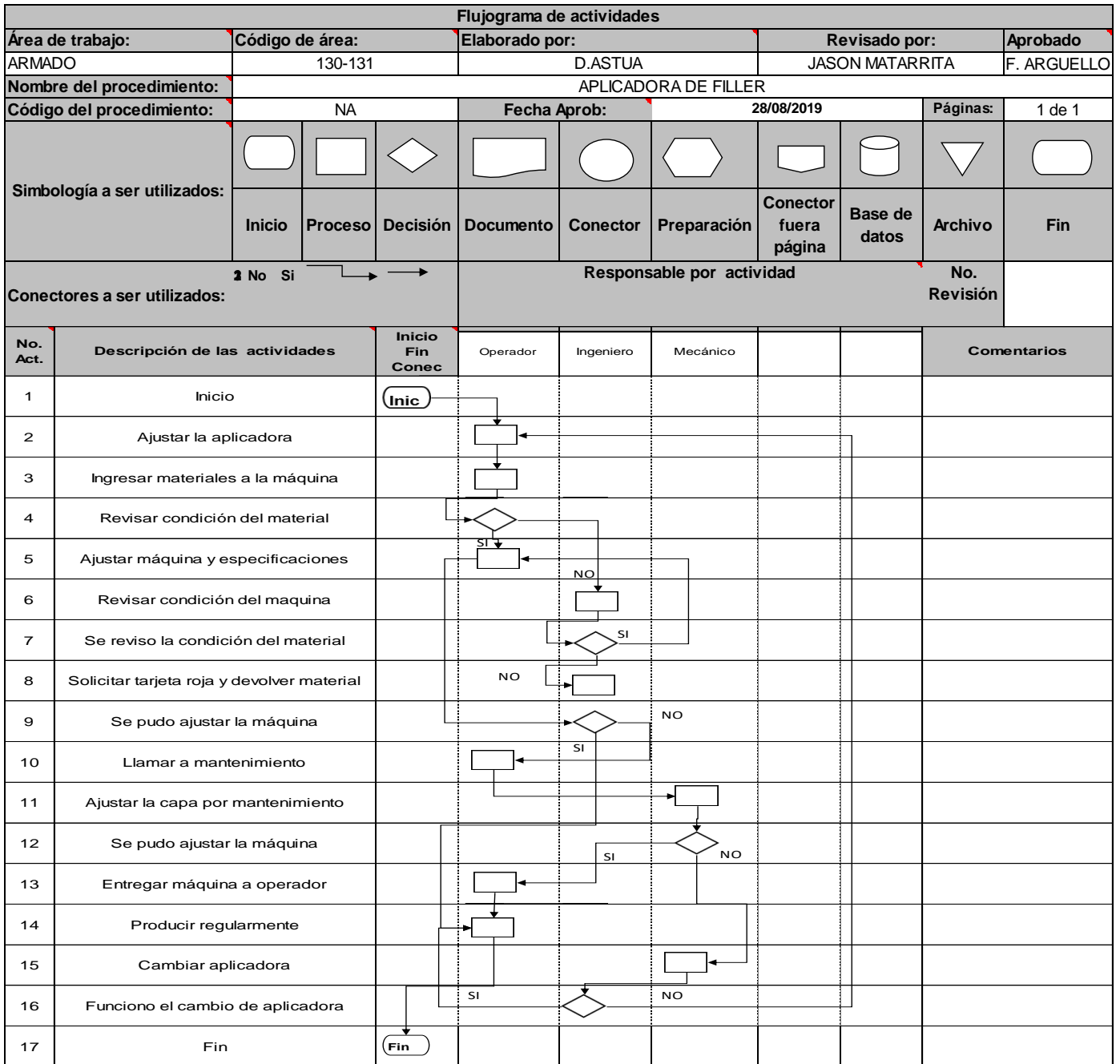
El proceso de ensamblado a nivel particular, actualmente se realiza en 2 turnos, y se lleva a cabo por 1 persona por máquina. El área cuenta con 60 máquinas, aproximadamente, los turnos operan en un 100% de capacidad, y adicionalmente, se cuenta con personal auxiliar para el traslado de materia prima hacia las máquinas y 2 supervisores.

Se destaca que se cuenta con personal de apoyo como ingenieros de calidad, ingenieros de proceso, ingenieros técnicos disponibles para atender situaciones emergentes durante la operación continua.

El proceso detallado de operación en las maquinas aplicadoras de filler, se muestra a continuación en la ilustración 19.

Ilustración 19

Flujo del proceso.



Nota: Tomado de Origen propio 2019.

La ilustración anterior, que muestra el flujo del proceso en detalle, permite destacar los principales momentos donde se registra waste, scrap y retrabajos, los mismos están resaltados con la línea de color rojo.

Tal y como se describió en el capítulo 1, la problemática se analizó utilizando herramientas de Medición y Análisis pertenecientes a la metodología DMAIC, las cuales se detallan a continuación.

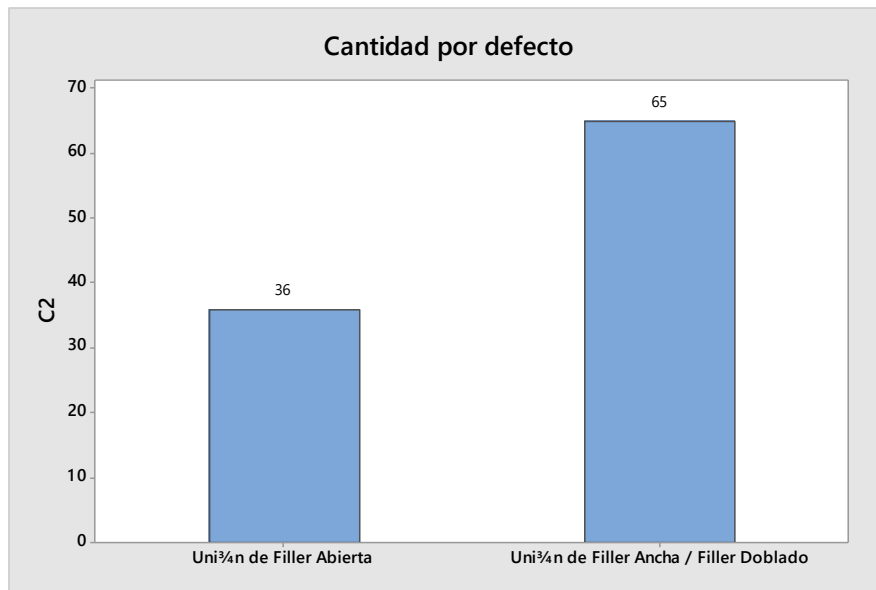
SECCION 4.2 MEDICIÓN DE LOS DATOS

Con respecto a los datos tomados en el departamento de armado se grafica la cantidad de llantas scrap debido a estas no conformidades encontradas en los meses en cuestión.

Como podemos ver en la Ilustración 20, se nombran las no conformidades que generaron directamente scrap.

Ilustración 20

Cantidad de llantas scrap por defecto

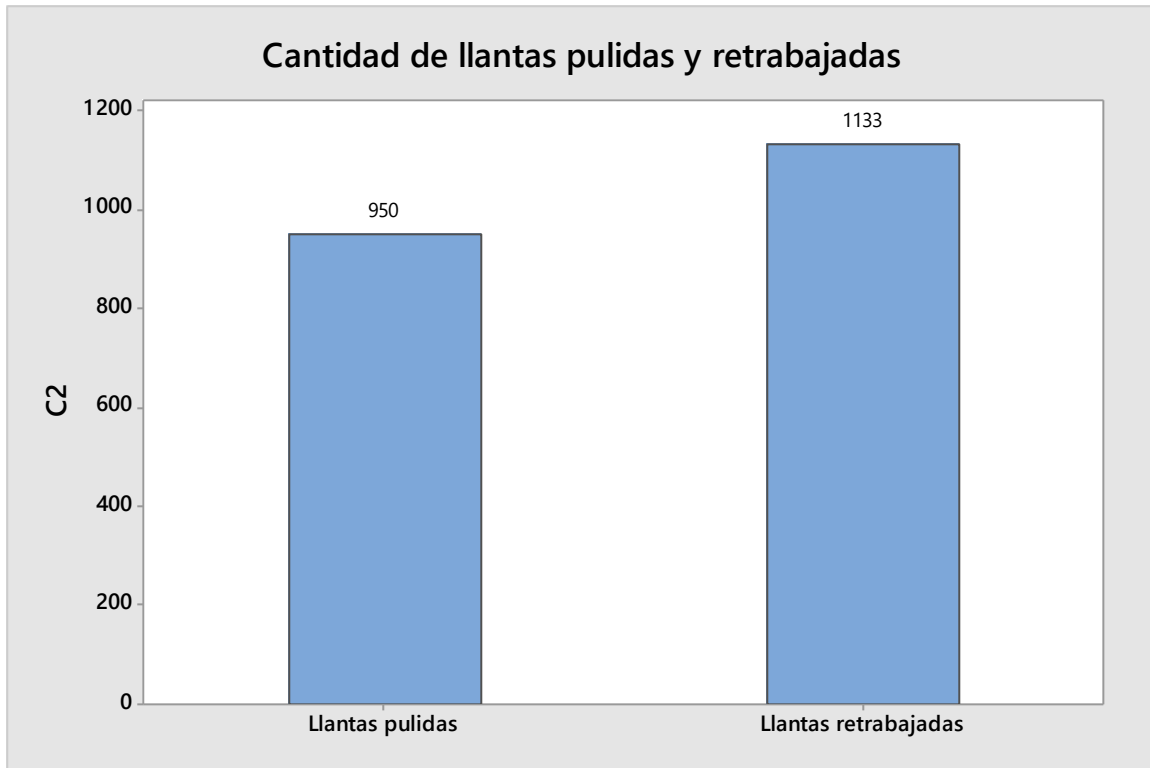


Nota: Tomado de origen propio, 2019

Como podemos ver en la Ilustración 21, En los meses anteriores después de sacar los datos, se puede notar la manera en que se comportan y de 101 datos scrap o defectuosos tenemos 36 por unión de filler abierta y 65 por unión de filler ancho o doblado.

Ilustración 21

Cantidad de llantas pulidas y retrabajadas



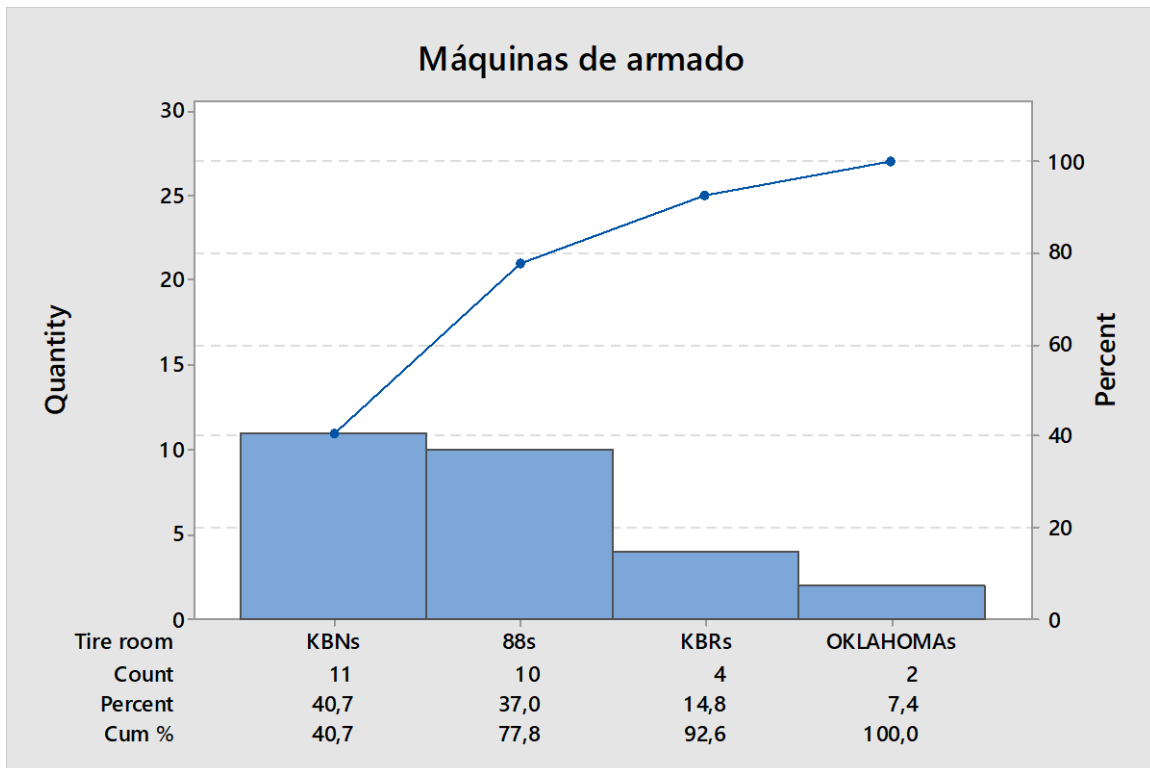
Nota: Tomado de origen propio 2019.

