

UNIVERSIDAD
HISPANOAMERICANA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEJORA DE LA VIDA ÚTIL EN EL
PROCESO DE VULCANIZADO EN
BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA
EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2020

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

ELABORADO POR: ELÍAS PANIAGUA LÓPEZ

TUTORA: LIC: DIANA CÓRDOBA PÉREZ

HEREDIA SEPTIEMBRE 2020

DECLARACIÓN JURADA

Yo Eliás Paniagua López, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 205660276, 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: MEJORA DE LA VIDA ÚTIL EN EL PROCESO DE VULCANIZADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2020, 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 22 días del mes de marzo del año dos mil veintiuno.



Firma del estudiante

Cédula 2 0566 0276

CARTA DEL TUTOR

San José, 7 de mayo de 2021

Universidad Hispanoamericana
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante, **PANIAGUA LÓPEZ ELÍAS ALBERTO** cédula de identidad número **2-0566-0276**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **MEJORA DE LA VIDA ÚTIL EN EL PROCESO DE VULCANIZADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2020.**, 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%	20
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL	100%	98

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

Atentamente,



Ing. Diana Córdoba Pérez, MSc, MEd.

CARTA DEL LECTOR

San José,

Universidad Hispanoamericana
Sede Llorente
Carrera

Estimada universidad

El estudiante ELIAS PANIAGUA LÓPEZ, cédula de identidad 2-0566-0276, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado *“MEJORA DE LA VIDA ÚTIL EN EL PROCESO DE VULCANIZADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2020”*, el cual ha elaborado para obtener su grado de LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.

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

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

Atte.

Firma

Nombre: Ing. Fabián Ramos Carrillo
Cédula: 1-1179-0876

FABIAN JESUS
RAMOS CARRILLO
(FIRMA)

Digitally signed by FABIAN JESUS
RAMOS CARRILLO (FIRMA)
Date: 2021.08.10 09:46:59 -06'00'

ACTA DE APROBACIÓN

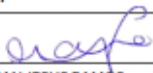


Acta de Graduación

Ante el Tribunal Calificador de la Universidad Hispanoamericana, integrado por: **Ing. Ana Catalina Leandro Sandi**, representante dirección de carrera, **Ing. Diana Córdoba Pérez** tutora y **Ing. Fabián Ramos Carrillo** lector, se presenta al postulante **Paniagua López Elías** Cédula n° **2-0566-0276** quien hace defensa pública de su trabajo final de graduación, titulado: **"MEJORA DE LA VIDA ÚTIL EN EL PROCESO DE VULCANIZADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2020"**. Para optar por el grado académico de **Licenciatura en Ingeniería Industrial**.

Una vez escuchada la exposición del postulante y habiendo procedido al período de preguntas por parte de los miembros del Tribunal, se procede en privado a la deliberación de rigor y se concluye que al estudiante: **Paniagua López Elías**, ha **aprobado** su requisito de graduación con un puntaje de **89** en la escala de 0 a 100.

Firmado en la Universidad Hispanoamericana el día: martes 24 de agosto del 2021.

Director(a) de Carrera:	Ana Catalina Leandro Sandi	Firmado digitalmente por Ana Catalina Leandro Sandi Fecha: 2021.08.24 19:28:49 -06'00'
Tutor(a):		
Lector(a):	FABIAN JESUS RAMOS CARRILLO (FIRMA)	Digitally signed by FABIAN JESUS RAMOS CARRILLO (FIRMA) Date: 2021.08.24 19:32:57 -06'00'
Estudiante:		

DEDICATORIA

El trabajo realizado se lo dedicó a mi esposa Fabiola Arias, a mis hijas Eliany Paniagua y Allyson Paniagua y a mis padres Beleyda López y Edwin Paniagua, por el apoyo brindado durante el proceso de formación de mi vida y de desarrollo de este proyecto.

También agradezco a todas esas personas que indirectamente me apoyaron para lograr culminar con esta etapa de mi vida, (personal de Bridgestone y miembros de la Universidad Hispanoamericana).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primera línea a DIOS por el regalo de la vida y dejarme llegar hasta esta etapa. También le agradezco a mi familia por la comprensión que se me tuvo en todo este proceso de formación.

En el campo profesional quiero agradecer a todos los colegas que tuvieron que ver con el desarrollo de este proyecto y de igual forma a la empresa Bridgestone de Costa Rica por dejarme aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad y de esta forma lograr cumplir un sueño más en mi vida.

EPÍGRAFES

“Aprende a ser feliz con lo que tienes mientras persigues lo que
quieres”.

JIM ROHN

ÍNDICE

Tabla de contenido

DECLARACIÓN JURADA	ii
CARTA DEL TUTOR.....	iii
CARTA DEL LECTOR	iv
ACTA DE APROBACIÓN	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
EPÍGRAFES.....	viii
ÍNDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE GRÁFICOS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	8
RESUMEN EJECUTIVO.....	10
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	12
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	14
1.2.1 PRECEDENTES DE LOS PROCESOS	17
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
1.3.1 Descripción del problema.....	23
1.3.2 Análisis DAFO.....	27
1.3.3 Justificación	32
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	38
1.4.1 Objetivo general	38
1.4.2 Objetivos específicos	39

1.5	ALCANCES Y LIMITACIONES	39
1.5.1	Alcances.....	39
1.5.2	Limitaciones.....	40
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....		41
2.1	MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA	42
2.1.1	Ingeniería Industrial.....	42
2.1.2	Ciclo de la calidad (ocho pasos en la solución de un problema)	43
2.2	MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO.....	46
2.2.1	Metodología DMAIC	46
2.3	MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	66
2.3.1	Impacto directo	66
2.3.2	Impactos indirectos	67
2.3.3	Metodología aplicada	68
2.4	ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES.....	68
2.4.1	PROYECTO #1	68
2.4.2	PROYECTO #2	69
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		71
3.1	METODOLOGÍA PARA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	72
3.1.1	Fase Definir.....	74
3.2	METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO..	76
3.2.1	Fase Medición	76
3.3	METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO	78
3.3.1	Fase Analizar.....	78
3.4	METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	80
3.4.1	Fase Mejorar.....	80
3.5	METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS	82
3.5.1	Fase Controlar	82

CAPITULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS.....	84
4.1 SISTEMA DE MEDICIÓN	85
4.1.1 Análisis del sistema de medición	85
4.1.2 Estudio de Capacidad	88
4.1.3 Identificación de Tipo de Distribución	89
4.2 DIAGNOSTICO.....	90
4.2.1 Diagrama IPOMap	90
4.2.2 Matriz de Causa y Efecto	92
4.2.3 AMEF	93
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	97
5.1 VARIABLES.....	98
5.1.1 VARIABLE # 1 COMPRA DE MATERIA PRIMA (TIPOS DE BLADDER).....	99
5.1.2 VARIABLE # 2 DESCARGA DE LLANTA (VACIO DE PRENSA)	104
5.1.3 VARIABLE # 3 ENSAMBLE E INSTALACIÓN (CONDICIÓN DE TOOLING)	111
5.1.4 VARIABLE # 4 CARGA DE PRENSA (PULSO DE SHAPING).....	115
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
6.1 CONCLUSIONES	124
6.2 RECOMENDACIONES	126
APÉNDICE(S).....	127
GLOSARIO.....	131
ANEXO.....	133
BIBLIOGRAFÍA.....	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de tecnologías utilizadas para el proceso de curado	32
Tabla 2. Análisis gasto vs Ahorro Enero a Julio.....	37
Tabla 3. Identificación de la Severidad	60
Tabla 4. Identificación de la Ocurrencia	61
Tabla 5. Identificación de la Detección.....	61
Tabla 6. IPOMap.....	91
Tabla 7. Matriz Causa y Efecto	93
Tabla 8. AMEF de Variables.....	96
Tabla 9 Diagrama Gantt (Variable #1)	100
Tabla 10 Análisis de ahorro (tipo de bladders).....	103
Tabla 11. Diagrama Gantt (gasto de bladders).....	104
Tabla 12. Diagrama Gantt (Variable #2)	106
Tabla 13 Análisis de ahorro (vacío de prensa).....	109
Tabla 14 Análisis recuperación de la inversión.....	110
Tabla 15 Diagrama Gantt (control de vacío).....	110
Tabla 16. Diagrama Gantt (Variable #3)	113
Tabla 17. Diagrama Gantt (Variable #4)	117
Tabla 18 Diagrama Gantt (pulso de shaping)	119
Tabla 19 Análisis capacidad.....	121
Tabla 20 Análisis % de mejora.....	121

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Presupuesto por departamento en dólares periodo de enero-agosto 2020.....	24
Gráfico 2. Gastos por mes área de vulcanización 2020	25
Gráfico 3. Gastos reportados en el área de vulcanización 2020.....	26
Gráfico 4. Gastos reportados en el área de vulcanización.....	26
Gráfico 5. Vida útil de bladders plantas Bridgestone América 2020	33
Gráfico 6. Distribución de prensas vulcanizado 2020.....	34
Gráfico 7. Vida útil por tecnología vulcanización 2020.....	35
Gráfico 8. Pareto de vida útil prensas Kobelco vulcanización 2020.....	36
Gráfico 9. Gráfico gasto de bladders de enero a julio	38
Gráfico 10. Bladders Rotos por defecto	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nuestra Manera de Servir Bridgestone	15
Figura 2. Organigrama Manufactura en Bridgestone de Costa Rica	16
Figura 3. Diagrama del Proceso Productivo.....	19
Figura 4. Diagrama de Flujo Vulcanizado.	20
Figura 5. Impacto económico del coronavirus en los países	23
Figura 6. Análisis DAFO de vulcanización	27
Figura 7. Análisis DAFO de vulcanización 2020	31
Figura 8. Ciclo de la calidad	43
Figura 9. Metodología DMAMC (DMAIC)	47
Figura 10. Diagrama de Pareto	49
Figura 11. MSA Estudio R&R	50
Figura 12. Capacidad del Proceso.....	51
Figura 13. Prueba de Normalidad.....	53
Figura 14. Símbolos del Diagrama de flujo	54
Figura 15. Diagrama de flujo	55
Figura 16. Diagrama IPO map.....	56
Figura 17. Diagrama de Causa & Efecto (Ishikawa)	57
Figura 18. ¿Los 5 por qué?	58
Figura 19. Matrix de Causa y Efecto	59
Figura 20. AMEF	62
Figura 21. Prueba de Hipótesis.....	63
Figura 22. KAIZEN	64
Figura 23. Gráfico de Control	65
Figura 24 Gráfico de Control	66

Figura 25. Croquis del Área de Vulcanizado	73
Figura 26. Definición del problema	75
Figura 27. Medición del problema	77
Figura 28. Analizar el problema.....	79
Figura 29. Implementación de la mejora.....	81
Figura 30. Controlar mejoras.....	83
Figura 31. Diagrama MSA	86
Figura 32. MSA 2020	87
Figura 33. Análisis de Capacidad 2020	88
Figura 34. Prueba de Normalidad 2020.....	89
Figura 35. Gráfico AMEF.....	94
Figura 36. Variables para trabajar	98
Figura 37 Prensa KOBELCO.....	99
Figura 38. Análisis de datos prensa I04	101
Figura 39. Análisis de datos prensa G08 (vacío de prensa).....	107
Figura 40. Espaciador Interno	112
Figura 41. Análisis de Datos prensa H04 (condición de tooling	114
Figura 42. Análisis de datos prensa H04 (pulso de shaping	118
Figura 43 Estudio de capacidad (Antes Después)	120
Figura 44 Análisis de capacidad (nuevo)	122
Figura 45. Estándar cambio de bladder	130
Figura 46 Transferencia de calor del bladder	133
Figura 47 Tipos de bladders	135

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AGR: se utiliza para definir línea de llantas agrícolas radial.

AMEF: análisis de modo de falla

Bladder: vejiga de hule que se utiliza para el proceso de curado, con esta se le da el acabado final a la llanta en la parte interna gracias a los insumos provenientes de caldera.

CCM: es el programa lógico por el cual se realiza la programación de los ciclos de curado y este es capaz de monitorear en tiempo real el comportamiento de este y enviar información de cada ciclo.

Curado: es el proceso mediante el cual el hule crudo (llantas verdes), es calentada por medio de vapor proveniente de caldera y con la presencia de azufre se hace más duro y resistente al frío.

DMAIC: metodología empleada para desarrollar proyectos de manera estructurada: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Dopadora: equipo semiautomático que se utiliza para aplicar el dope en la parte interna de la llanta.

Dopador: esta es la persona encargada de aplicar el dope en la parte interna de la llanta, este método se puede ejecutar con la dopadora semiautomática o de forma manual con el uso de una espuma.

Dope: producto químico a base de agua que se utiliza para lubricar las llantas verdes y *bladders* lubricar los *bladders* para minimizar la fricción y disminuir el envejecimiento de este.

Hand Held: computadora portátil capaz de ser manipulada y sostenida con la mano, esta se utiliza para leer los códigos de barra y hacer la verificación en el sistema para garantizar el uso correcto del producto a vulcanizar.