De un recuento de más de 16000 llantas las cuales tuvieron algún tipo de retrabajo por diferentes no conformidades se registran 1133 las cuales se tuvieron que retrabajar directamente por las no conformidades de "Oreja de perro", "Unión abierta" y "Unión montada", cabe recalcar que de las mismas 16000 llantas se tuvieron que pulir en estos meses la cantidad de 950 llantas, de esta manera se puede apreciar cómo afecta directamente a la planta una de estas no conformidades.

Como podemos ver en la Ilustración 22, ya delimitado el problema y con la evidencia requerida se realiza un Pareto para delimitar las maquinas del departamento de armado con mayor ocurrencia.

Ilustración 22

Cantidad de máquinas de armado



Nota: Tomado de origen propio 2019

La mayor cantidad de máquinas afectadas son las conocidas como KBNs.

La máquina conocida como KBN es una maquina unistage, donde se produce tanto la primera etapa como la segunda etapa en la misma, no se tienen que esperar carcasas para poder realizar la llanta verde, además las llantas de alto rendimiento que la empresa está empezando a producir se realizan en estas máquinas, de acá se parte el hecho de estas máquinas deben de mejorar en su proceso y en los componentes que pasan por las mismas para conformar las llantas.

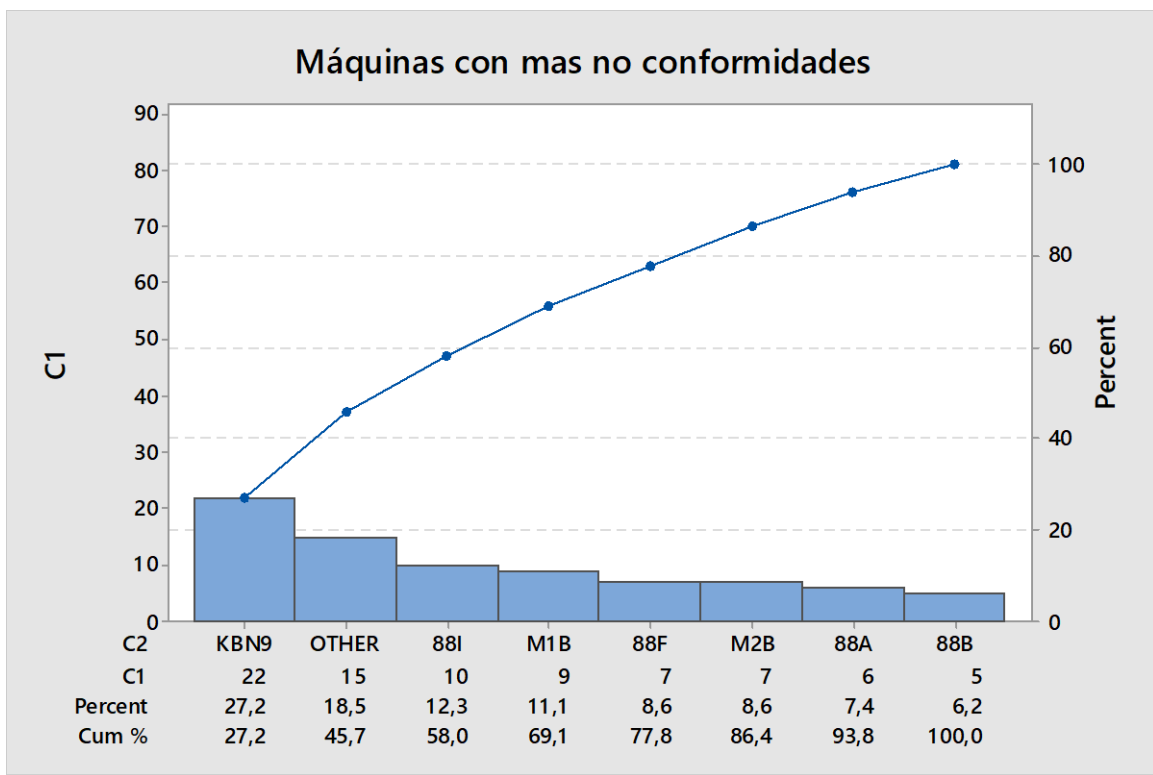
En base a que las maquinas a trabajar deben de ser las KBNs esto debido a su prioridad versus la producción de llantas y que son el tipo de maquina cuya cantidad es mayor, se saca también un Pareto con respecto a la cantidad de no conformidades que se presentan por máquina, validando así el

hecho de empezar a trabajar en las KBNs, este Pareto nos indica la maquina como tal, en la cual se basa el proyecto.

Como podemos ver en la Ilustración 23, de las maquinas con mas no conformidades la KBN9 es la más recurrente.

Ilustración 23

Máquina con mayor cantidad de no conformidades



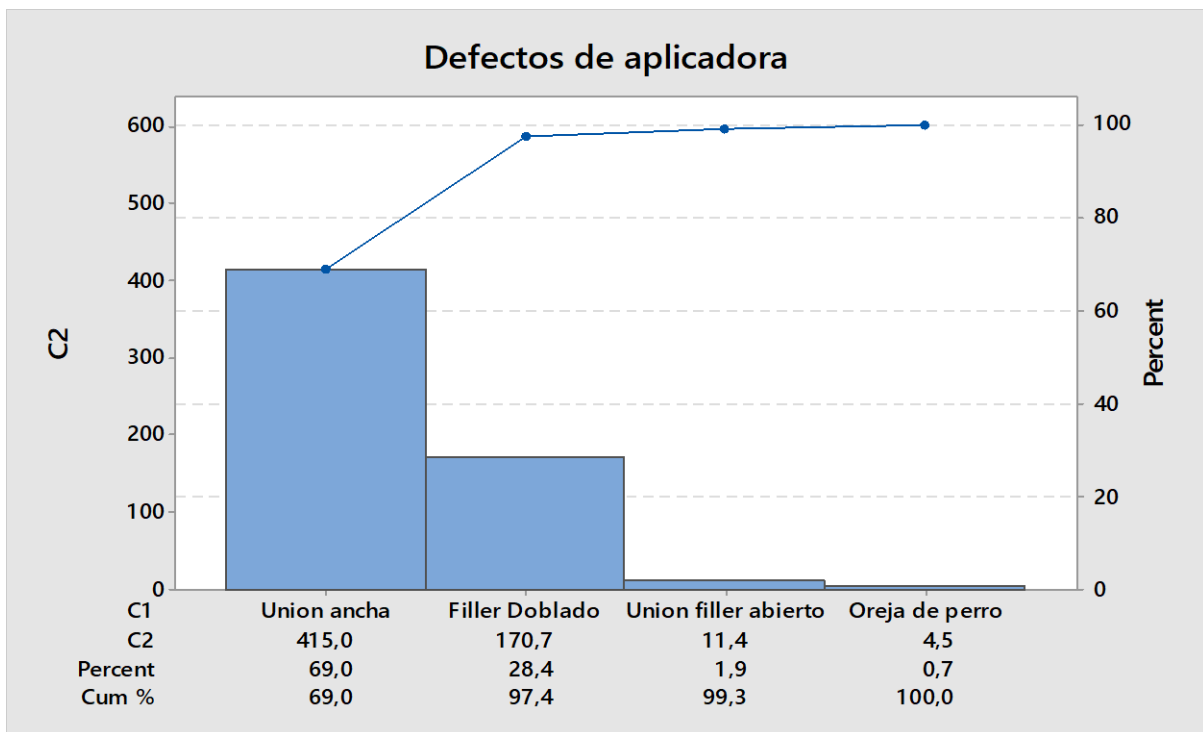
Nota: Tomado de origen propio

De los datos obtenidos en los meses en cuestión se sacaron la cantidad de no conformidades, de las cuales los datos arrojan que la maquina en donde más se repite esta no conformidad es la KBN9, maquina donde se va a realizar el estudio.

Como podemos ver en la Ilustración 23, dado un muestreo que se realizó en la maquina se puede observar la cantidad de no conformidades que se da en la aplicadora de la maquina a trabajar, en la KBN9 solamente la unión ancha asciende a más de 400 y filler doblado con más de 150 no conformidades, también se puede observar la cantidad de no conformidades de los otros atributos.

Ilustración 24

Cantidad defectos en aplicadora



Nota: Tomado de origen propio 2019.

Según datos estadísticos proporcionados por la empresa la cantidad de no conformidades asciende a más de 400, de aquí la prioridad de trabajar en esta oportunidad que tiene el proceso.

Toma de datos

Tomando como punto de partida el hecho de que debemos de enfocarnos en las KBNs, en especial en la KBN9 debemos de delimitar el trabajo a realizar, de esta manera se busca de cuánto debe de ser el tamaño de la muestra a utilizar en el proyecto.

Como podemos ver en la Ilustración 25, esta es la formula utilizada para sacar el tamaño de la muestra necesario.

Ilustración 25

Formula del tamaño de la muestra.

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019

Sacando que la producción es de 150 llantas por turno y la maquina trabaja en operación continua mes a mes son 9000 llantas producidas, con un nivel de heterogeneidad del 50 por ciento y con un nivel de confianza del 95 por ciento, además de margen de error de 5, el tamaño de la muestra para el estudio debe de ser de 369, sin embargo

Toma de muestras

El grupo encargado de tomar la muestra fueron varios ingenieros de calidad calificados para poder realizar la tarea y que no fuera siempre la misma persona quien realizara el muestreo, además el operador no era siempre el mismo debido a que la empresa como se ha mostrado con anterioridad trabaja en diferentes turnos, además el código de la medida que se está trabajando no es el mismo, asegurando así el muestreo realizado.

Como podemos ver en la Ilustración 26, para el proyecto se diseñó el siguiente formulario con el cual las personas involucradas podrán realizar el chequeo en maquina (KBN9), se debe de recordar


que tanto ingenieros de calidad como supervisores realizaron la toma de la muestra, en la misma se adjunta una ayuda visual de cómo debe ser la unión de filler.


Ilustración 26


Ficha de muestreo


KBN 9		ESTADO		OK	1	CONDICION	UNION ANCHA O MONTADA
DIA				NC	0		UNION ABIERTA
CUADRILLA							OREJA DE PERRO
TURNNO							
OPERADOR							
MUESTRAS	INTERNO		EXTERNO				
	ESTADO	CONDICION	ESTADO	CONDICION			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Calidad, ver que la unión no haya quedado montada (ancha), abierta, o con oreja de perro. Que la cuchilla esté cortando lo más uniforme posible.

Unión Ancha 

Unión Abierta 

Oreja de Perro 

Corte Uniforme 

Fuente: Bridgestone Costa Rica, 2019

Las muestras se tomaron todos los días, tanto en turno diurno como en el turno nocturno, además se toman en diferentes horas del día, mañana, tarde y noche, en esta última también se separa en la primera parte de la noche de 6pm a 12 media noche y de madrugada de 12 media noche hasta las 6 de la mañana.

Se aclara además que actualmente se cuenta con una práctica estándar corporativa, sin necesariamente contar con ayudas visuales o apoyos adicionales para realizar chequeos en los componentes estudiados en el proyecto.

Como podemos ver en la Ilustración 27, se muestra la practica estándar.

Ilustración 27

Practica estándar corporativa

4. Filler	
a. Flare Angle (See Figure 4)	
1) PSR	$\pm 5^\circ$
2) LTR	$\pm 5^\circ$
b. Splice	
1) LTR	
a) Extruded bead filler	Butt ± 0.06 (1.6)
b) Bevel	$45^\circ \pm 10^\circ$
2) PSR	
a) Base of bead	Butt
b) Top 0.5 in. (12.7 mm) of filler lap MAX	0.25 (6.4)
c) Maximum Offset on PSR Bead Wire	0.030 (0.76)
3) ORR	± 0.13 (3.1)
4) ORS	± 0.13 (3.1)

Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019

La práctica estándar indica que la unión debe ser a tope, no debe ser abierta o oreja de perro, y en caso de ser montada se puede dar un máximo de 12.7mm.

El muestreo se debe de llenar con los datos como se muestra a continuación, una misma ceja ya formada puede tener una o varias no conformidades en cuestión donde se van a trabajar de la siguiente manera:

- A: Unión de filler abierta.
- M: unión de filler montada.
- OP: Oreja de perro.

Como podemos ver en la Ilustración 28, de esta manera queda realizado una toma de muestreo.

Ilustración 28

Ejemplo de toma de muestreo

KBN 9				
DIA	17/02/2019			
CUADRILLA	C			
TURNO	I			
OPERADOR	ANGEL CHAVEZ			
MUESTRAS	INTERNO		EXTERNO	
	ESTADO	CONDICION	ESTADO	CONDICION
1	0	A	0	M
2	0	M	0	M
3	0	M	0	M
4	0	A	0	M
5	0	M	0	M
6	0	M	0	M
7	0	M	0	M
8	0	A	0	M
9	0	A	0	M
10	0	M	0	M
11	0	A	0	M
12	0	M	0	M
13	0	A	0	OP
14	0	M-A	0	M-OP
15	0	M-A	0	M-OP
16	0	M-A	0	M
17	0	M-A	0	M
18	0	M-A	0	M-OP
19	0	M-A	0	M
20	0	M-A	0	M

Nota: Tomado de origen propio 2019.

Con la realización del muestreo, se realizan diferentes análisis para la toma de decisiones.

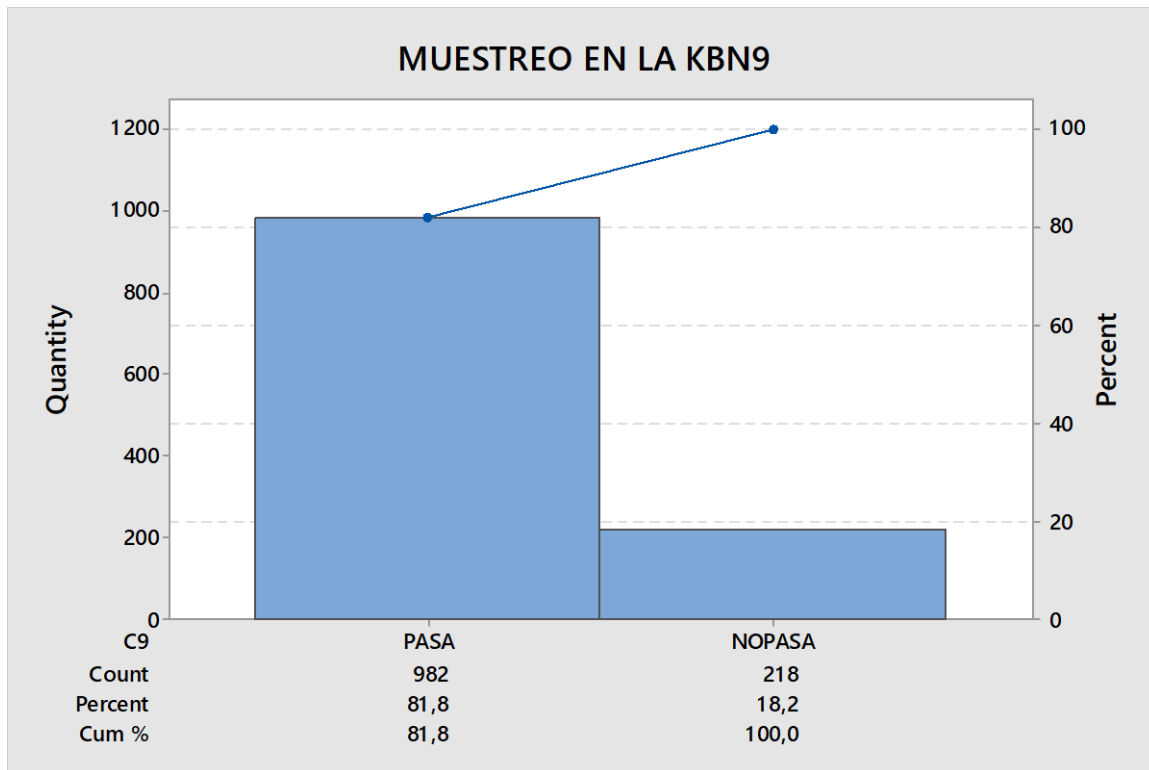
Principales hallazgos

La calificación que se le da a la ceja no conforme es igual a 0 y la ceja que si se encuentra conforme se le coloca un 1, además del 0 para las cejas con el filler colocado incorrectamente se le debe colocar la abreviación de la situación que presenta la misma.

Como podemos ver en la Ilustración 29, datos arrojados por muestreo en la maquina KBN9.

Ilustración 29

Muestreo en maquina



Nota: Tomado de origen propio 2019.

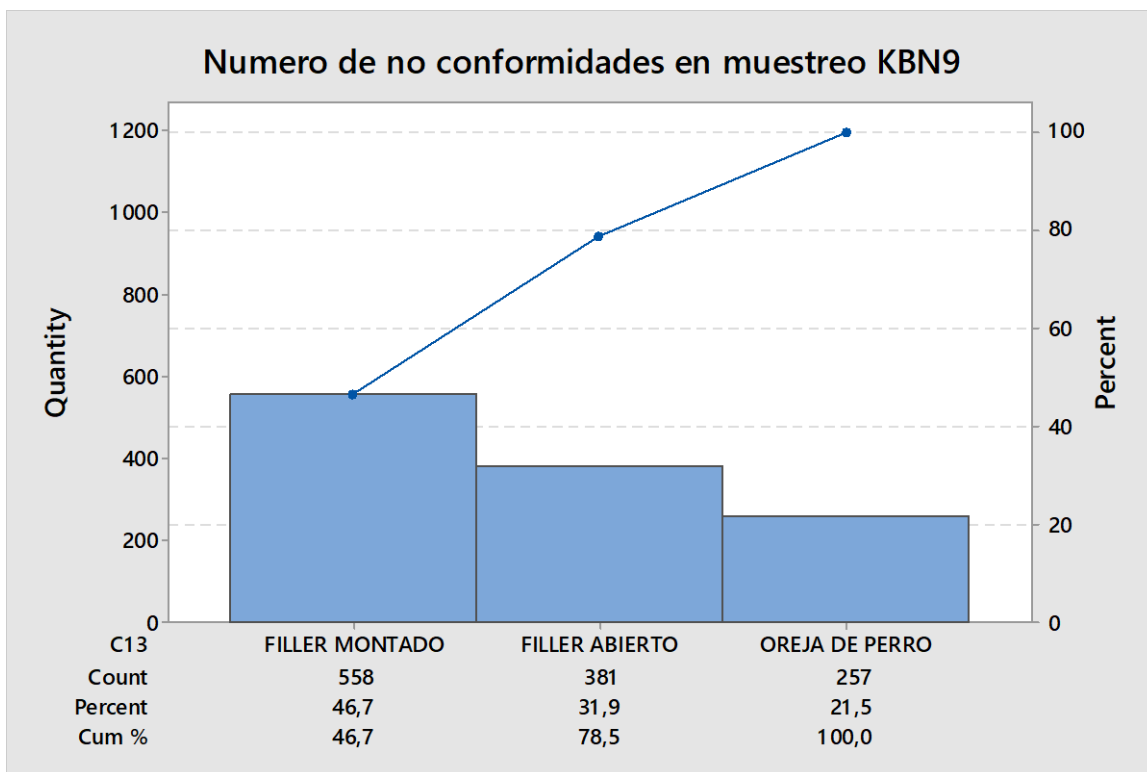
Después de realizar 1200 muestreos para asegurarse así que la muestra sea confiable, se arrojan los siguientes datos 982 datos los cuales no pasan y 218 que, si son conformes o pasan, además como se muestra a continuación se puede observar la distribución de estas 1200 muestras según su tipo de no conformidad.

En la siguiente grafica se puede mostrar después del muestreo realizado en la KBN9 que además de las no conformidades ser pasa o no pasa, se toman los datos de las no pasa y se realiza otro Pareto para diferenciar en estos las no conformidades.

Como podemos ver en la Ilustración 30, distribución de no conformidades según su tipo en el muestreo realizado.

Ilustración 30

No conformidades en muestreo



Nota: Tomado de origen propio 2019.

En la ilustración anterior se pudo observar como las no pasa se distribuyeron en más de 500 montadas, casi 400 con unión abierta y 250 con oreja de perro.

Se realizó un MSA para determinar si las mediciones realizadas por los 3 operadores de la KBN9 son mediciones correctas debido al sistema en que trabaja la planta.

Como podemos ver en la Ilustración 31, en el análisis de sistema de medición se observarán los datos de repetibilidad y reproducibilidad entre operarios de la misma máquina.

Ilustración 31

Datos para el MSA

MSA					
1	α	ALFA	9	ι	LOTA
2	β	BETA	10	κ	KAPPA
3	γ	GAMMA	11	λ	LAMBDA
4	δ	DELTA	12	μ	MI
5	ϵ	EPSILON	13	ν	NI
6	ζ	DSEDA	14	ξ	XI
7	η	ETA	15	\omicron	OMICRON
8	θ	ZETA			

Nota: Tomado de origen propio 2019.

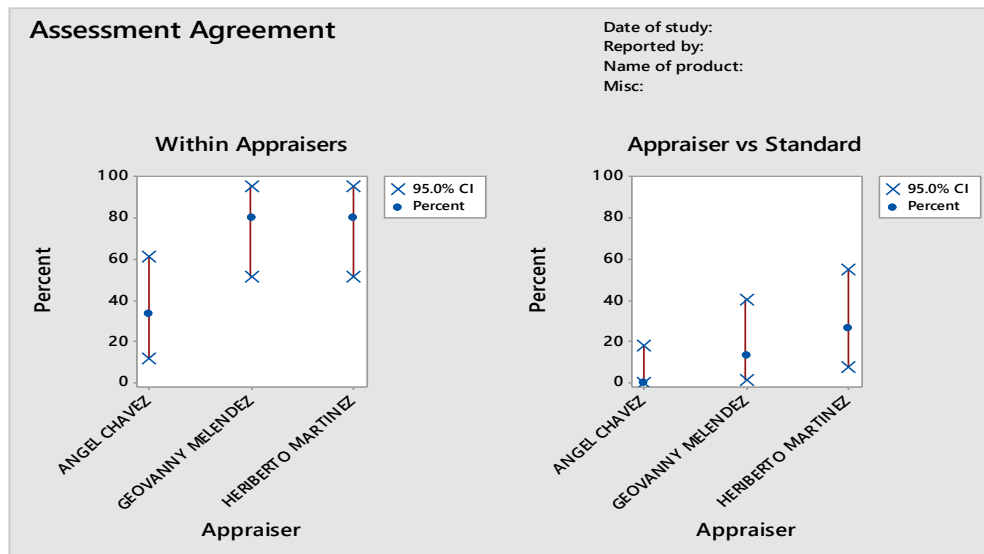
Los datos serán procesados en la herramienta minitab.