IPO MAP: diagrama en donde se identifican las entradas y salidas del proceso en estudio.

LTR: se utiliza para hacer referencia a la línea de llantas pasajero radial (automóviles).

LVRA: se utiliza para nombrar las llantas que son ensambladas en el área de armado y sirven como insumo al área de vulcanizado, estas aun no tienen el proceso de curado.

MSA: análisis del sistema de medición.

PCI: es el proceso donde se le da el acabado final de la llanta después que esta sale de la prensa de curado para garantizar su uniformidad.

PSR: se utiliza para hacer referencia a la línea de llantas de camionetas y camiones carga liviana.

QA: *Quality Assurance* (Área encargada del Aseguramiento de la calidad).

Técnico de Set up: persona encargada de realizar los cambios de bladder, cambios de molde y mantenimiento de estos en las máquinas vulcanizado.

TUO: (*Tire Uniformity Optimizer*). Es una máquina para asegurar que las llantas que salen al mercado cumplan con la uniformidad necesaria para asegurar su mayor estabilidad.

RESUMEN EJECUTIVO

Paniagua, E. (2021). Mejora de la vida útil en el proceso de vulcanizado en Bridgestone de Costa Rica para el tercer cuatrimestre del 2020. Proyecto de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial. Universidad Hispanoamericana. Tutor: Diana Córdoba

El siguiente documento fue elaborado en la empresa Bridgestone de Costa Rica ubicada en la Ribera de Belén, esta es una compañía dedicada a la producción de neumáticos para varios países en el Continente Americano y el uso de este producto es para diferentes usos.

El desarrollo de este proyecto está enfocado en reducir los gastos del área de vulcanización, mejorando la vida útil de los *bladders*, además de identificar corregir y controlar las principales causas que afectan el deterioro prematuro de los mismos, ya que estos representan el mayor gasto del área de vulcanizado.

El proyecto se desarrolló durante el III cuatrimestre del año 2020, identificando las tres principales máquinas (prensas I04, G08 y H04), con el menor rendimiento de vida útil para desarrollarlo.

Se determinaron 4 propuestas, y en las pruebas de hipótesis se identifican que 3 de estas si eran significativas; al desarrollar las contramedidas se obtiene como resultado una mejora de 52.41% en la vida útil de las tres máquinas analizadas en el proyecto.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en la empresa Bridgestone de Costa Rica y su enfoque fue hacia el área de vulcanizado, específicamente en la tecnología de prensas *kobelco*.

Este se plantea con un objetivo principal y 4 objetivos específicos donde el enfoque fue disminuir el gasto en que incurre el área de vulcanizado en la adquisición de los *bladders* y para esto se propuso mejorar el rendimiento de estos en la familia de prensas con un menor desempeño tomando como base las tres peores máquinas en vida útil de *bladders*.

Para justificar el desarrollo del proyecto se realiza un análisis de gastos en la empresa donde se identifica el área que tiene un mayor presupuesto y el insumo del área que genera un mayor gasto y es donde se tendría un mayor impacto en el costo.

El capítulo 2 expone a detalle las distintas herramientas que se utilizaran para desarrollar el proyecto y se da una breve explicación de su historia y utilidad. Además, se muestran las etapas del proceso DMAIC la cual sirve como insumo para encontrar y analizar las variables que podrían impactar afectar el proceso. También se analizan algunos proyectos que se realizaron en la Universidad Hispanoamericana y se desarrollaron bajo la misma metodología.

El capítulo 3 hace referencia a la metodología que se utilizara para desarrollar el proyecto y en este se exponen todas las etapas del proceso DMAIC, el cual nos aportará las variables claves a corregir.

En el apartado del capítulo 4 se realiza el desarrollo de la metodología 6 sigma donde se ejecutan todas las herramientas necesarias para encontrar las variables que se consideran significativas.

En la etapa final del proyecto (capítulo 5), se realizan las pruebas de hipótesis donde se verifican cada una de las variables para ver si son significativas o si no lo son y tomando en cuenta los resultados obtenidos se hace el análisis de factibilidad para donde se vera la viabilidad de las propuestas.

Para concluir en el capítulo 6 se hace un resumen de los resultados finales donde se muestra el porcentaje de mejora obtenido y como esta área puede seguir mejorando en la parte económica.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

El proyecto se realizará en la empresa Bridgestone Costa Rica S.A., está ubicada en la Ribera de Belén, en el kilómetro 11 de la autopista general Cañas. La empresa se dedica a la manufactura de llantas de reemplazo, esta es una multinacional con 53 años de estar operando de forma continua en nuestro país.

En la actualidad funciona como una unidad de negocio en toda América Latina y con centros de distribución en varios de estos países, asumiendo el nombre de BS-LAN.

Misión.

“Servir a la sociedad con calidad superior”.

Visión.

“Ser el Mejor”.

“En Bridgestone de Costa Rica nos basamos en una serie de valores: compromiso, respeto, excelencia, pasión, honestidad y alegría para lograr que nuestros procesos productivos, administrativos, recursos humanos, mercadeo y ventas sean los mejores a nivel mundial”.

Política integrada del sistema de gestión de seguridad, ambiente y calidad.

“En Bridgestone de Costa Rica, 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 con los requisitos legales, reglamentarios y otros requisitos aplicables”.

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

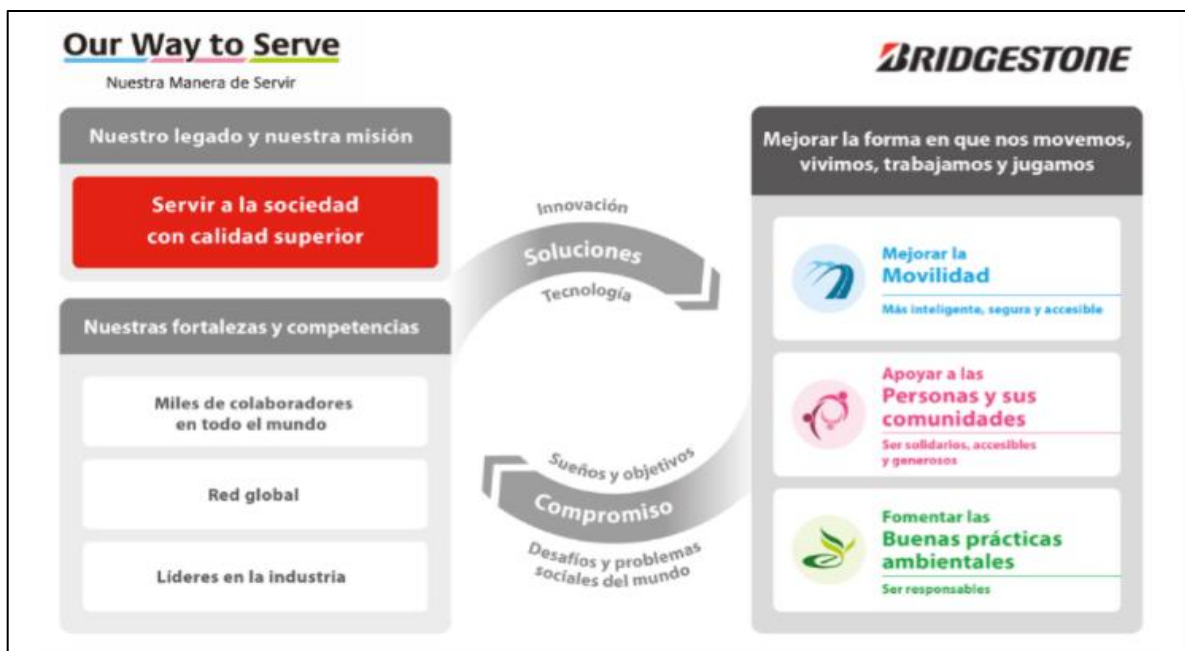


Figura 1. Nuestra Manera de Servir Bridgestone

Fuente: Documentación de Bridgestone de Costa Rica, 2020

Estructura Organizativa

La empresa Bridgestone de Costa Rica S.A., trabaja como una unidad de negocio en toda Latino América y para este proyecto utilizaremos la estructura de los lineamientos internos de la empresa.

El organigrama de la empresa está conformado de acuerdo con la estrategia de la dirección de manufactura.

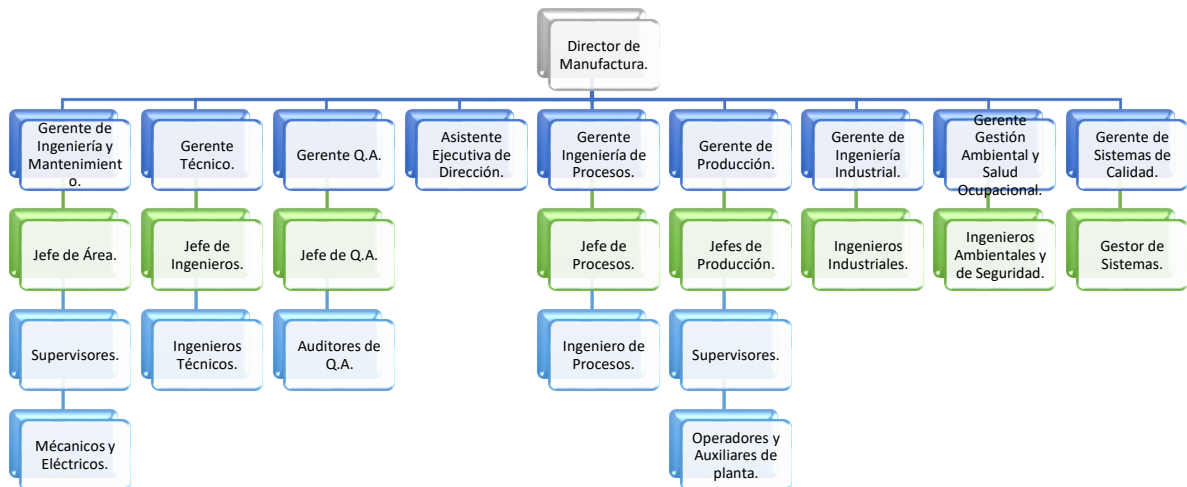


Figura 2. Organigrama Manufactura en Bridgestone de Costa Rica

Fuente: Diseño propio, 2020

La compañía actualmente tiene una planilla de 900 colaboradores continuos distribuidos en las áreas de:

- ❖ Manufactura.

- ❖ Recursos Humanos.
- ❖ Compras.
- ❖ Logística.
- ❖ Ventas.

Además, genera cerca de 1500 empleos indirectos que dan soporte para la continuidad del negocio.

1.2.1 PRECEDENTES DE LOS PROCESOS

La empresa tiene una serie de procesos productivos y administrativos para la manufactura de llantas, iniciando con la logística para la compra de materias primas y después de esto se inicia con el proceso para el adecuado manejo de estas.

Almacén de materia prima: Aquí llegan los distintos materiales para ser desalmacenados de los contenedores e ingresados al sistema SAP y colocados en las celdas quedando a la espera para ser utilizados en el área de mezclado.

Mezclado: Es donde se procesa el hule para obtener hule laminado y distribuirlo en las diferentes áreas del proceso para elaborar los diferentes componentes de la llanta.

Calandra: En esta área se procesa el hule con la tela para obtener la tela calandra y el sellante de los molinos.

Aros: Aquí se forma el aro y se le coloca hule con cobertor para lograr que este quede listo para ser ensamblado posteriormente.

Steelastic: Esta área utilizara el hule en conjunto con hilos de acero para la elaboración de las capas estabilizadoras.

Extrusión: Se utilizará el hule para generar las partes del rodado, paredes y *filler* que terminaran de dar formar a las carcazas.

Armado: En esta área se ensamblarán todas las partes manufacturadas en los procesos anteriores para obtener el producto final el cual se llama llantas verdes que serán trasportadas hacia el FIFO en el área de vulcanizado.

Vulcanización: En esta área es donde se centrará el desarrollo del proyecto y esta esta cuenta con 87 máquinas que se dividen en 8 tecnologías con características muy diferentes entre sí, también se tienen dos sistemas de curado uno a base de nitrógeno y otro con agua caliente.

El flujo del proceso productivo inicia con el traslado de llantas verdes hacia el FIFO. Esta es el área donde se almacena las llantas verdes antes de ser dopadas, el dope se aplica con una frecuencia establecida por Ingeniería de Procesos, esto para disminuir la fricción del *bladder* con la llanta logrando una mayor lubricación y de esta manera que estos cumplan con la vida útil establecida en cada prensa. Los *bladders* son un compuesto del hule en forma de vejiga lo que los hace muy susceptibles al deterioro por diversas situaciones tales como: cortes externos e internos, ampollas por presencia del ozono en los servicios del curado, fatigas y cracking por exceso de vacío entre otros. Después de aplicar el dope dentro de la llanta estas son acarreadas a la prensa para que el vulcanizador las coloque en los servidores y esta de forma automática las recoge con los brazos cargadores y la deposita dentro de los moldes para iniciar el proceso de curado y acabado final de la llanta.

Inspección final: Aquí llega la llanta vulcanizada y será inspeccionada por los inspectores para garantizar la calidad de esta, después de ser revisada se coloca en una banda trasportadora para que sea ingresada a las TUO

donde se mide las condiciones de uniformidad y si está conforme se dispondrá para que ingrese a la siguiente área.

Almacén de producto terminado: En esta área se recibe el producto terminado (llanta verde) para ser contabilizado por el SAP y colocado en los racks para ser almacenado en las celdas. De aquí el producto saldrá para los centros de servicio donde se venderá al cliente final.

Se adjunta detalle de los departamentos que comprenden el proceso productivo de la planta de Bridgestone Costa Rica.

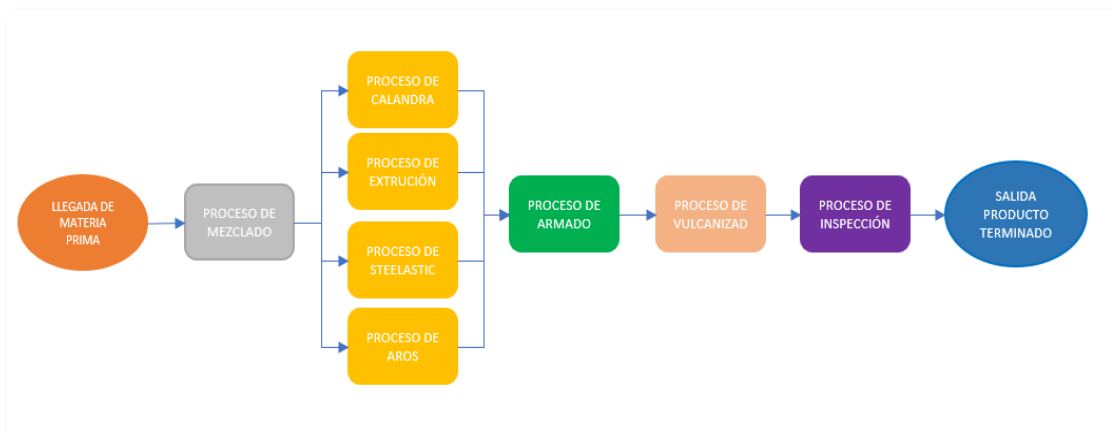


Figura 3. Diagrama del Proceso Productivo

Fuente: Diseño propio, 2020

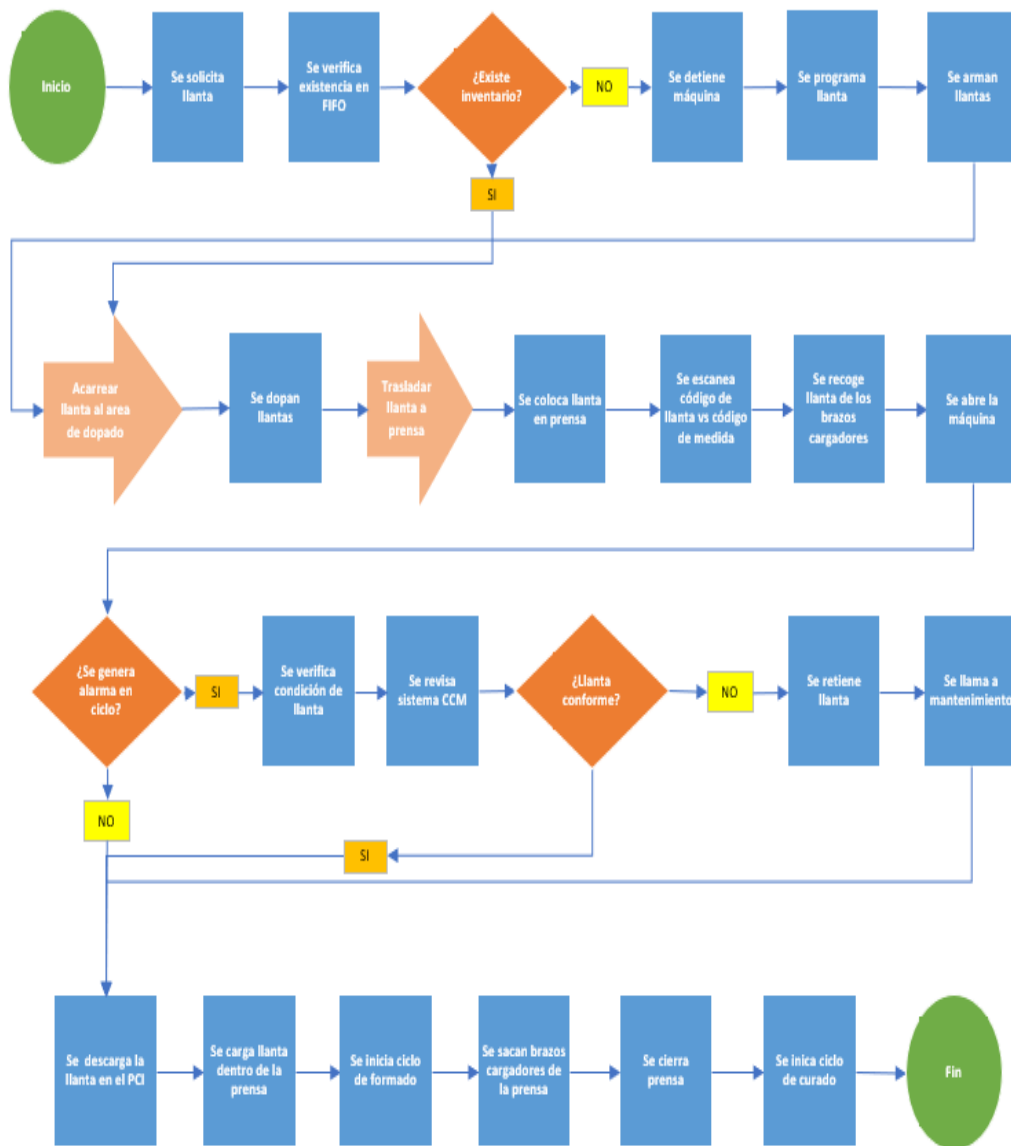


Figura 4. Diagrama de Flujo Vulcanizado.

Fuente: Diseño Propio 2020.

Comercialización

En la actualidad el 75% de la producción de la planta de Costa Rica se exporta a los Estados Unidos y a diferentes centros de servicio, el porcentaje restante (25%) de la producción se exporta para la venta en los mercados de Centroamérica, el Caribe y Colombia.

Dentro de la gama de productos que se producen y ofrece actualmente podemos encontrar: (PSR) pasajero radial, (LTR) camioneta liviana, (AGR) agrícola radial.

Para lograr comercializar estos productos en todas las regiones indicadas la planta tiene que estar certificada en una serie de normalizaciones y regulaciones internas y externas para poder tener la posibilidad de vender los productos producidos a todos esos mercados.

Actualmente las certificaciones que posee la planta de Costa Rica son:



ISO 9001: 2015 Sistemas de Gestión de la Calidad

IATF 16949: 2016 Sistema de Gestión de Calidad Automotriz



INTE-ISO/IEC 17025: 2017 Acreditación Laboratorio.
Pruebas Físicas Producto Terminado BSCR.

INTE-ISO/IEC 17025: 2017 Acreditación Laboratorio de
Calibración de Equipos de Medición.



Marca País, Licencia de uso corporativo y producto



Marca de Conformidad de Producto

INTE-ISO 14001: 2015 Sistema de Gestión Ambiental

INTE-ISO 14064-1: 2006 Sistema de Gestión para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de Gases de efecto invernadero

INTE/ISO 45001: 2018 Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo

INTE/ISO 50001: 2011 Sistema de Gestión de la Energía

Norma BASC Versión 5- 2017 Sistema de Gestión en Control y Seguridad

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Descripción del problema

En la actualidad todos los países a nivel mundial están atravesando una crisis económica por consecuencia de la pandemia que se está viviendo y la empresa Bridgestone de Costa Rica no es la excepción y por este motivo es necesario realizar ajustes en el presupuesto disponible en los gastos de planta, para bajar el costo generado por el uso de los diferentes insumos que se utilizan para producir.

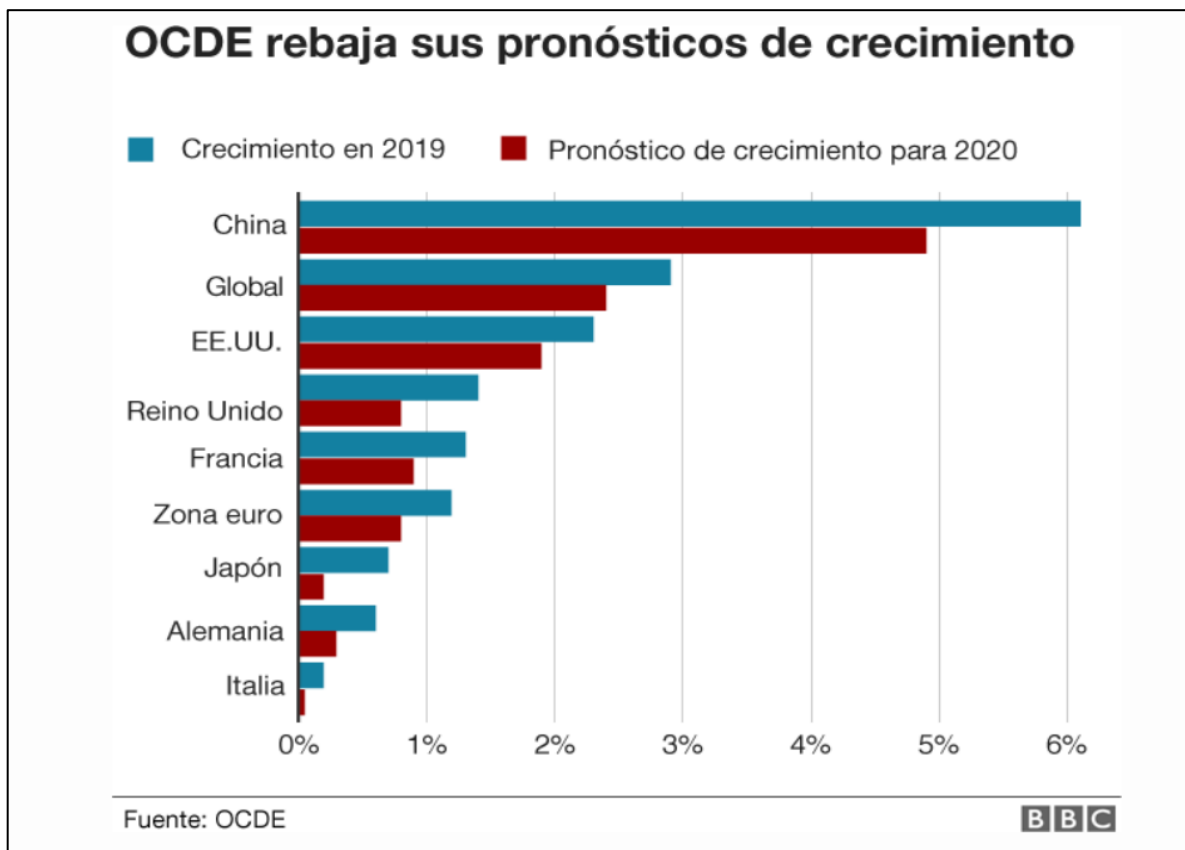


Figura 5. Impacto económico del coronavirus en los países

Fuente: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52080594>

El área de vulcanizado es uno de los principales departamentos que incurre en gastos de insumos por ende este cuenta con uno de los mayores presupuestos para la adquisición de la materia prima.

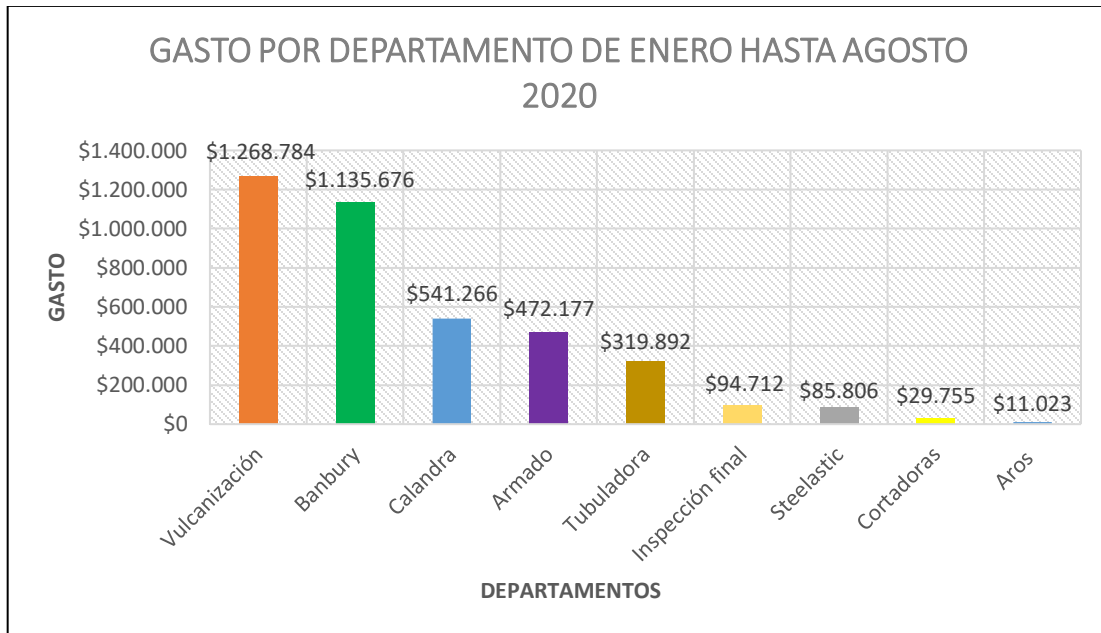


Gráfico 1. Presupuesto por departamento en dólares periodo de enero - agosto 2020

Fuente: Diseño propio, 2020

El departamento de curado es una de las zonas más relevantes de la planta, porque toda la materia prima producida en los procesos anteriores tiene que pasar por las distintas máquinas para obtener el acabado final del producto y de esta forma cumplir con todo el ciclo para la exportación de llantas.