Se toman 15 cejas ya armadas con diferentes no conformidades y se les coloca letras griegas para reconocer en una matriz cual defecto tiene cada una, las mismas se les muestra a los operadores y de acá se sacan los siguientes datos.

Como podemos ver en la Ilustración 32, la repetibilidad y la reproducibilidad se calcula entre operarios y entre operarios versus el estándar de la empresa.

Ilustración 32

MSA



Nota: Tomado de origen Propio 2019.

Los operadores que están en el estudio son, Angel Chavez, Geovanny Melendez y Heriberto Martínez, todos operadores de la KBN9 que es donde se realizó el mismo.

Como podemos ver en la Ilustración 33, los datos del MSA, se leen en nivel de KAPPA ya que los datos son además de cuantitativos, también son cualitativos.

Ilustración 33

Resultados del MSA

All Appraisers vs Standard				
Assessment Agreement				
# Inspected	# Matched	Percent	95% CI	
15	0	0.00	(0.00, 18.10)	
# Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.				
Fleiss' Kappa Statistics				
Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
A	*	*	*	*
A-OP	0.137931	0.105409	1.30853	0.0953
A	0.137931	0.105409	1.30853	0.0953
M	-0.243116	0.105409	-2.30640	0.9895
M-A	-0.012857	0.105409	-0.12197	0.5485
M-A-OP	*	*	*	*
M-A	*	*	*	*
M-OP	0.029793	0.105409	0.28264	0.3887
OK	0.314661	0.105409	2.98514	0.0014
OP	0.162257	0.105409	1.53931	0.0619
OP-M	0.059829	0.105409	0.56759	0.2852
OP	-0.040640	0.105409	-0.38555	0.6501
Overall	0.054338	0.042455	1.27987	0.1003

Nota: Tomado de origen propio 2019.

De la ilustración 34 podemos reconocer que en un total el dato generado por el análisis es de 0.054. Cómo se puede observar en la Ilustración 35, se adjunta las calificaciones para entender capa según el nivel de confiabilidad de la prueba.

Ilustración 34

Interpretación de Kappa.

Interpretation of Kappa						
	Poor	Slight	Fair	Moderate	Substantial	Almost perfect
Kappa	0.0	.20	.40	.60	.80	1.0
<u>Kappa</u>	<u>Agreement</u>					
< 0	Less than chance agreement					
0.01–0.20	Slight agreement					
0.21– 0.40	Fair agreement					
0.41–0.60	Moderate agreement					
0.61–0.80	Substantial agreement					
0.81–0.99	Almost perfect agreement					

Nota: Tomado de origen propio 2019.

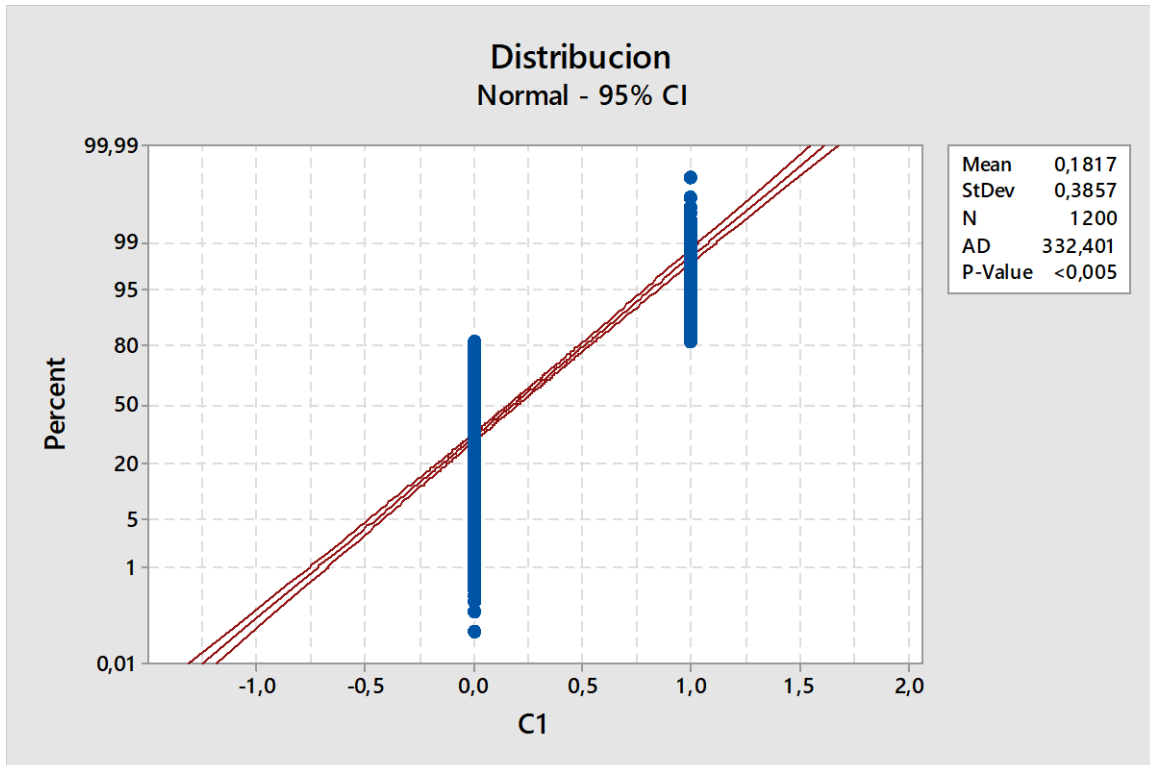
El MSA se realizó entre 3 operadores, los cuales están certificados en la máquina, además se el estudio entre operadores se da también entre cuadrillas debido a que cada uno de ellos trabaja en distinta cuadrilla, los datos del MSA indican que la distribución es Kappa del 0.5 % lo cual se interpreta que el MSA fue exitoso y las mediciones realizadas por cada uno de los operadores se encuentra dentro de un rango moderado.

Validando los datos observados en el MSA se realizó un gráfico para comprobar que efectivamente la distribución no es normal, utilizando los datos obtenidos en el muestreo se corre la normalidad y se puede observar que el P valué es menor que 0.005, concordando así con el estudio de MSA, la distribución de este estudio es no normal, por ende, se utiliza la distribución Kappa, por ser pasa o no pasa.

Como podemos ver en la Ilustración 35, el tipo de distribución no es normal, por eso motivo se trabajó con una distribución KAPPA.

Ilustración 35

Distribución normal.



Nota: Tomado de origen propio 2019.

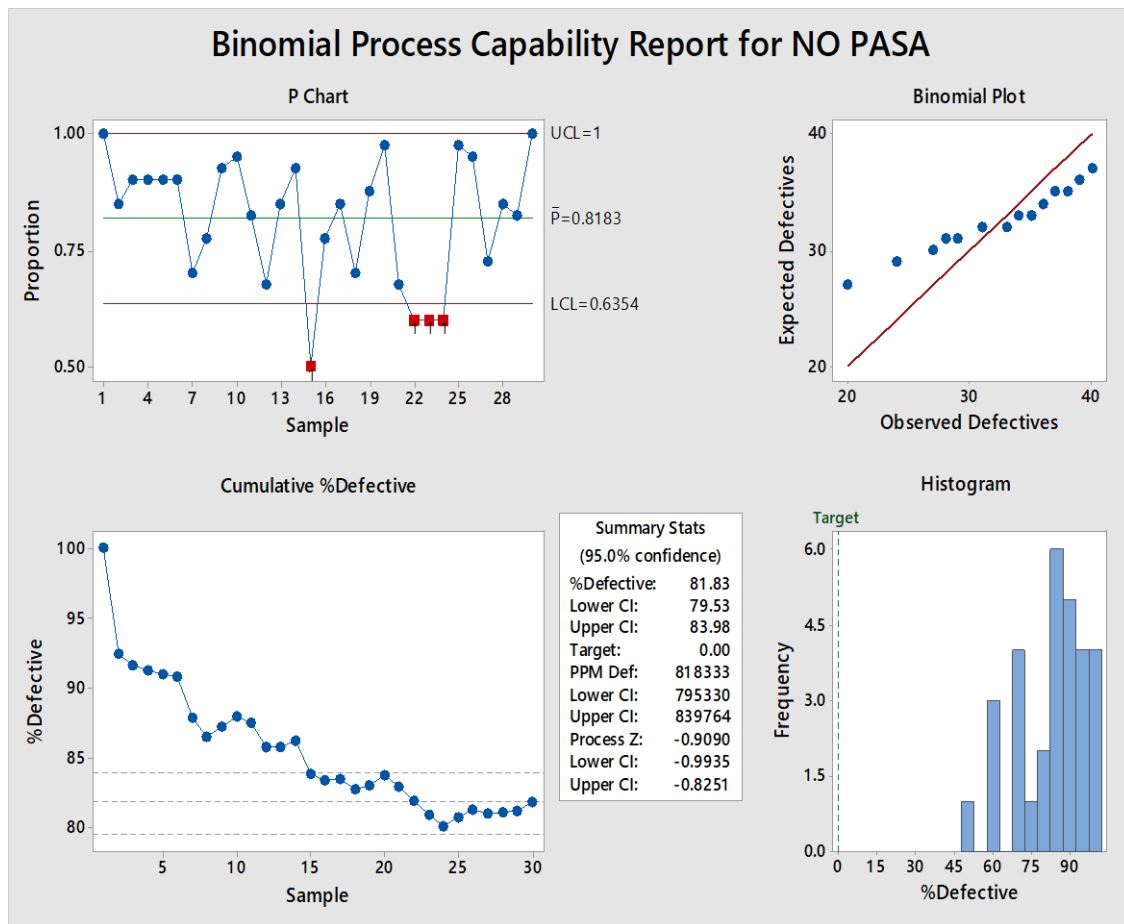
Partiendo del hecho que el proceso no es normal, además se conoce que es una distribución Kappa por ser un proceso donde el resultado está definido por un pasa, no pasa, un análisis de capacidad de la maquina por ende debe hacerse binomial, corriendo los datos del muestreo esta vez divididos en turno diurno y turno nocturno, se mezclan con los resultados de conformes y no conformes y obtenemos los siguientes datos.

Ya que la distribución no es normal, se debe de correr un análisis de capacidad según se necesite y en este caso se corrió un análisis de capacidad porque los datos se trabajaron de manera pasa o no pasa.

Como se puede observar en la Ilustración 36, el análisis de capacidad de proceso se corrió binomial, ya que la distribución no es normal.

Ilustración 36

Análisis de capacidad.



Nota: Tomado de origen propio 2019.

El proceso analizado es capaz en un 81.83 por ciento de producir con respecto a los requisitos del cliente, en este caso el mismo departamento de armado, no obstante, cabe resaltar que la cantidad de

partes por millón está en 818333, lo cual, si es bastante alto, de igual manera se procurara que entre las mejoras, mejorando el proceso se pueda reducir las partes por millón considerablemente.

4.3 ANÁLISIS DEL PROCESO

Análisis de datos de la muestra en grupo focal

Para el análisis de los datos, se conformó un grupo grupal compuesto por integrantes de la empresa, el cual tuvo 5 sesiones de trabajo, donde se realizaron cuatro actividades que permitieron orientar el análisis de los resultados y posibles propuestas de mejora.

Las personas involucradas en el grupo focal con sus respectivos puestos en la empresa son:

- Geison Murillo, Entrenador de desarrollo organizacional.
- Carlos Marin, Ingeniero Industrial.
- Carlos Arrieta, jefe de mecánicos.
- John Paniagua, Ingeniero de mejora continua.
- Dennis Barquero, jefe de área de Tubuladora.
- Cesar Ramirez, jefe de área de Armado.