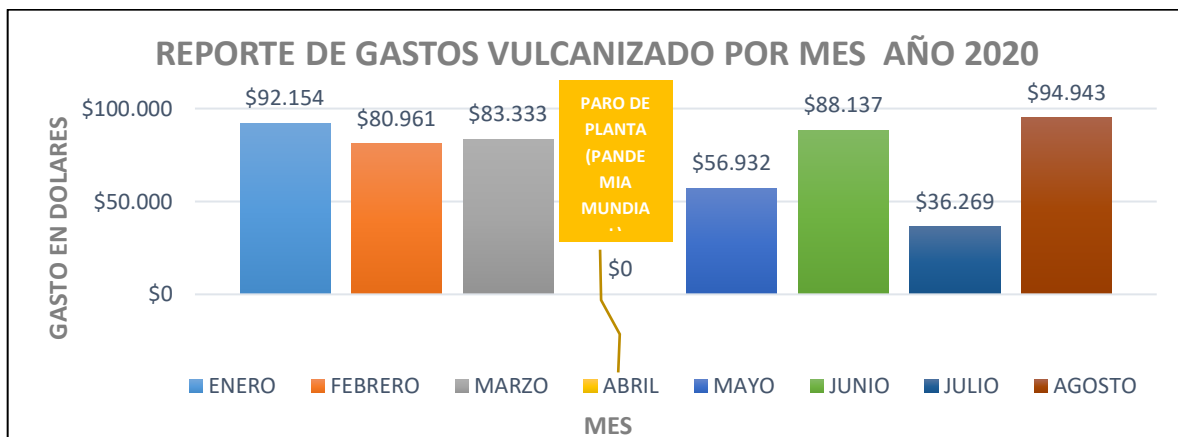


Gráfico 2. Gastos por mes área de vulcanización 2020

Fuente: Diseño propio, 2020

En esta área el gasto más representativo está conformado por los distintos *bladders* que se utilizan para garantizar la coacción por medio del ciclo y obtener la apariencia interna de la llanta. Esto se logra gracias a la adecuada transferencia de calor que es generada por el vapor interno que proviene de la caldera a la vez este se calienta y lo transite a la llanta y de esta manera nos aseguramos de que el ciclo de vulcanizado logre sacar los poros del hule y lo vulcanice logrando que los elementos se unan gracias al procesos de curado. Los *bladders* tienen forma de vejiga y están constituidos por hule vulcanizado esto para tener la flexibilidad necesaria y de esta manera cumplir con las exigencias del proceso.

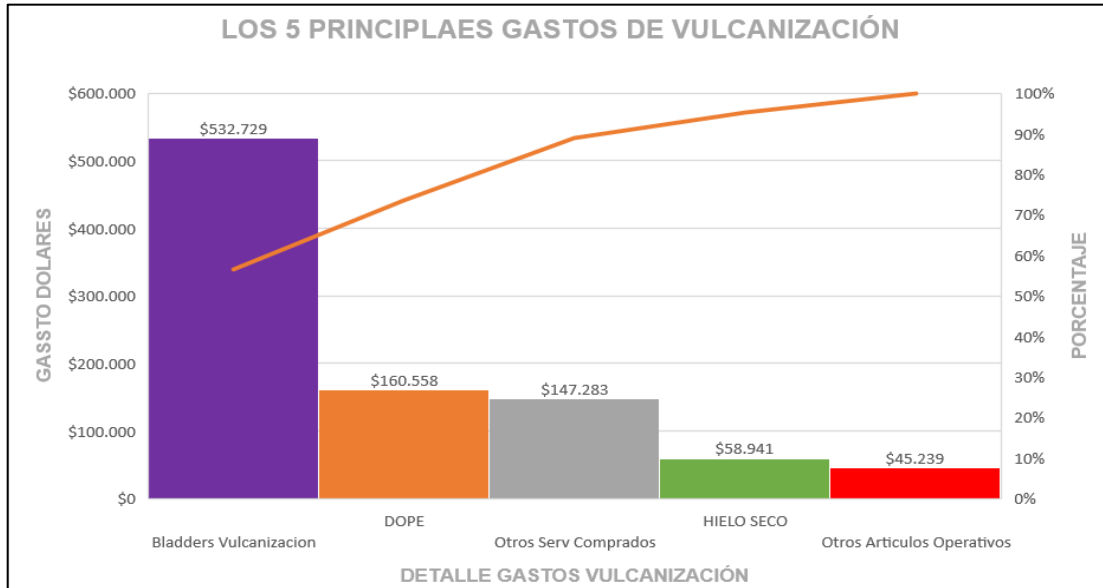


Gráfico 3. Gastos reportados en el área de vulcanización 2020

Fuente: Diseño propio, 2020

Los *bladders* son adquiridos de distintos proveedores que están ubicados en todo el globo terráqueo y estos cuentan con diferentes características entre sí para adaptarse al tamaño de la llanta.

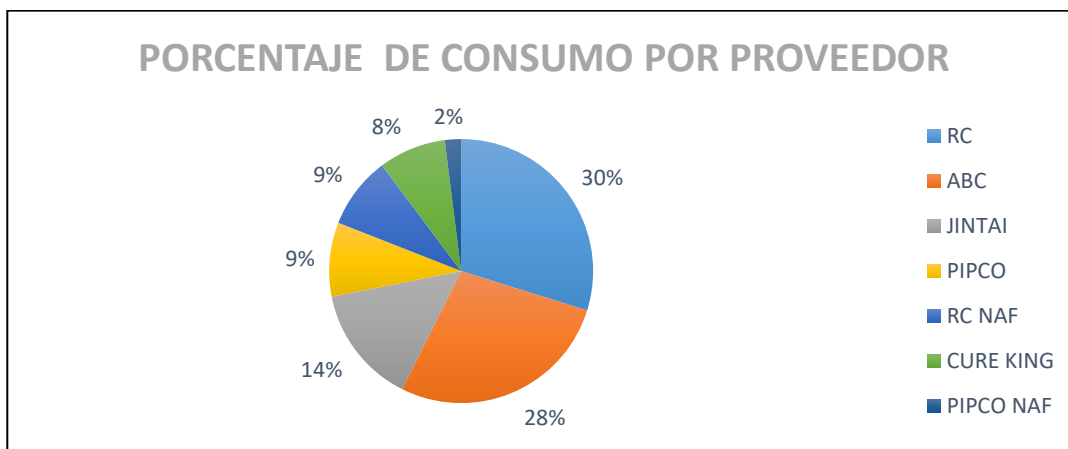


Gráfico 4. Porcentaje de consumo por proveedor

Fuente: Diseño propio, 2020

Con el fin de brindar una perspectiva adecuada del proceso de vulcanización y plasmar la condición actual se decidió desarrollar un análisis DAFO.



Figura 6. Análisis DAFO de vulcanización

Fuente: anaivars.com

1.3.2 Análisis DAFO

1.3.2.1 Debilidades

La planta de Bridgestone Costa Rica se estableció en el país hace más de 50 años, lo que nos evidencia que la infraestructura y la mayoría de su equipo de trabajo lleva en el área de vulcanizado muchos años de funcionamiento, esto genera que no tenga la versatilidad necesaria en su proceso para adaptarse y afecta la capacidad en el proceso productivo. Se tienen muchas tecnologías diferentes lo que ocasiona que no se puedan

realizar mejoras generales y estas se tiene que fragmentar y lo vuelve un proceso más lento.

Al tenerse máquinas muy antiguas esto impacta en el rendimiento de la vida útil de los *bladders* porque estas los están dañando por problemas en el funcionamiento y para realizar mejoras se tienen que invertir altos montos de dinero.

Al ser una compañía que manufactura llantas y en nuestro país no hay más empresas que se dediquen a esta industria, no se cuenta con personal (precalificado) para desarrollarse en área como lo son los operadores, mecánicos, eléctricos y personal con conocimiento técnico en este campo, lo que genera que el sistema de entrenamiento y capacitación sea más pausado en comparación con el resto del mercado.

La empresa está dedicada al 100% a la producción de llantas de reemplazo y por este motivo se maneja un alto volumen de códigos para la fabricación lo que genera muchos cambios en el alineamiento de la planta y la puede volver más lenta para producir.

1.3.2.2 Amenazas

En la actualidad la industria llantera ha presentado un incremento en la gama de productos que se ofrecen al mercado, esto obedece a la incursión de nuevos productos manufacturados en el continente asiático lo que aumenta la competencia en la región donde se comercializan nuestros bienes y genera que las ventas se vean afectadas y si se añade que la tecnología está evolucionando muy rápido día a día, genera que el mercado sea cambiante y exigente obligándote a mejorar, ofreciendo productos innovadores a muy bajo costo manteniendo los estándares de calidad.

También se puede tener mucha versatilidad en la preferencia de las personas y en su manera de vivir lo que hace que estén cambiando los hábitos de consumo y se compran nuevos productos sin analizar factores claves como la calidad de estos lo que hace que la industria se tenga que adaptar a todos estos nuevos contextos.

1.3.2.3 Fortalezas

La empresa es una organización muy estable a través de los años lo que la hace muy atractiva para laborar en ella, esta tiene más de 50 años de trabajo continuo en el país y gracias a esto el índice de rotación es muy bajo comparado con el mercado. Un ejemplo claro de su estabilidad es la crisis por la que paso todo el globo terráqueo y esta no tuvo la necesidad de despedir personal a pesar de haber detenido sus labores cerca de mes y medio.

El área de vulcanizado se divide en tres partes importantes y en todas se posee un índice de rotación bajo de acuerdo con los requerimientos de recursos humanos, lo que la hace muy estable y garantiza que el personal de trabajo cuente con un alto nivel de especialización, lo que es muy importante al momento de enfrentar fallas en los diferentes equipos de uso.

Operadores: estas son las personas que operan las máquinas donde se vulcanizan las llantas, ellos cuentan con una amplia capacitación en las distintas tecnologías que se posee para desempeñarse de la mejor manera.

Técnicos de mantenimiento: son los responsables de darle el mantenimiento adecuado a los equipos a utilizar para garantizar el correcto funcionamiento de estos, ellos tienen los recursos necesarios para desarrollar sus funciones de manera efectiva haciendo complemento con el conocimiento adquirido en neumática, mecánica y programación en PLC.

Técnicos de set-up: son los responsables de garantizar los ajustes en prensa donde se intervine la parte de *Tooling* (partes móviles de las máquinas que no se requieren para los movimientos de esta), estos cuentan con certificación y capacitación en mecánica de precisión.

1.3.2.4 Oportunidades

La empresa está ubicada en una región muy estratégica porque no hay más plantas en la zona que se dediquen a la manufactura de llantas y esta puede acceder a los mercados directamente y aprovechar los convenios internacionales para la exportación de los productos sin pagar grandes sumas de dinero en impuestos y vender más barato que la competencia, manteniendo los niveles de calidad debidos.

La planta de Bridgestone Costa Rica cuenta con mucha estabilidad económica porque esta forma parte de una corporación con 89 años en el mercado y esta posee un gran capital, lo que hace que tenga un gran respaldo continuo y se mantenga una inyección de capital para seguir creciendo con nuevas tecnologías en todas las áreas y especialmente en el área de vulcanizado. También se tiene cobertura en caso de que se presente una de crisis en la región o a nivel mundial y se pueda ofrecer más garantías a los clientes.



Figura 7. Análisis DAFO de vulcanización 2020

Fuente: Diseño propio, 2020

Debido a la baja vida útil de los *bladders* el indicador que se ve afectado es el costo porque como se observó en los gráficos este es el segundo gasto con un mayor rubro de importancia. Este indicador se revisa diariamente en las reuniones de CFT que está integrado por: Mantenimiento, Producción, Ingeniería de Procesos, Ingeniería Industrial, Mejora Continua, Seguridad ocupacional e Ingeniería de llantas, este equipo es lo suficientemente completo para garantizar el seguimiento adecuado y cumplimiento de los diferentes indicadores del departamento y en caso de que alguno se salga de objetivo poder aplicar las correcciones a tiempo, pero a pesar de los esfuerzos realizados en algunas ocasiones surgen situaciones que se salen de control. De ahí nace la necesidad de mantener una mejora continua para cumplir mes a mes con este importante indicador.

En la empresa Bridgestone de Costa Rica se cuenta con 86 máquinas de siete tecnologías diferentes, esta condición se tiene porque la planta ha crecido poco a poco a través del tiempo y como la tecnología va evolucionando cada vez que se ingresa equipo nuevo este viene con características nuevas y mejoradas.

Debido al deterioro que los equipos sufren el rendimiento de este va disminuyendo lo que hace que sus indicadores no sean buenos.

Estas están distribuidas de la siguiente manera.

Tabla 1. Tipos de tecnologías utilizadas para el proceso de curado

7 Tipos de Tecnología	Cantidad de equipos 86
<ul style="list-style-type: none"> • Kobelco • Bom • Mitsubishi • Naf • Bari • GRM • Domo 	<ul style="list-style-type: none"> • 27 máquinas • 20 máquinas • 16 máquinas • 12 máquinas • 6 máquinas • 4 máquinas • 1 máquinas

Fuente: Diseño propio, 2020

1.3.3 Justificación

Para saber la situación actual lo primero que se hizo fue realizar un *benchmarking* con las otras plantas de América Latina para lograr tener una perspectiva de donde estamos y hacia donde se puede llegar. También sirvió para obtener información valiosa de cómo se puede mejorar en la planta de Costa Rica.

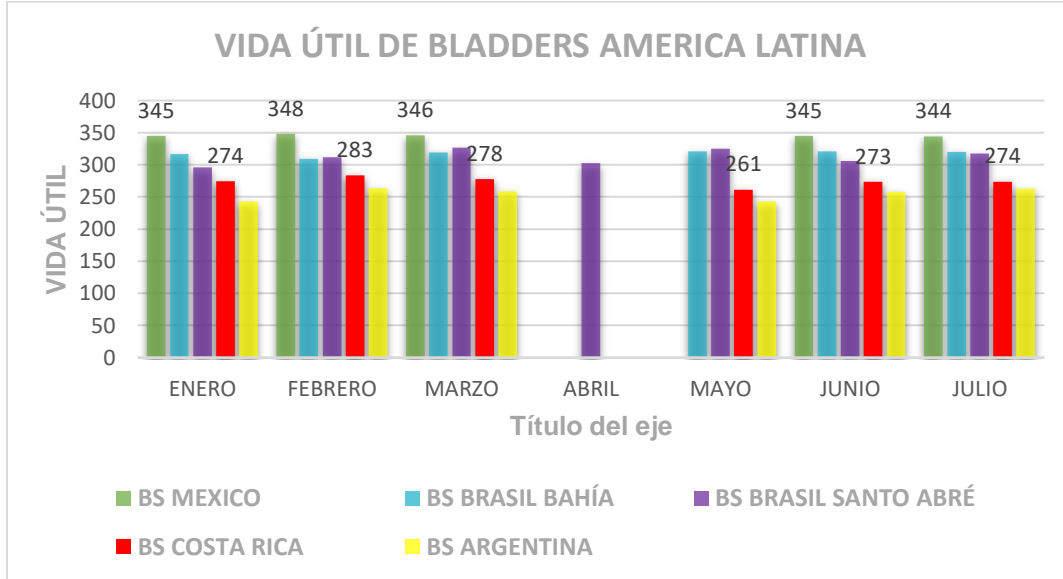


Gráfico 5. Vida útil de bladders plantas Bridgestone América 2020

Fuente: Diseño propio, 2020

Como se puede observar en el gráfico anterior de todas las plantas evaluadas en América Latina Bridgestone Costa Rica está de antepenúltima en vida útil de *bladders* y a pesar de que se muestra una mejora a través de los meses, está a un 26% por debajo de la planta de México que es la mejor en rendimiento lo que indica que se tiene mucho por mejorar en temas de rendimiento en vida útil de los *bladders*.

Para analizar los datos internos del proceso y priorizar el enfoque, se desfragmentaron las diferentes máquinas en el área por tecnología disponible lo que me guía hacia las prensas *kobelco*, porque estas son las máquinas que representan el mayor rubro en el área de vulcanizado con un 31%, de segundo lugar están la Mitsubishi sin embargo esta familia de prensas son el equipo más moderno disponible en el área y su rendimiento de vida útil de *bladder* está por encima del objetivo planteado.

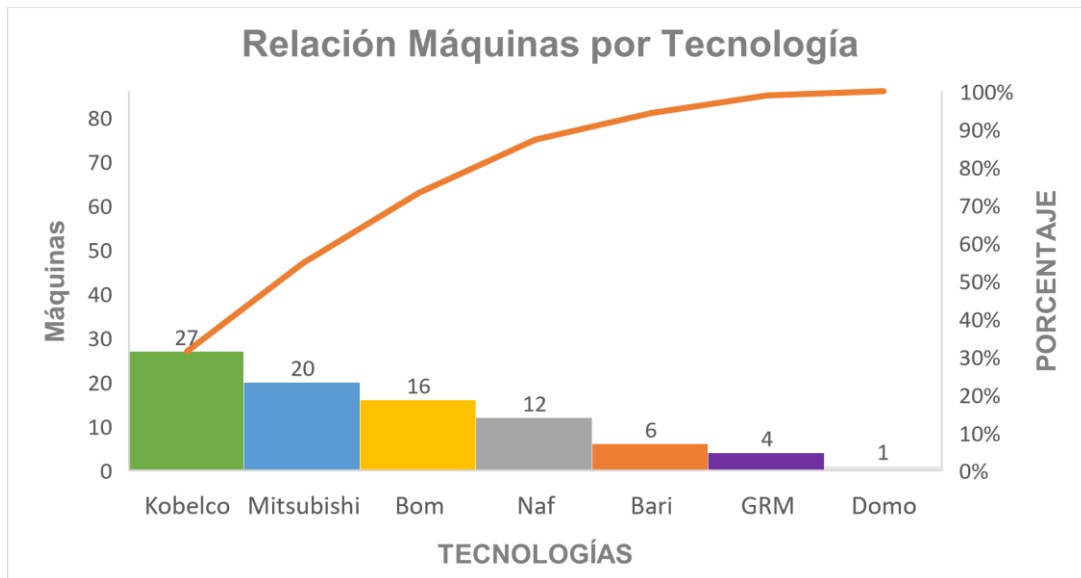


Gráfico 6. Distribución de prensas vulcanizado 2020

Fuente: Diseño propio, 2020

Tomando en cuenta otras variables importantes se analizó por medio de un gráfico Pareto la vida útil de los *bladders* en las diferentes tecnologías y se logró concluir que a pesar de que las prensas *Kobelco* representa el mayor porcentaje de tecnología en uso, la vida útil promedio de estas en el año 2020 es la segunda peor y está muy por debajo de los objetivos planteados por la alta dirección.

Se analizaron todos los datos de cambios de *bladders* realizados en el año en curso y se logró determinar que la maquina con menor vida útil es la prensa Domo, sin embargo, de esta tecnología solo se tiene una prensa lo que nos indica que trabajar en esta no representaría una mejora cuantitativa, a diferencia que si se toman las prensas *Kobelco* que se encuentran de

penúltimas y representan el mayor porcentaje de máquinas (31%), se vería un impacto más relevante en la mejora y un mayor ahorro.

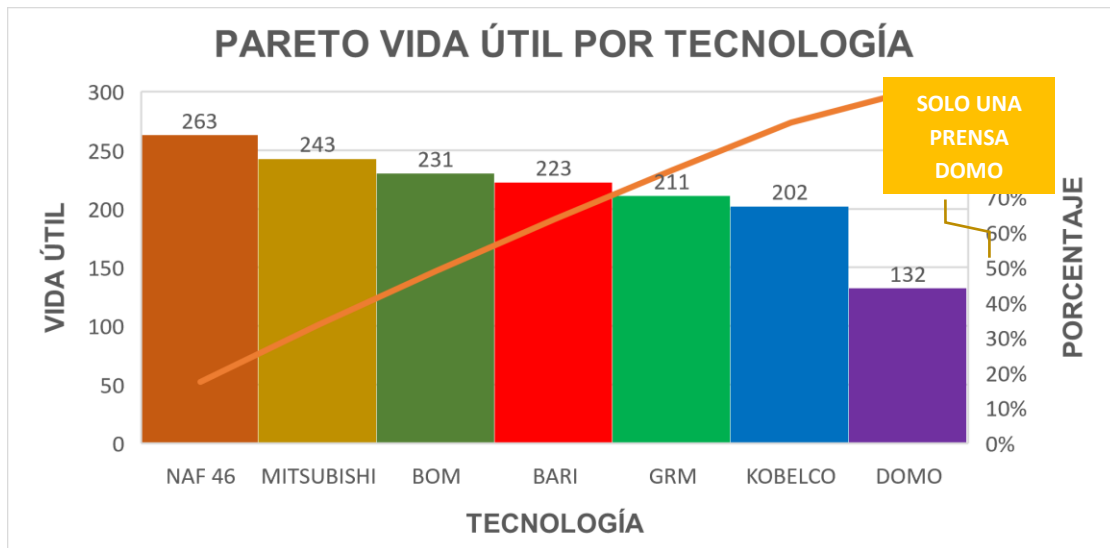


Gráfico 7. Vida útil por tecnología vulcanización 2020

Fuente: Diseño propio, 2020

Después de analizar los datos de las diferentes tecnologías y evidenciar que las prensas *Kobelco* son las que tienen una mayor oportunidad en vida útil, se desglosó la información por prensa para saber cómo se debe enfocar y dónde hay una mayor oportunidad de mejora y de esta manera estar en orden con los lineamientos corporativos definidos por PED.

Esto se realiza de esta manera para delimitar el alcance del proyecto y saber cuáles máquinas presentan una mayor desviación con respecto al objetivo de enero a agosto del 2020. Las máquinas donde se realizarán las diferentes mejoras serán: G08, H04 e I04.

La intención de plantearse una mejora gradual en el proyecto es para que este objetivo sea realista y alcanzable, logrando una mejorando

continuamente en el proceso. La mejora propuesta por la dirección es de un 10% con respecto al año 2019 sin embargo como estas máquinas están tan fuera del estándar el porcentaje de mejora que se va a trabajar será de un 30% en promedio logrando pasar de 166 curas a 215 curas promedio entre las tres prensas.

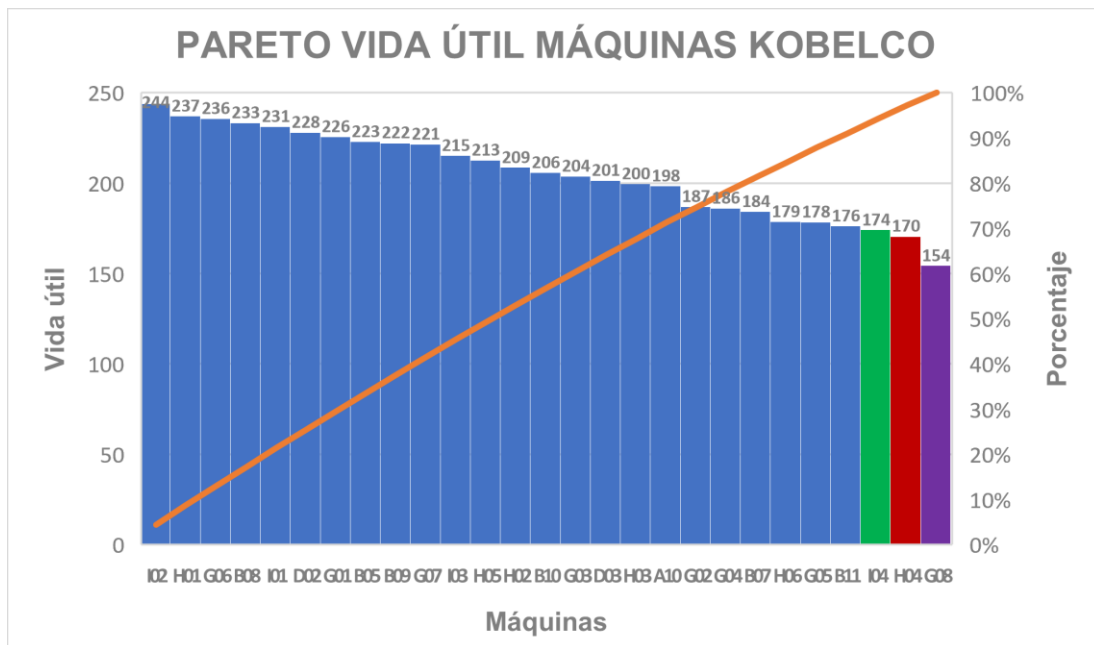


Gráfico 8. Pareto de vida útil prensas Kobelco vulcanización 2020

Fuente: Diseño propio, 2020

1.3.3.1 Justificación Financiera

La vida útil se mide tomando como referencia el reinicio de las cargas en prensa, el sistema una vez reseteado inicia en cero cargas y en el momento en que se reinicia nuevamente se genera un reporte electrónico que es registrado por el sistema, este se puede extraer en el momento que se desee validar el dato.