En el mapa de entradas y salidas del proceso se determina cuáles son variables controlables y cuales son variables incontrolables, además de tener especialistas de cada una de las áreas involucradas en el proceso, se determina cada una de las entradas que afectan directamente el proceso de unión de filler en la ceja, como podemos ver en la Ilustración 37.

Ilustración 37

Aplicadora de filler

IPO Map			
INPUTS	TYPE	PROCESS	OUTPUT
Filler standing time	C	extruder	Feeding the bead assembly machine
Rubber type	C-S		
Hardness	C-S		
Viscosity	C-S		
Operator	U		
Filler code	C-S		
Filler width	C-S		
Filler shape	C-S		
Double extruded filler	C-S		
Wound filler	C-S		
Transport number of meters	C		
Filler transport	U		
Bloomed filler	C		
Tuber settings	C-S		
Die	C		
Tuber parametres	C-S		
Ring form	C-S		
Ring diameter	C-S		
Ring ovality	C-S		
Adhesion tape in the ring	C-S		
Bead assembly machine type	C	Bead assembly machine	Feeding tire room machine
Bead assembly machine operator	U		
Blade temperature	C		
Bead assembly machine parameters	C-S		
PLC secuency	C		
Blade angle	C-S		
Cutting blade	U		
Filler transport car	C		
Tooling	C		
Rollers	C		
Operators settings	C		
Felts pads	C		
Presses pressures	C		
Pistons pressures	C		
Aligment	C		
Bead assembly machine sensors	C		
Separating blade rings	C		
Speed	C		
Kind of blade	C		
Blade edge	C		
Felts pads pistons	C		
Operator training	C		
Bead storage	C	Tire room machine	Cure
Beadsetters speed	C		
restrictions	U		
Baedsetters expansions	C		

Nota: Tomado de origen propio 2019.

Cada uno de los datos que se colocaron como entradas, se asignaron con sus respectivas salidas y variables, para ser trabajadas con un causa y efecto.

Se realiza una matriz de causa y efecto para ponderar las causas más importantes con respecto a la cantidad en que influyen en el proceso, la misma se realizó también con el soporte del grupo focal descrito anteriormente, arrojando entre los principales datos

- Secuencia del PLC
- Tipo de Aplicadora
- Presiones de pistones
- Angulo de cuchilla
- Filo de cuchilla
- Temperatura de cuchilla.

Como podemos ver en la Ilustración 38, causa y efecto realizado en conjunto con el focus group dando calificaciones a los datos del mapa de entradas y salidas y a todas sus variables, tanto controlables como incontrolables.

Ilustración 38

Diagrama de causa y efecto

Cause & Effect Matrix Template								
Relative Importance (10 is high (good) 1 is low)			10	5	7	8	10	Total
Step / Item #	Process Step	Process Inputs	rate 1,3,9	9 high influence (good), blank is no influence				
		Customer Requirements	Open Splice	Offset(DogEar)	Overlap Splice	Uniformity Issues	Scrap Issues	
25	Bead assembly machine	PLC secuency	9	9	9	3	3	252
21	Bead assembly machine	Bead assembly machine type	9	3	9	3	3	222
34	Bead assembly machine	Pistons pressures	9	3	9	3	3	222
39	Bead assembly machine	Kind of blade	9	3	9	3	3	222
40	Bead assembly machine	Blade edge	9	3	9	3	3	222
26	Bead assembly machine	Blade angle	9	1	9	3	3	212
23	Bead assembly machine	Blade temperature	9		3	1	3	149
9	Extruder	Dual extruder filler	3	9	3			96
38	Bead assembly machine	Speed	3	9	3			96

Nota: Tomado de origen propio 2019.

Del causa y efecto se obtienen 7 pasos del proceso claves, que podrían llegar a ser las posibles soluciones del problema.

Como se puede observar en la ilustración 39, nuevamente con la colaboración del focus group se toman las causas de la causa efecto y se ponderan en el análisis de riesgos y así se reduce las posibles causas que se ven directamente inmersas en el problema.

Ilustración 39

Análisis de riesgos.

Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S e v e r e	P o t e n t i a l C a u s e s	C o n t r o l s	C u r r e n t C o n t r o l s	D e t e c t i v e	R e p a r a b l e
What is the process step ?	What is the Key Process Input?	In what ways does the Key Input go wrong?	What is the impact on the Key Output Variables (Customer Requirements) or internal requirements?	How Severe is the effect to the customer?	What causes the Key Input to go wrong?	How often does cause or FM occur?	What are the existing controls and procedures (inspection and test) that prevent either the cause or the Failure Mode? Should include an SOP number.	How well can you detect cause of FM?	RPN
Bead assembly machine	Bead assembly machine type	THE MACHINE DONT HAVE CAPACITY WITH ALL FILLER AND RINGS, DIFFERENT KINDS OF TOOLING PER MACHINE	NO CONFORMITY BEAD ASSEMBLY, OPEN SPLICE, OFFSET SPLICE(DOG EAR) AND OVERLAP SPLICE	8	DIFFERENT SETTINGS TECHNOLOGIES TOOLING AND THEIR RESPECTIVE PARTS PLACEMENT	8	AFTER THE QA LIBERATION THE MACHINES DONT HAVE CONTROLS IN THE PROCESS	7	448
Bead assembly machine	Blade edge	WRONG KNIVES CUT	NO CONFORMITY BEAD ASSEMBLY, OPEN SPLICE, OFFSET SPLICE(DOG EAR), OVERLAP SPLICE AND SCRAP	9	SETTINGS, ALIGNMENT, STANDARD (LACK OF KNOWLEDGE)	5	NO CONTROL	8	360
Bead assembly machine	Pistons pressures	PISTONS EXCEED PRESSURE AND RING DEFORMATION	NO CONFORMITY BEAD ASSEMBLY, OPEN SPLICE, OFFSET SPLICE(DOG EAR) AND OVERLAP SPLICE	7	PRESSURE SETTINGS	6	NO CONTROL	7	294
Bead assembly machine	PLC secuency	LOSE THE CYCLE, DIFERENTS OR INNECESARY STEPS, TIMES AND SPEED FROM CYCLE	NO CONFORMITY BEAD ASSEMBLY, OPEN SPLICE, OFFSET SPLICE(DOG EAR) AND OVERLAP SPLICE	7	DISCLAIMER OF PROGRAM BAD PROGRAMMING BY TY PE OF FILLER OR RING , THE FOOTSTEPS AND CYCLE TIMES	6	THEY HAVE CONTROLS BUT NEED STANDARIZED	5	210
Bead assembly machine	Blade angle	WRONG KNIVES CUT	NO CONFORMITY BEAD ASSEMBLY, OPEN SPLICE, OFFSET SPLICE(DOG EAR)	7	SETTINGS, ALIGNMENT, STANDARD (LACK OF KNOWLEDGE)	7	NO CONTROL	3	147
Bead assembly machine	Kind of blade	WRONG KNIVES CUT	OPEN SPLICE AND OVERLAP SPLICE	5	DIFERENTS BEAD ASSEMBLY MACHINE TYPES, TECHNOLOGY AND STANDARD	2	NO CONTROL	6	60
Bead assembly machine	Blade temperature	WRONG KNIVES CUT	DON'T CUT THE MATERIAL, MECHANIC FAILS,OR TO HOT THAT CURE THE FILLER	6	KNIVE STANDARD SETTINGS	3	EXIST A CALIBRATION PROCESS IN KNIVES TEMPERATURES	3	54

Nota: Tomado de origen propio 2019.

De la ilustración anterior se sacan las 4 causas principales que deben ser mejoradas:

- Tipo de Aplicadora de filler.
- Angulo de corte y filo de corte.
- Presiones de pistones.
- Secuencia del PLC.

De estas 4 causas principales se realizaron pruebas hipótesis para validar cuál de ellas es la causa raíz del problema a mejorar en este proyecto.

CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El proceso como tal de la aplicación de filler en la ceja, para el armado de la llanta se encuentra en la situación de mejora de este, después de la ponderación de las diferentes causas expuestas con la ayuda del grupo focal, donde expertos de la empresa en cuestión y su servidor exponen los factores de mantenimiento, proceso, técnico y otras áreas, llegando así a los últimos 4 factores claves.

De estos factores claves, se buscará realizar los muestreos correspondientes para realizar pruebas hipótesis y así poder confirmar la validez de cada uno de estos factores, si es relevantes o irrelevantes según lo que arrojen los datos de las hipótesis.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 PRUEBAS HIPÓTESIS

Ante la necesidad de determinar cuál es la causa raíz del problema se minimizó la cantidad de indicadores de desempeño con las herramientas que se aplicaron en el capítulo anterior, entre ellos, AMEF, causa y efecto, IPO map, análisis de capacidad, análisis de la distribución, MSA, análisis de la distribución normal y diagramas de Pareto, de las cuales se sacan las siguientes partes del proceso que se deben de trabajar, las cuales se sacan con el grupo focal y las herramientas mencionadas anteriormente.

- Tipo de Aplicadora de filler
- Angulo de corte y Filo de corte
- Presiones de pistones
- Secuencia del PLC

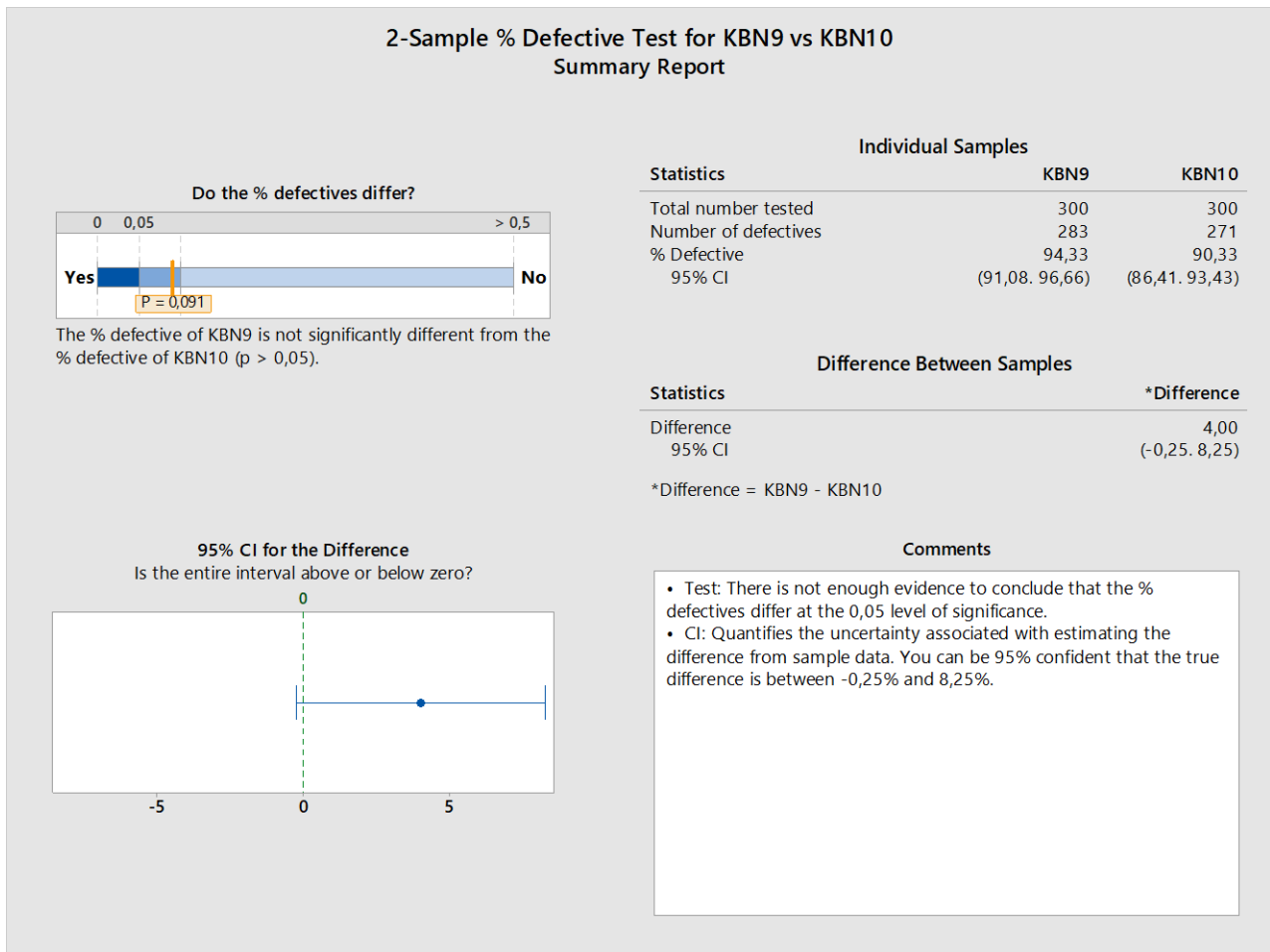
Las pruebas hipótesis son las que van a ayudar a determinar si cada uno de estos factores son relevantes en el estudio y si afectan o no en el mismo, cuál de los factores serán los determinantes o solamente uno de los factores sea el que se debe de mejorar.