Se analizan los datos tomando como referencia los cambios de bladders reportados de enero a julio en una prensa que tiene una vida útil de 220 curas (objetivo establecido) y se contrasta contra los cambios realizado en las prensas a mejorar.

Para el periodo establecido se obtuvo la siguiente información: se realizaron 78 cambios en la prensa G07, 87 en la prensa H04, 100 en la prensa I04 y 135 en la prensa G08. El costo promedio de los *bladders* es de \$70

De esta manera podríamos indicar que si se logra mejorar la vida útil en estas prensas lograríamos un ahorro de \$6.160 en un periodo de 6 meses, tomando como referencia tan solo 3 de las 27 prensas Kobelco.

Tabla 2. Análisis gasto vs Ahorro Enero a Julio

Prensa	Cambios de Bladders	Gasto	Diferencia
G08	135	\$9.450	\$3.990
I04	100	\$7.000	\$1.540
H04	87	\$6.090	\$630
Referencia G07	78	\$5.460	\$0

Fuente: Diseño propio 2020.

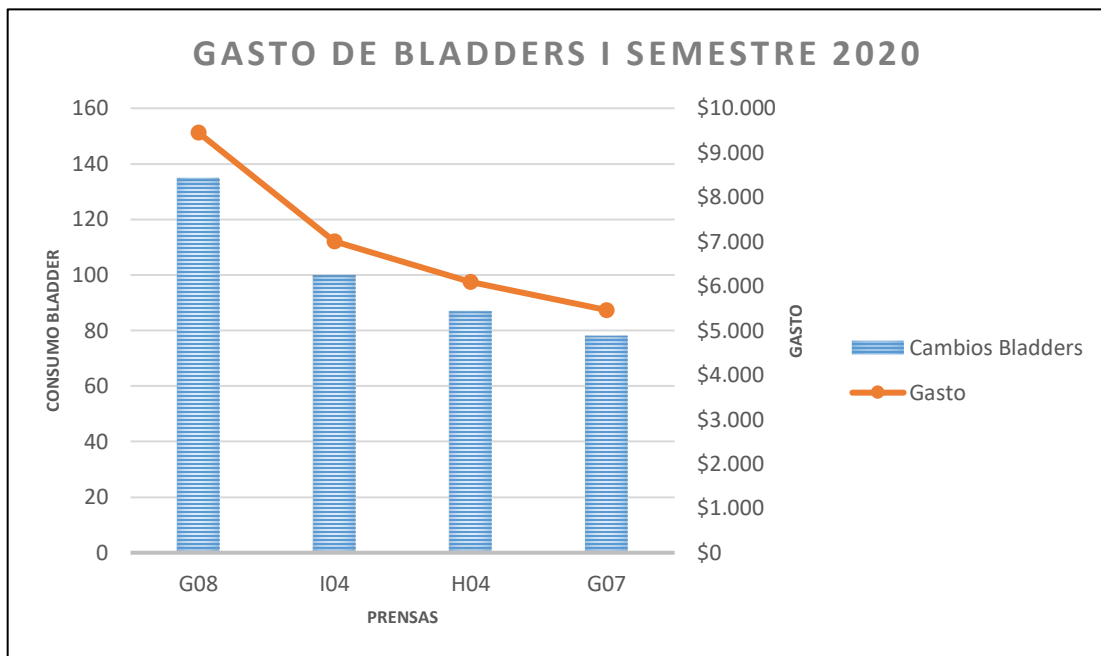


Gráfico 9. Gráfico gasto de bladders de enero a julio

Fuente: Diseño propio 2020.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo general

Mejorar el rendimiento de los *bladders* en las prensas de curado I04, G08 y H04 en el área de vulcanizado mediante la metodología Seis Sigma para la estandarización de la vida útil promedio para el tercer cuatrimestre del 2020.

1.4.2 Objetivos específicos

- Definir las condiciones que requiere mejora en cada máquina que impiden que estas cumplan con el objetivo establecido.
- Medir las condiciones actuales del proceso a través de herramientas que evidencien el estado actual y el deseado.
- Determinar las variables más significativas que perjudican la vida útil de los *bladders*.
- Comprobar las variables de mayor impacto en el rendimiento de los *bladders*.
- Controlar las mejoras realizadas garantizando que perduren en el tiempo.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

El proyecto se desarrollará en el área de vulcanizado donde se da el acabado final a las llantas, el alcance de este estará centrado en la familia de prensas KOBELCO, específicamente en las máquinas I04, H04 y G08, el tiempo para llevarlo a cabo será para el tercer cuatrimestre del 2020.

1.5.2 Limitaciones

Por la crisis que se está experimentando en este momento, no se dispone de mucho recurso económico para realizar mejoras en las prensas que ya están instaladas y debido a la variedad de tecnologías disponibles, disminuyendo la posibilidad de aplicar un *Yokoten*.

El uso de la información en el proyecto es limitado debido a las políticas de confidencialidad y difusión de la información, lo que genera que se deba de estar validando continuamente este documento con el área legal para lograr tener la aprobación de lo que se publica en él.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

Este capítulo sirve para identificar y definir los conceptos referentes a la Ingeniería Industrial y las herramientas que se utilizan en el desarrollo del proyecto, así como toda la metodología aplicada en las distintas fases.

2.1.1 Ingeniería Industrial

La Ingeniería Industrial es una parte de todo lo que representa la ingeniería, esta está conformada por el método científico y la inventiva al darse la interacción entre las dos partes se pueden plasmar las ideas en un hecho, logrando mejorar procesos y darle soluciones a diferentes problemas que se generan en todas las empresas a nivel mundial. Esta se puede aplicar en la producción de bienes y servicios gracias a que se desarrolla en una serie de pasos como lo son el análisis de las variables, el diseño, la planeación, optimización y el control garantizando que los procesos mejoren continuamente.

La Ingeniería Industrial se puede definir como un conjunto de normas y reglas que se pueden aplicar para transformar los recursos disponibles de una manera eficiente y eficaz. Esto se logra con la aplicación de los conocimientos teóricos, técnicos y prácticos logrando de esta manera ofrecer un bien o servicio. (Hodson, 1996).

2.1.2 Ciclo de la calidad (ocho pasos en la solución de un problema)

El método más adecuado para resolver problemas con recurrencia a través del tiempo y que estos son además muy complejos es seguir una metodología debidamente estructurada para lograr llegar a encontrar lo que es más relevante y no quedarse con los efectos y síntomas. Para esto se debe seguir el ciclo de la calidad (planear, hacer, verificar y actuar), todo lo anterior se debe desarrollar de manera objetiva y con un buen enfoque (planificar); esto lo podemos probar a pequeña escala tal y como se ha planeado (hacer); debemos analizar la información para saber si se obtuvo lo que se deseaba y en el rango adecuado (verificar); para este se continúa con consecuencia del paso anterior (actuar); este procede de acuerdo a los resultados obtenidos, si estos fueron relevantes se aplican las medidas necesarias para garantizar que este perdure en el tiempo o si los resultados no fueron los deseados replantearnos nuevamente e iniciar el ciclo (Humberto G. 2013 p.11).

Etapa	Paso	Nombre y breve descripción del paso
Planear	1	Seleccionar y caracterizar un problema: elegir un problema realmente importante, delimitarlo y describirlo, estudiar antecedentes e importancia, y cuantificar su magnitud actual.
	2	Buscar todas las posibles causas: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa. Participan los involucrados.
	3	Investigar cuáles de las causas son más importantes: recurrir a datos, análisis y conocimiento del problema.
	4	Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes: para cada acción, detallar en qué consiste, su objetivo y cómo implementarla; responsables, fechas y costos.
Hacer	5	Ejecutar las medidas remedio: seguir el plan y empezar a pequeña escala.
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos: comparar el problema antes y después.
Actuar	7	Prevenir la recurrencia: si las acciones dieron resultado, éstas deben generalizarse y estandarizar su aplicación. Establecer medidas para evitar recurrencia.
	8	Conclusión y evaluación de lo hecho: evaluar todo lo hecho anteriormente y documentarlo.

Figura 8. Ciclo de la calidad

Fuente: (Humberto G. 2013 p.12)

2.1.2.1 Planear

Seleccionar y caracterizar un problema. Para este paso debemos de elegir un problema con alta relevancia y posterior a esto debemos de delimitarlo y ver en cuales términos se trabajará de acuerdo con la magnitud de este, para esto se debe de recurrir a los datos estadístico que se tengan. Además, debemos de tener claro el impacto económico de este y la relevancia que tiene hacia los clientes. Por último, se establen los objetivos del proyecto y se conforma el grupo de trabajo asignado para trabajar en la problemática encontrada.

Buscar todas las posibles causas. Debemos de encontrar todas las posibles causas, pero no se analizarán en detalle en este momento. En esta parte es recomendable realizar una lluvia de ideas sobre la problemática general.

Investigar cuales de las causas son más importantes. El aspecto más relevante de esta es priorizar las causas de mayor impacto, utilizando el apoyo de herramientas estadísticas que nos ayude a filtrar la información para no perder el enfoque de este y al final poder tener identificado las variables en las que se trabajaran en el siguiente paso.

Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes. Para este paso se deberá de definir las soluciones a cada una de las variables identificadas como relevantes, estas contramedidas deberán de ser efectivas para que lleguen a atacar la causa raíz del problema. Estas soluciones establecidas partirán de pasos previos a este. Para llevar a cabo las contramedidas se deberán de tomar en cuenta una seria de regulaciones para garantizar la misma estos aspectos son: costo, tiempo, medición e impacto.

2.1.2.2 Hacer

Ejecutar las medidas remedio. Para este paso se deberá de implementar las contramedidas, pero se tiene que desarrollar de menor a mayor escala para garantizar los controles debidos avalando que todo lo pautado se siga al pie de la letra y adicionalmente se deberá de informar at todo el personal involucrado sobre la estrategia y objetivos planteados.

2.1.2.3 Verificar

Revisar los resultados obtenidos. Para este paso se deberá de analizar la información utilizando estadísticamente para evaluar el impacto de las contramedidas propuestas. Esto se puede verificar realizando una comparación del antes y después de la mejora y si se evidencia que hay una mejora se deberá representar cuantitativamente monetariamente.

2.1.2.4 Actuar

Prevenir la recurrencia. En este paso se analizar los datos y si no generaron un impacto se revisa la información para generar conocimiento, aprender de este y recapitular para iniciar nuevamente el proceso. Si la contramedida fue efectiva debemos de estandarizarla para que esta se replique estas las áreas posibles maximizando la mejora y logrando mejores resultados.

Conclusiones. Para este paso realizamos una recopilación de la información para cuantificar los logros (cualitativos y cuantitativos). También se deberá de indicar las variables adicionales que no se lograron abarcar e indicar posibles soluciones a la problemática y finalmente elaborar un listado de todos los beneficios obtenidos.

2.2 MARCO CONCEPTUAL ATENIENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

2.2.1 Metodología DMAIC

Para trabajar de manera estructurada en un problema que fue definido como una problemática, debemos de establecer la metodología por la cual este se desarrollara, esto para poder analizarlo y lograr obtener los mejores resultados. Por este motivo y por la naturaleza del proyecto la metodología seis sigmas es una herramienta que facilita la aplicación y estructuración de este por que se adapta a muchos de los diferentes procesos como lo son: desarrollo, fabricación, comercio y servicios, este por su naturaleza posee un enfoque analítico y lo que busca es entender el proceso para posterior a esto priorizar logrando los mejores resultados.

Seis Sigma se utiliza para reducir la variabilidad y con ello es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, así como disminuir los costos directos.

(Gutiérrez, H. (2014). Calidad y productividad. (4a. ed.) p. 296).

Al desarrollar un proyecto siguiendo la metodología seis sigmas puede llegar a ser muy complejo, por este motivo debemos de estructurarla bajo el sistema DMAMC, que nos permite trabajar de forma ordenada llevando el hilo de la investigación y para esto se tiene una serie de fases para que se mostraran a continuación.

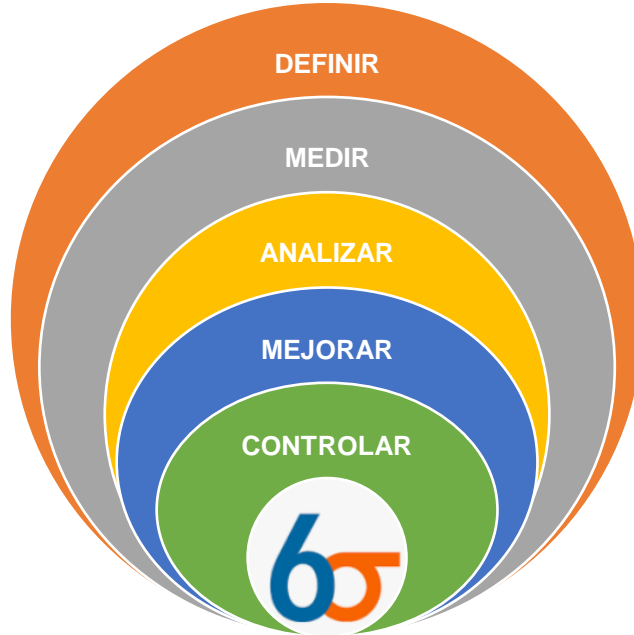


Figura 9. Metodología DMAIC

Fuente: Diseño propio, 2020

2.2.1.1 Fase Definir

Para esta etapa de definición se debe de limitar y plantear la base estructural del proyecto y una vez terminado debemos de tener definido el objetivo como lo vamos a medir el impacto y alcance de este.

Para esta parte mencionaremos las herramientas utilizadas en el desarrollo y elaboración de este.

2.2.1.1.1 Gemba

Esta es una técnica llamada “lugar de trabajo” esta se utiliza para ir a observar el proceso y entender la forma en como este se desarrolla. Este muchas veces requiere de mucho tiempo en piso porque si se desea aprender

y tener un panorama claro de las distintas actividades que se llevan a cabo debemos de conocerlo para poder encontrar las variables que se convertirán en oportunidades.

En este tenemos varios principios que nos indica la necesidad de realizarlo para que este sea interiorizado por el grupo de trabajo y estos son:

- Ir al área de trabajo.
- Realizar todas las preguntas necesarias.
- Debemos de mostrar respeto por las personas que realizan el trabajo.

2.2.1.1.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto lleva el nombre de Vilfredo Pareto, este fue un ingeniero francés que desarrollo la regla del 80/20, este grafica valores en orden ascendente de mayor a menor y este tiene un planteamiento muy práctico donde indica que el 20% de los problemas representan el 80% de las oportunidades. Para desarrollarlo debemos de garantizar la información a utilizar para lograr obtener el enfoque adecuado del proyecto.

Algunas características de este son:

- Forma particular de un gráfico de columnas.
- Guía para seleccionar oportunidades (alcance)
- Método para estratificar la información y estudiar resultados de mejoras
- Gráfico de barras que clasifica las medidas relacionadas en orden descendente de ocurrencia
- Clasificación de información por categorías
- Algunas veces referido como Diagrama de Pareto

- Frecuencia, Ocurrencia

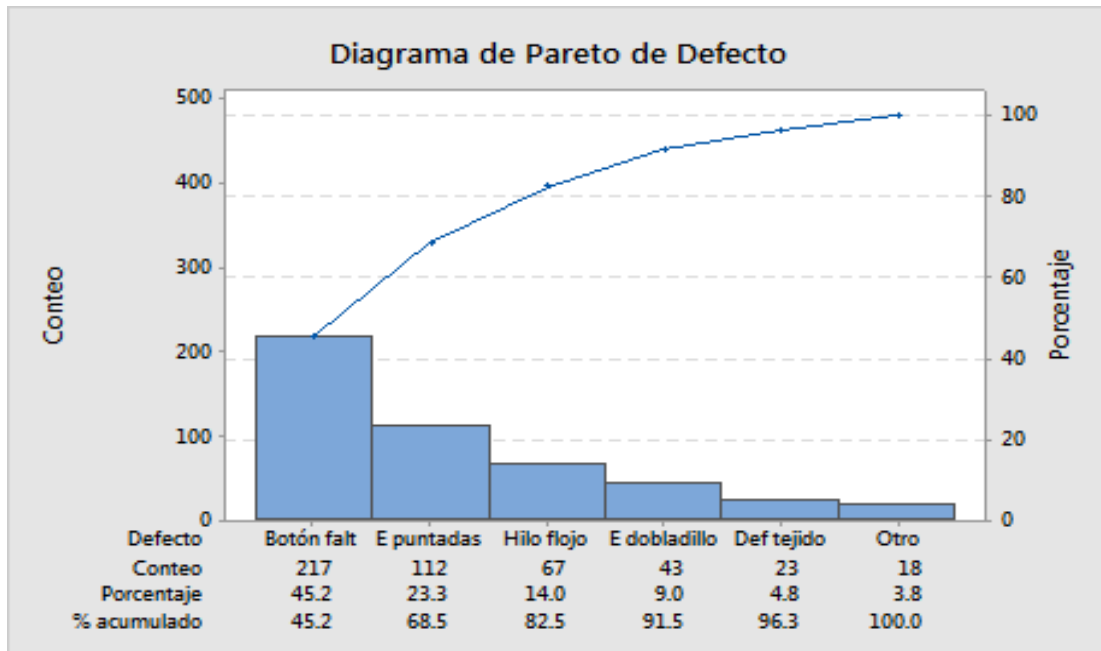


Figura 10. Diagrama de Pareto

Fuente: support.minitab.com

2.2.1.2 Fase Medir

Para esta etapa partimos de la fase anterior que es (definir), para ello utilizamos los insumos obtenidos y los analizamos con diferentes herramientas para lograr llegar a las KPIVs, en las cuales se deberá de centrar el proyecto.

Para desarrollar esta fase a continuación se mencionarán las herramientas utilizadas para facilitar el desarrollo de este.

2.2.1.2.1 Análisis del sistema de medición (MSA)

Para trabajar bajo la metodología seis sigma debemos de asegurar que los datos son ciertos, porque si la medición realizada no es cierta mayor será el error que se tendrá en las mediciones. El propósito de realizar un MSA es calificar el sistema de medición, para que este sea exacto, preciso y estable. Dentro de este se podrá encontrar de variables y de atributos.

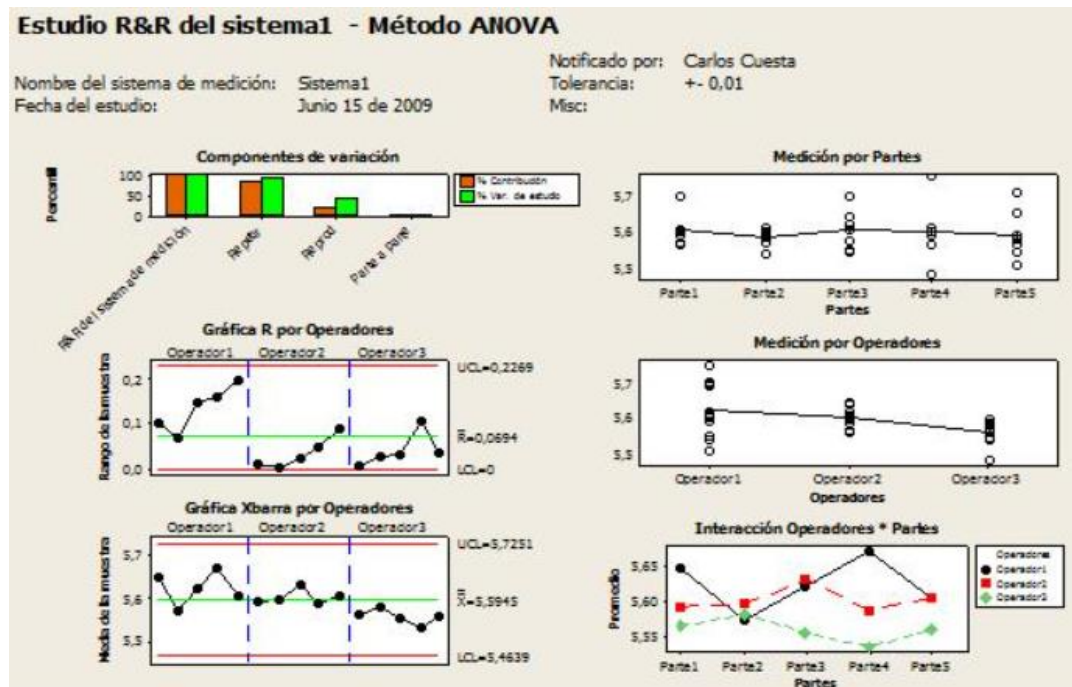


Figura 11. MSA Estudio R&R

Fuente: <https://cicalidad.com/entrenamiento/estudios-rr-de-medicion-msa/>

2.2.1.2.2 Análisis de Capacidad

El análisis de capacidad es una herramienta estadística que se puede utilizar para analizar los datos recolectados que nos sirven de insumo para desarrollar el proyecto en estudio. Este tiene varios componentes importantes que nos indica como se encuentra nuestro proceso (comparación de la

variación del proceso vs los requerimientos de los clientes). Un proceso capaz tiene márgenes más estrechos que los requisitos del cliente.

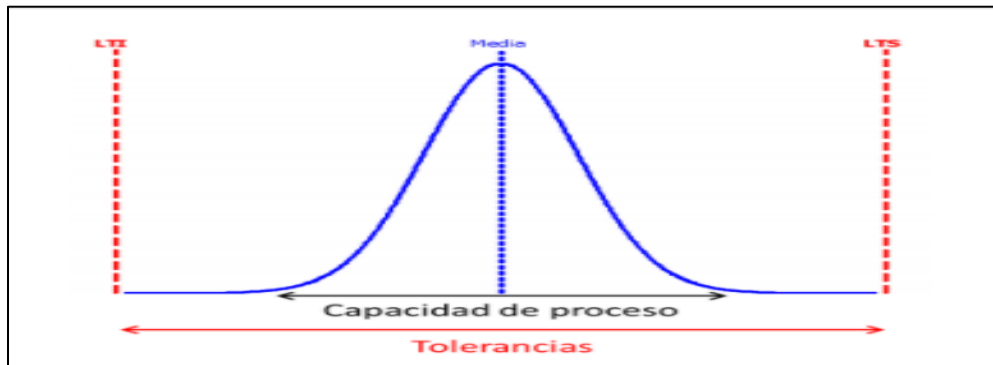


Figura 12. Capacidad del Proceso

Fuente: <https://www.caletec.com/6sigma/definicion-de-capacidad-de-proceso/>

Gutiérrez, H. (2013). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. (3a. ed.) McGraw-Hill Interamericana. Página: 18.

Para el análisis de estos datos podemos utilizar diferentes métricas de capacidad tales como:

- $Cpk > 1.33$ indica que el proceso es capaz.
- $Cpk = 1.00$ a 1.33 indica que el proceso es capaz, pero con un control estadístico.
- $Cpk < 1.00$ indica que el proceso no es capaz y requiere mejora.

Adicionalmente a estas métricas es necesario conocer otras que nos ayudaran a comprender de manera explícita el análisis de datos.

Media: es la media de la tendencia central y es el promedio de los datos utilizados, se obtiene al sumar todos estos y posterior a esto se dividen por el número de datos.

Mediana: es la medida de la tendencia central, este se obtiene al ordenar los datos de forma ascendente y se toma el valor de en medio de todo el listado.

Moda: es la medida de la tendencia central, se obtiene al analizar los datos para definir cuál es el que se repite más.

Desviación estándar: es la medida de variabilidad, esta nos indica que tan esparcidos están los datos con respecto a la media.

Rango: es la medición de la variabilidad, este es el resultado de la diferencia del rango mayor y el menor de un conjunto de datos.

2.2.1.2.3 Distribución Normal

La distribución normal es la más utilizada en la estadística porque es muy explícita al momento de analizar datos y facilita el manejo de estos, con ella podemos evidencia como está el proceso utilizando las métricas Pp, Ppk, Nivel Sigma y PPM.

Para evaluar si los datos utilizados cumplen con los requisitos para ser tomados como normales se sigue una serie de pasos como:

- Valor de P, si el valor de P es mayor a 0.05 indica que los datos son normales.
- Valor de P, si el valor de P es menor a 05.05 indica que los datos no son normales y se tendrán que revisar para saber en qué tipo de distribución se pueden clasificar.

Adicionalmente con la prueba de Anderson Darling se puede realizar una verificación para validar si los datos tienen un comportamiento normal u obedece a otro tipo de distribución.

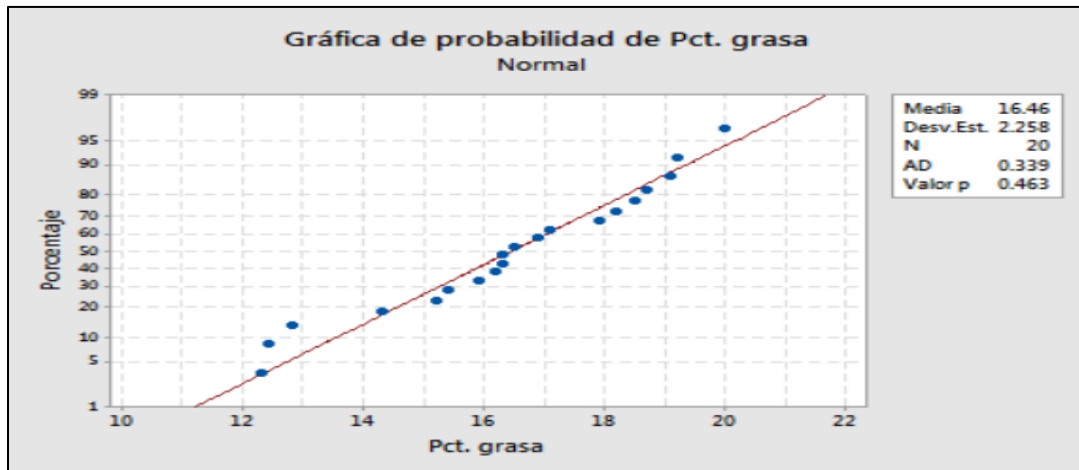


Figura 13. Prueba de Normalidad

Fuente: <https://support.minitab.com/statistics/basic-statistics/how-to/normality-test/>

2.2.1.2.4 Mapa del proceso

Esta es una herramienta para identificar, entender y describir visualmente el proceso desde una perspectiva de alto nivel, de aquí podemos obtener información muy importante porque podremos tener un mapeo visual de los aspectos relevantes que lo conforman e ir identificando las primeras variables relevantes. Es importante mencionar que con este se lograra identificar algunos de los aspectos importantes del proyecto sin embargo para profundizar en muchos problemas que se vuelven repetitivos debemos de indagar bajo la superficie para encontrarlos.