La primer prueba hipótesis que se realizó para determinar si el tipo de Aplicadora es un factor determinante es la de porcentajes de defectos de dos muestras simultaneas, en la primer maquina KBN9 se realizó inicialmente un muestreo de 1200, de las cuales se tomaron 300 para realizar la prueba hipótesis, además se realizó un muestreo en la maquina KBN10, de 300 para así poder determinar si el factor, tipo de Aplicadora de filler es el que debe de mejorar.

Como se puede observar en la Ilustración 40, Se corrió en minitab la prueba de porcentajes de defectos de dos muestras simultaneas.

Ilustración 40

Prueba hipótesis número 1.



Nota: Tomado de origen propio 2019.

Según los datos arrojados con la prueba hipótesis realizada, el factor del tipo de Aplicadora de filler, no es significativo para el estudio, así de esta manera desechamos este factor y trabajamos en la siguiente prueba hipótesis.

Para comparar más de dos muestras hay varias maneras de hacerlo, esto va a depender de la necesidad del usuario, que se debe buscar y cómo manejar los datos respectivos.

Como se puede observar en la Ilustración 41, Se corrió en minitab la prueba de chi cuadrado para determinar la consistencia entre pistones versus presiones y el efecto que tienen directamente en la aplicación del filler en el aro y así realizar la ceja.

Ilustración 41

Base de datos para hipótesis 2.

Chi-Square % Defective Test

Sample data

Test item name: (Enter your own names or use the defaults.)

X variable name: Number of distinct X values:

Complete the table below. Enter your own values for X or use the defaults. You can type in your data, or click the arrows to get data from the current worksheet.

PRESSURE	Total Number Tested	Number of Defectives
PRESIONES A	80	70
PRESIONES B	80	68
PRESIONES C	80	69

Test setup

How much risk are you willing to accept of concluding there are differences when there are none?

Alpha level:

Power and sample size (optional)

What difference between the % defectives has practical value?

Difference:

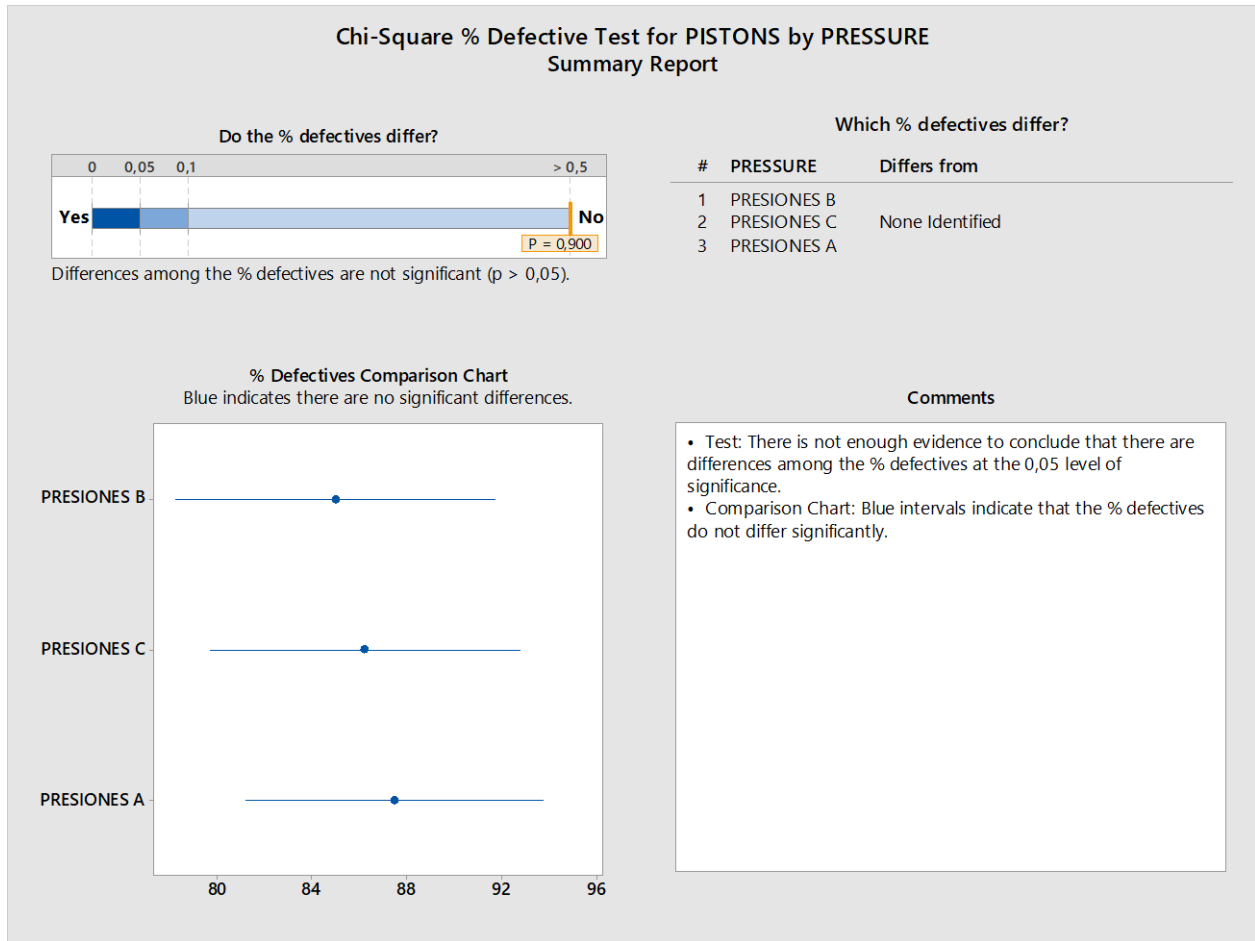
OK Cancel

Nota: Tomado de origen propio 2019.

Esta fue la combinación de eventos combinados ilustración 41, de la cual como se presenta en la ilustración 42 se muestra el análisis de dicha combinación.

Ilustración 42

Prueba hipótesis número 2.



Nota: Tomado de origen propio 2019.

Según los datos obtenidos en la prueba hipótesis del chi cuadrado para el factor de los pistones de la Aplicadora además de las presiones en los cuales trabajan, el mismo no es significativo en el estudio realizado, de esta manera también se puede descartar este factor como posible causa raíz.

5.2 PRUEBA HIPÓTESIS DISEÑO DE EXPERIMENTOS.

Dos de los factores ya fueron descartados con sus respectivas pruebas hipótesis, estas se realizaron directamente porque son muestras de un mismo factor.

En la siguiente prueba hipótesis se cruzaron los datos de dos de los factores principales, ángulo de corte de cuchilla y filo de la cuchilla, de acá se realizó un diseño de experimentos para saber si alguna de los dos factores es relevante para el estudio.

Como se puede observar en la Ilustración 40, el diseño de experimentos es factorial, dos o mas factores para cubrir todas las posibilidades.

Ilustración 43

Diseño de experimentos factorial

Create Factorial Design: Display Available Designs

Available Factorial Designs (with Resolution)

Run	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	Full	III												
8		Full	IV	III	III	III								
16			Full	V	IV	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III
32				Full	VI	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
64					Full	VII	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
128						Full	VIII	VI	V	V	IV	IV	IV	IV

Available Resolution III Plackett-Burman Designs

Factors	Runs	Factors	Runs	Factors	Runs
2-7	12,20,24,28,...,48	20-23	24,28,32,36,...,48	36-39	40,44,48
8-11	12,20,24,28,...,48	24-27	28,32,36,40,44,48	40-43	44,48
12-15	20,24,28,36,...,48	28-31	32,36,40,44,48	44-47	48
16-19	20,24,28,32,...,48	32-35	36,40,44,48		

Help OK

Nota: Tomado de origen propio 2019.

Los datos para realizar el diseño de experimentos son dos, filo de cuchilla y ángulo de cuchilla, antes de tomar los mismos, se realizó consulta en minitab a la cantidad de corridas que se deben de realizar para que el experimento sea confiable, de lo cual se obtiene lo siguiente lo que nos muestra la ilustración 44.

Ilustración 44

Diseño de experimentos factorial.

Multilevel Factorial Design			
Factors:	2	Replicates:	5
Base runs:	6	Total runs:	30
Base blocks:	1	Total blocks:	5
Number of levels: 3. 2			

Nota: Tomado de origen propio 2019.

En la ilustración 40 se muestra la cantidad de corridas que se deben de muestrear para que sea confiable el diseño las cuales fueron 30 y se divide en 5 bloques, además el diseño cuando se corrió en el programa saca la cantidad de desviaciones estándar y las estudia, contando con lo anterior se muestran los siguientes datos en la ilustración 45.

Ilustración 45

Diseño de experimentos factorial por desviación estándar.

General Factorial Regression: StdOrder versus CUCHILLA. ANGULOS						
Factor Information						
Factor	Levels	Values				
CUCHILLA	3	135. 145. 155				
ANGULOS	2	CON FILO. SIN FILO				
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Model	5	87,50	17,5000	0,19	0,962	
Linear	3	87,50	29,1667	0,32	0,808	
CUCHILLA	2	80,00	40,0000	0,44	0,646	
ANGULOS	1	7,50	7,5000	0,08	0,775	
2-Way Interactions	2	0,00	0,0000	0,00	1,000	
CUCHILLA*ANGULOS	2	0,00	0,0000	0,00	1,000	
Error	24	2160,00	90,0000			
Total	29	2247,50				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
9,48683	3,89%	0,00%	0,00%			

Nota: Tomado de origen propio 2019.

En la ilustración anterior se denotan varios p values los cuales no son menores a 00.5, así que se descarta el diseño basado en desviaciones estándar.

Como se puede observar en la Ilustración 46, se corre el diseño de experimentos por bloques.

Ilustración 46

Diseño de experimentos factorial por bloques.

Factor Information						
Factor	Levels	Values				
CUCHILLA	3	135. 145. 155				
ANGULOS	2	CON FILO. SIN FILO				

Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Model	5	0,0000	0,00000	0,00	1,000	
Linear	3	0,0000	0,00000	0,00	1,000	
CUCHILLA	2	0,0000	0,00000	0,00	1,000	
ANGULOS	1	0,0000	0,00000	0,00	1,000	
2-Way Interactions	2	0,0000	0,00000	0,00	1,000	
CUCHILLA*ANGULOS	2	0,0000	0,00000	0,00	1,000	
Error	24	60,0000	2,50000			
Total	29	60,0000				

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,58114	0,00%	0,00%	0,00%

Nota: Tomado de origen propio 2019.

En la ilustración anterior se denotan varios p values los cuales no son menores a 00.5, así que se descarta el diseño basado en bloques.

Como se puede observar en la Ilustración 47, se corre el diseño de experimentos factorial por corridas.

Ilustración 47

Diseño de experimentos factorial por corridas.

Factor Information						
Factor	Levels	Values				
CUCHILLA	3	135. 145. 155				
ANGULOS	2	CON FILO. SIN FILO				
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Model	5	9,50	1,9000	0,02	1,000	
Linear	3	9,03	3,0111	0,03	0,992	
CUCHILLA	2	5,00	2,5000	0,03	0,974	
ANGULOS	1	4,03	4,0333	0,04	0,837	
2-Way Interactions	2	0,47	0,2333	0,00	0,998	
CUCHILLA*ANGULOS	2	0,47	0,2333	0,00	0,998	
Error	24	2238,00	93,2500			
Total	29	2247,50				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
9,65660	0,42%	0,00%	0,00%			

Nota: Tomado de origen propio 2019.

En la ilustración anterior se denotan varios p values los cuales no son menores a 00.5, así que se descarta el diseño basado corridas.

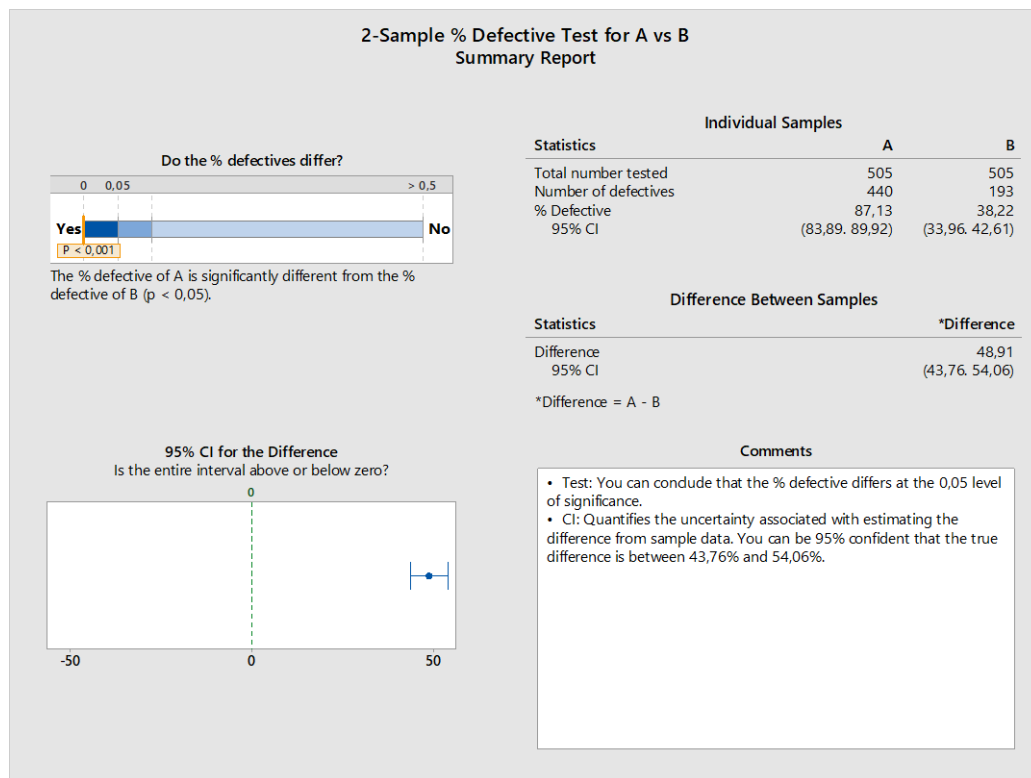
Ya realizado el diseño de experimentos y en la interpretación de los datos, tanto la desviación estándar, por bloques y por corridas los datos no son significativos así de esta manera también se descartan los dos factores inmersos en el diseño, dejando así un factor más para estudio, el cual sería: Secuencia del PLC.

5.3 PRUEBA HIPÓTESIS SECUENCIA PLC

Como se puede observar en la Ilustración 48, se corre una prueba de porcentaje de defectos por dos factores, en el caso de esta prueba se realiza con el cambio de PLC, pasar de sistema antiguo a algo mas moderno, para realizar el ciclo en la máquina.

Ilustración 48

Prueba hipótesis de dos factores



Nota: Tomado de origen propio 2019.

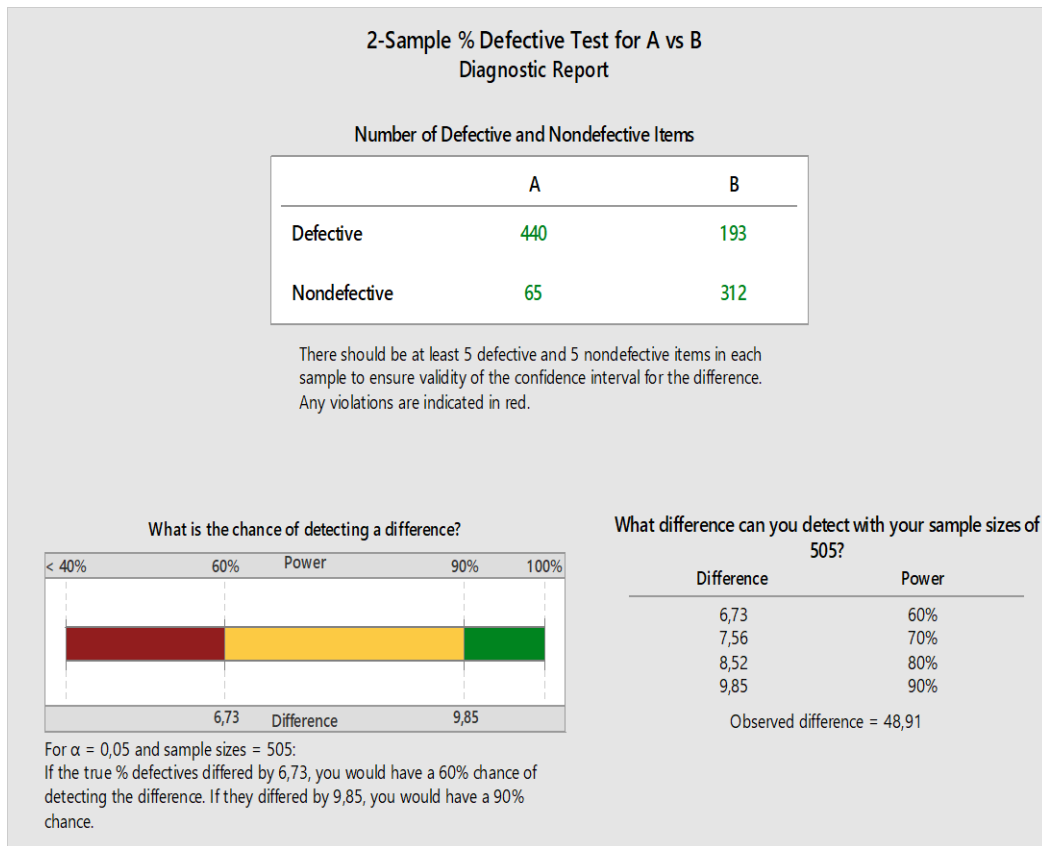
En esta última prueba hipótesis se puede observar como el P value da lo necesario para indicar que es la solución pertinente del problema, el porcentaje de defectos entre los errores del muestreo tomados antes de la mejora son mayores a estos, cabe así justificar que a la menor cantidad de defectos después de la mejora se acepta la hipótesis propuesta.

La solución del problema fue hacer cambios en la estructura del programa de PLC los cuales como se pudo observar a nivel de pruebas es la que nos da el nivel óptimo para la mejora, pasando así de 440 defectos en una muestra de 505 a 193 defectos en total.

En la Ilustración 46, se puede observar la mejoría en defectos del muestreo A al muestreo B.

Ilustración 49

Cantidad de defectos



Nota: Tomado de origen propio 2019.

Con esta mejora en el departamento de armado se busca que la cantidad de waste, de retrabajo y de scrap del departamento mejore significativamente, atacando directamente de esta manera las situaciones planteadas en el problema del proyecto.

5.4 OTRAS MEJORAS

Adicionalmente, producto del grupo focal, se incorpora una ayuda visual AV-130-195, la cual ya se encuentra incorporada en el sistema de gestión de calidad de la empresa, además el departamento de desarrollo organizacional, en este caso los entrenadores, dieron un respectivo entrenamiento a los operadores del área de armado.

Como se puede observar en la Ilustración 50, se realiza ayuda visual para que cada operador tenga en la máquina.

Ilustración 50

Ayuda visual.



Nota: Tomado de Bridgestone Costa Rica, 2019.

Con esta ayuda visual se busca mitigar las dudas entre los operadores cuando tengan alguna de las no conformidades presentadas en el estudio.

5.5. IMPACTO.

Con respecto a la cantidad de factores determinantes que fueron 5, cabe rescatar después de realizar las pruebas hipótesis que solo uno de ellos fue el que se pudo modificar para que se diera una mejora, debido a los datos arrojados cuando se corrieron las respectivas pruebas el estatus de estas sería como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Cuadro comparativo pruebas hipótesis.

KPIVs	Pruebas hipótesis	Estatus
Tipo de aplicadora de filler	Porcentaje por defecto del factor	Rechazada
Angulo de cuchilla y filo de corte	Diseño de experimentos	Rechazada
Presiones de pistones	Chi cuadrado	Rechazada
Secuencia de PLC	Porcentaje del defecto del factor	Aprobada

Nota: Esta tabla muestra las pruebas hipótesis rechazadas y la prueba hipótesis aceptada.

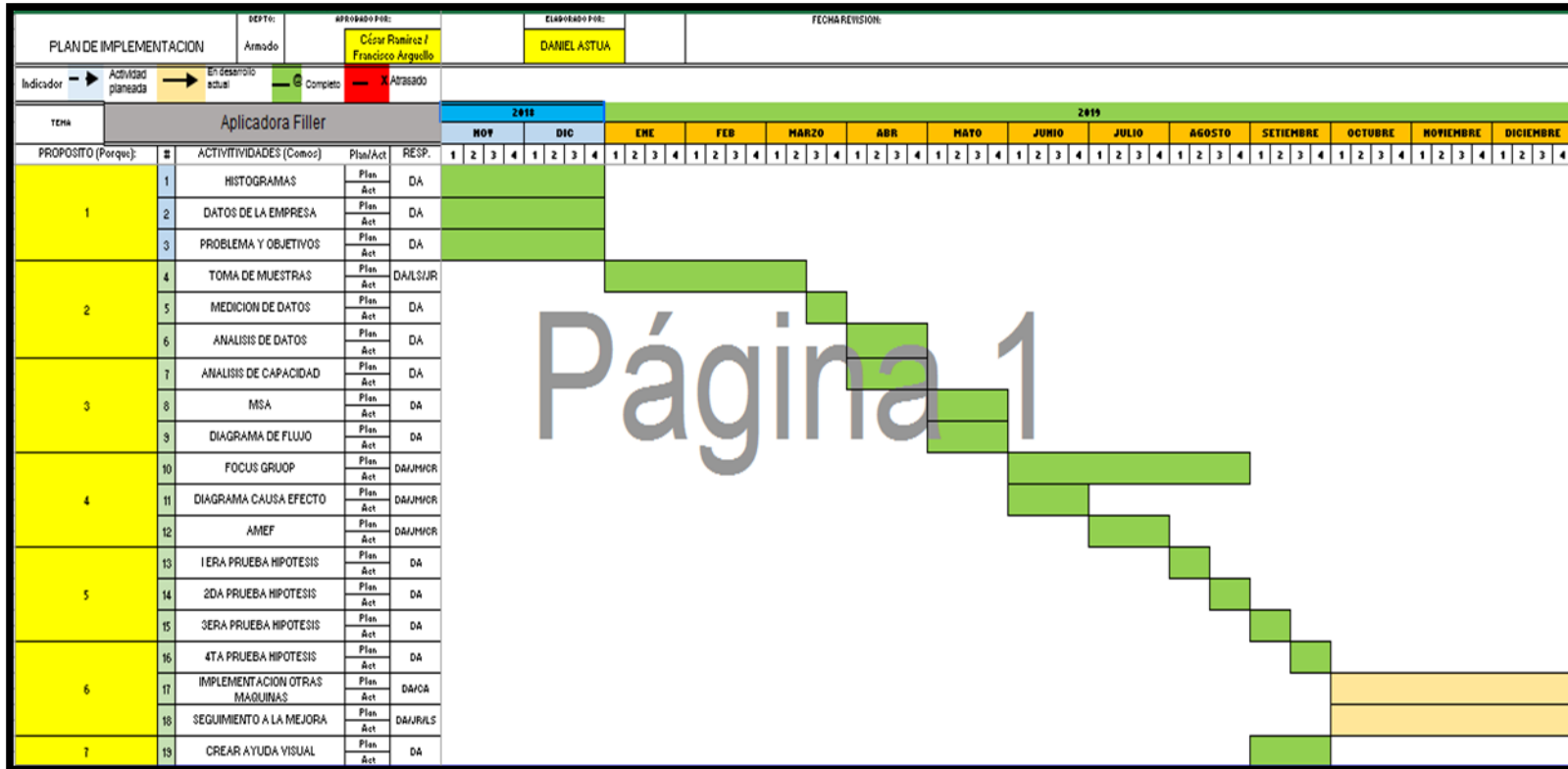
La cantidad de métodos aplicados para poder realizar este proyecto son muchos, entre ellos se podrían nombrar paretos, pruebas hipótesis, diagramas de flujo, análisis de capacidad, causa y efecto, análisis de riesgos, tipos de distribuciones y más manejos de datos estadísticos, dando evidencia del uso de estos métodos aprendidos en el día a día de la institución.

La propuesta como tal por parte del proyecto fue realizar el cambio en el PLC de la máquina, el cual en los datos arrojados evidencia que afecta directamente para bien el proceso, de esta manera lo que se busca es asegurar que el cambio a través del tiempo perdure, por lo cual, la ficha realizada para el muestreo inicial se utilizara para realizar un muestreo de un mes.

Como se puede observar en la Ilustración 51, actividades y sus respectivos tiempos del proyecto.

Ilustración 51

Diagrama de Gantt de las actividades.



Nota: Tomado de origen propio 2019.

En el diagrama de Gantt anterior se muestra cómo se va a asegurar a futuro trabajando para que la mejora se pueda implementar en varias máquinas, esto con la ayuda del departamento de mantenimiento, además de realizar el seguimiento a la mejora durante el tiempo necesario según lo solicite el cliente, en este caso el departamento de armado de Bridgestone de Costa Rica.

5.6. COSTOS

Además, para la empresa se obtienen otros beneficios, dado que lo que se busca es mejorar el proceso, también de alguna manera se busca generar una ganancia a favor para la empresa, preferiblemente económica, en la tabla 3 se muestra la cantidad que cuesta el costo por kilogramo de hule en cada una de las cejas.

Tabla 3

Costo por kilo de hule por código.

ARMADO	FILLER	CODIGO SIN EL TU	Costo/Kg	1K DIARIO	30K MENSUALES	365 ANUALES	541 PRECIO COLON
5982	TU3024	3024	\$ 2.81	\$2,810	\$84,30	\$1025,650	¢554876,650
8311	TU7871	7871	\$ 3.16	\$3,160	\$94,80	\$1153,40	¢623989,40
5884	TU3036	3036	\$ 2.99	\$2,990	\$89,70	\$1091,350	¢590420,350
5820	TU5815	5815	\$ 2.99	\$2,990	\$89,70	\$1091,350	¢590420,350
7993	TU8247	8247	\$ 2.99	\$2,990	\$89,70	\$1091,350	¢590420,350
8261	TU3036	3036	\$ 2.99	\$2,990	\$89,70	\$1091,350	¢590420,350

Estos son los costos de cada uno de los tipos de hules que se utilizan en el armado de la ceja, dado que un operador de maquina puede hacer waste 1 kilo de hule de filler diario aproximadamente, cada operador podría hacer waste un poco más de 500.000 mil colones, tomando en cuenta que solo en KBNs son 12 máquinas, si cada uno de los operadores botara ese kilo de waste durante ese año daría un aproximado de seis millones y medio de colones ahorrados gracias a la mejora realizada en el departamento de armado, en la aplicadora de filler como tal.

Cuando una ceja, que es la unión del aro con el filler no funciona, esto en la maquina aplicadora, el operador separa el aro del filler, el filler pasa a ser waste y el aro se puede reprocesar, es acá donde también se da un gasto innecesario de la mano de obra y donde se puede obtener un ahorro, minimizando la cantidad de veces que el compañero tenga retrabajar unos aros, los datos de los tiempos se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Costos por máquina

Cantidades	Tiempo efectivo
7,25	Minutos diarios
217,5	Minutos mensuales
3,625	Horas mensuales
¢1925,410	Hora del armador (Costo)
¢702774,650	Hora del armador Anual (Costo)

Nota: En el cuadro se representa un total de 5 pares der aros desarmados diariamente, promedio desarmado por el operador

En promedio un operador debe de retrabajar 5 pares de aros para un total en horas hombre de setecientos dos mil colones, de igual manera sacando el dato solamente en KBNs que fue el área donde se le dio prioridad al proyecto debido a la necesidad de las medidas y del cliente como tal, este rebasa los 8 millones de colones anuales.

En resumen, se daría un ahorro aproximado (15.091.815) quince millones de colones con la implementación del proyecto, el cual ya está vigente en la maquina KBN9 que fue donde se realizó el estudio, con el muestreo del siguiente mes lo que se quiere es poder pasar la mejora a las demás aplicadoras de filler.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

En este capítulo se identifican los logros realizados en este proyecto de manera puntual, de esta manera se enumeran a continuación:

1. El diagnóstico que se efectuó en el proceso de armado de las llantas demostró que, si era necesario realizar mejoras en el mismo, mejoras con las cuales se logra reducir scrap, waste y retrabajo.
2. Con el diseño de experimentos realizado y las pruebas hipótesis realizadas, se logra dar solución y seguimiento a varios de los diversos factores a los cuales estaba orientado este proyecto, como lo son scrap, waste y retrabajo
3. Se logró implementar una mejora en el ensamble de la ceja en el departamento de armado de Bridgestone de Costa Rica, con ayuda de la metodología six sigma y diversas herramientas de ingeniería.
4. Se logrará dar un ahorro de aproximadamente 15 millones de colones en un año de haberse puesto en marcha la mejora en el resto de las maquinas del departamento de armado.
5. Una vez que se hubo realizado las 3 primeras pruebas hipótesis los datos arrojaron que ninguna de las mismas era significativa para el proyecto desarrollado.
6. La cuarta prueba hipótesis fue la que arrojó datos significativos para el proyecto, dando así la respuesta necesaria para realizar cambios que funcionaran en el proceso, mejorándolo.
7. Se determinó que esta prueba hipótesis debido a que su pi value fue el correcto para aceptarla, fue la que se trabajó y con ayuda del departamento de mantenimiento se logró modificar el sistema de PLC el cual mejora la calidad del armado de la ceja.

8. Tanto los operadores de las máquinas, como el jefe de área se encuentran satisfechos con la mejora realizada, ya que, de manera visual, se nota la diferencia, la manera en que antes se realizaba una unión de filler y el cómo ahora se realiza en las máquinas.
9. Se les da un reentrenamiento a los operadores en el conocimiento de la unión de filler en la maquina aplicadora, esto con el fin de refrescar conocimientos en los colaboradores.
10. La ayuda visual creada se ingresó al sistema de gestión de calidad como un documento controlado de la empresa, ya con el número de ayuda visual AV-130-195, la misma se puede consultar desde cualquier máquina para ayuda de los operadores.

6.2 RECOMENDACIONES

- Desarrollar el cambio en el PLC en cada una de las aplicadoras de armado para que así se pueda obtener el ahorro deseado en la empresa.
- Dar seguimiento a la mejora durante el próximo mes con la misma cantidad de muestra, tipo de muestreo y aleatoriedad.
- Realizar un nuevo muestreo en el cabo de un año para asegurar nuevamente el cambio realizado.
- Incluir en el entrenamiento de los operadores nuevos la mejora realizada en la máquina, el estándar a seguir con respecto a la unión de filler y la ayuda visual creada en el proyecto.
- Mantenerse abiertos a posibles mejoras que se le puedan realizar en un futuro a la máquina y al proceso como tal.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Arellano, (Comp.) (2009). Flujograma, Argentina: ProQuest. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=3182067>.
- Argüelles O. (2018) Proyectos Seis sigmas: el camino a la excelencia operacional. 1ª ed. España. Reverté.
- Dziak M. (2018). Focus group. Manuscrito no publicado.
- Elizondo, M. (2017) Aumento de la capacidad de producción de pan en la organización hermanos Elizondo, ubicada en el roble de Puntarenas, 2017. Universidad hispanoamericana, Heredia, Costa Rica.
- Gabriel Baca Urbina. y Margarita Cruz Valderrama, Isidro Marco Antonio Cristóbal Vázquez, Gabriel Baca Cruz, Juan Carlos Gutiérrez Matus, Arturo Andrés Pacheco Espejel, Ángel Eustorgio Rivera González, Igor Antonio Rivera González, María Guadalupe Obregón Sánchez; 2014. Introducción a la ingeniería industrial. 2ª ed. México: Patria.
- Grady, J. (2009). System requirements analysis. 1ª ed. San Diego. Elsevier.
- Gutierrez Pulido H y De la Vara Salazar R. (2013). Control estadístico de la calidad y seis sigmas. 3ª ed. México. Mc Graw Hill.
- León, M. (Comp.) (2009). Seis SIGMA: Hacia un nuevo paradigma en gestión. Argentina ProQuest E-book Central. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=3180915>.

- Morais F. (2013). Análisis de los sistemas de medición. Manuscrito no publicado.
- Ortiz, I. (2015) Análisis y mejoramiento de la productividad para el proceso de aros en las máquinas bpm en la empresa Bridgestone de costa rica s.a. en el periodo de julio a diciembre del 2015. Universidad hispanoamericana, Heredia, Costa Rica.
- Rodriguez, J. (2016) Mejora de la productividad en la máquina kbn2#9 del departamento de armado en Bridgestone de Costa Rica, en el año 2016. Universidad hispanoamericana, Heredia, Costa Rica.
- Ronald E Walpole. y Raymond H Myers, Sharon L Myers; (2012) Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. 9ª ed. México. Pearson.
- Rosales, J. (Comp.) (2009). Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF). Argentina: <http://ebookcentral.proquest.com.uh.remotexs.xyz/lib/bibliouhsp/reader.action?docID=3181563&query=amef>
- Stachú, W. (Comp.) (2009). Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa. Argentina: ProQuest E-book Central. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouhsp/detail.action?docID=3181320>.
- Triola F. (2018). Estadística. 12ª ed. México. Pearson.
- Minitab company. (1 de noviembre de 2019). <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/basics/uses-of-capability-analysis/>
- Sacca. I., Sergeyeva. T., Kapusta. S. (2011). Enciclopedia moderna. https://books.google.co.cr/books?id=YficAAAQBAJ&pg=PA823&lpg=PA823&dq=Histograma+o+tambi%C3%A9n+llamado+distribuci%C3%B3n+de+frecuencia+son+graficas+particularmente+%C3%BAtiles+para+resumir+grandes+conjuntos+de+datos+y+asignar+probabilidades.&source=bl&ots=PDswh_J34p&sig=ACfU3U3_uON1G0Y0IQ0byp56OUCO9DRINA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjAzqymu_DkAhWimOAKHRp4B0MQ6AEwAAnoECAkQAQ#v=onepage&q&f=false