2.2.1.2.5 Diagrama de Flujo

Este consiste en representaciones gráficas que nos ayuda a mostrar las distintas actividades de un proceso y sus respectivos pasos, mediante la ayuda de símbolos que de acuerdo con su naturaleza tienen un significado diferente, estos nos ayudan a mostrar el paso a paso de una actividad para lograr que se obtenga un mejor entendimiento de estos.

Los diagramas de flujo indican los distintos controles del hilo conductor que unen las fases de forma lógica esto para diferenciar el inicio y el final de cada uno de los procesos.

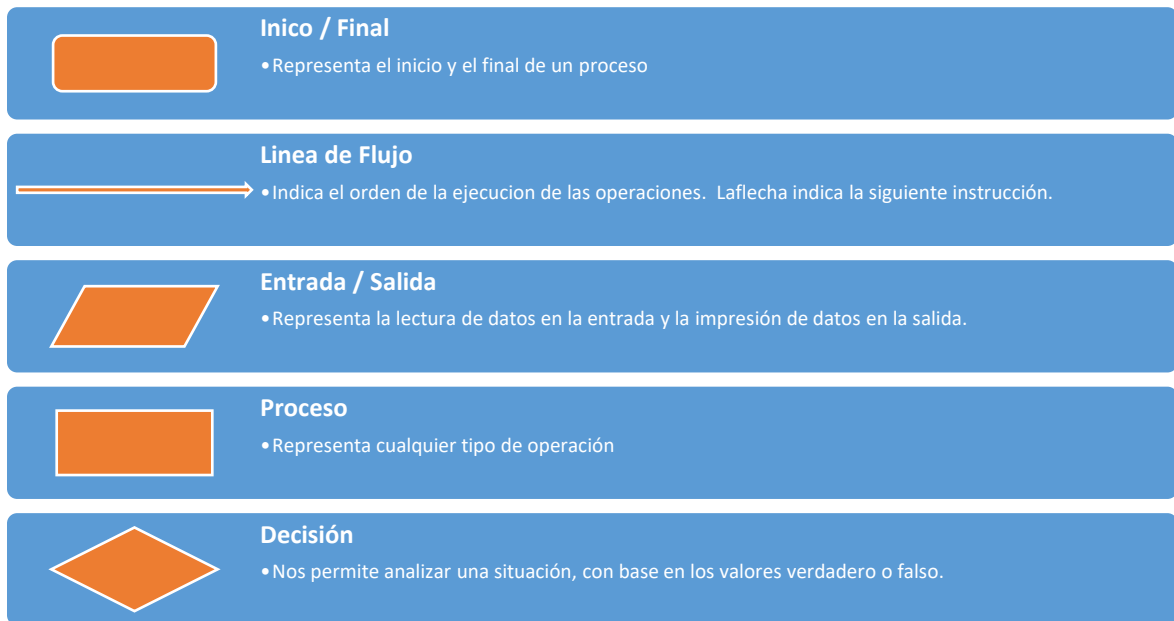


Figura 14. Símbolos del Diagrama de flujo

Fuente: <https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>

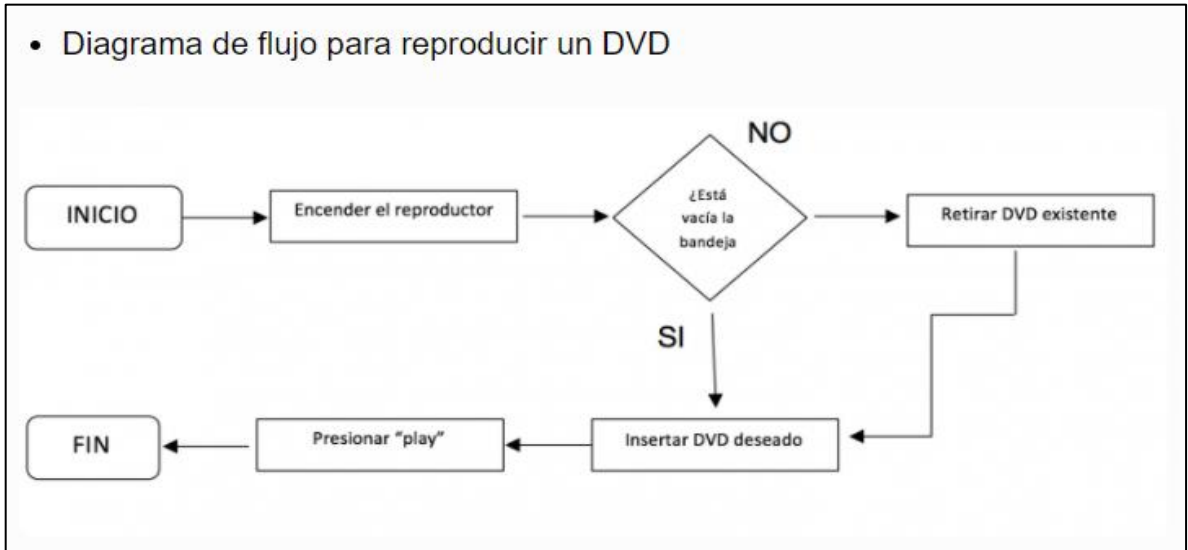


Figura 15. Diagrama de flujo

Fuente: <https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>

2.2.1.2.6 Diagrama IPO

Después de realizar el diagrama de flujo a un nivel *high level*, continuamos con el desarrollo de este diagrama, para desfragmentar en un mayor detalle cada una de las actividades realizadas para encontrar posibles oportunidades de mejora.

En este se analiza cada una de las variables detalladas y se en lista para saber si esta es controlable o no controlable, después de esto se clasifica de acuerdo con el proceso o actividad, a continuación, se indica en donde se desarrolla y posteriormente la salida de ese proceso.

IPO Map			
INPUTS	TYPE	PROCESS	OUTPUT
Tipos de bladders	C	Compra de materia prima	Materia prima
Tipo de dope	C		
Tipo de pretratado de bladders	C		
Metodo de aplicación	C	Ensamble e Intalación	Bladder instalado para su uso
Secado de bladder	C		
Amlacenamiento	C		
Ensamble	C		
Montaje en maquina	C		
Condición de tooling	C		
Calentamiento	C		
Condición de brazo cargador	C	Carga de prensa	Prensa cargada
Ingreso de brazo cargador	U		
Ajustes de cargador	C		
Pulso de shaping	C		
Piston de bladder baja	U		
Shaping 1	C		
Shaping 2	C		
Salida de brazo cargador	U		
Cierre de prensa	U		

Figura 16. Diagrama IPO map

Fuente: Bridgestone CR 2020

2.2.1.2.7 Diagrama de Causa y Efecto

El diagrama de causa y efecto es también conocido como Espina de pescado o Diagrama de Ishikawa, este se enfoca en identificar posibles razones para los problemas. Este fue desarrollado por Ishikawa en los años 50, en ese momento él trabajaba para Kawasaki Steel Company, según Niebel (2004).

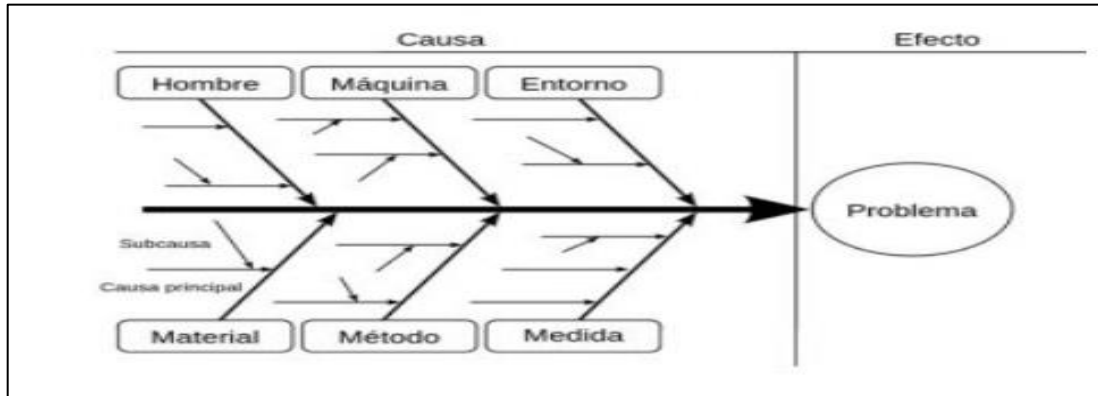


Figura 17. Diagrama de Causa & Efecto (Ishikawa)

Fuente: <https://jorgesaiz.com/blog/diagrama-causa-efecto/>

2.2.1.2.8 ¿Los 5 por qué?

La herramienta de los 5 por qué, se utiliza para lograr un análisis más detallado sobre una problemática en cuestión y de esta manera profundizar en para encontrar la causa raíz.

Esta se puede utilizar después de tener las variables mapeadas por el diagrama de causa y efecto y de esta manera unificar las dos con el uso de las 4M

Esta se basa en identificar la problemática, posteriormente a esto se tabulan las variables encontradas y se realiza una serie de cuestionamientos comprendidos en 5 preguntas consecutivas para encontrar la solución al problema. En muchas ocasiones se puede llegar a la causa raíz en el 3 o 4 por qué y lograr encontrar la solución.

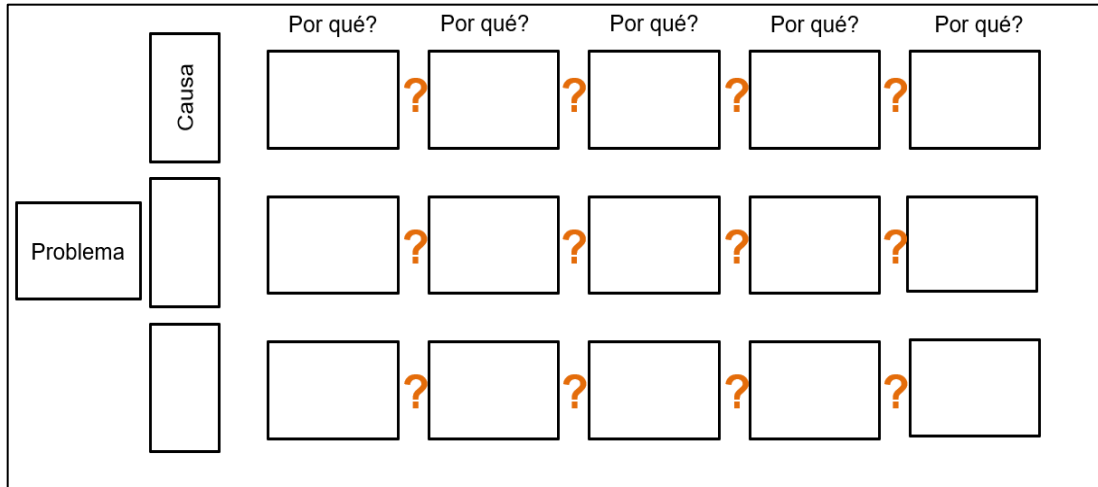


Figura 18. ¿Los 5 por qué?

Fuente: Diseño propio, 2020

2.2.1.2.9 Matrix de Causa y Efecto

Con el uso del Diagrama de Ishikawa se pueden ponderar las variables identificadas en el Diagrama IPO map, para asignarle un porcentaje de relevancia. Para esto se debe de utilizar un equipo multidisciplinario con un conocimiento en la problemática donde se analizarán cada una de las posibles KPIVs y se ponderaran, después de esto se filtran y las que obtienen la mayor puntuación serán analizadas con otra herramienta de estudio.

Cause & Effect Matrix							
Relative Importance (10 is high (good) 1 is low)				10	9	8	Total
		Customer Requirements	Useful life	Scrap	Productivity		
Step / Item #	Process Step		Process Inputs				
1	Purchase of raw materials	Types of bladders	9	9	9	243	
4	Assembly and Installation	Application Method	9	9	3	195	
4	Assembly and Installation	Tooling condition	9	9	3	195	
10	Press loading	Loader Arm Condition	9	9	3	195	
20	Tire doping	Doping frequency	9	9	3	195	
12	Press loading	Shaping pulse	9	9	1	179	
15	Curing cycle	Valve Programming	9	9	1	179	
17	Tire discharge	Shaping pulse	9	9	1	179	

Figura 19. Matrix de Causa y Efecto

Fuente: Bridgestone CR 2020

2.2.1.2.10 Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

La herramienta del AMEF fue utilizada por primera vez en la industria aéreo espacial durante las misiones Apolo en 1960s y esta nos permite alcanzar un mayor detalle de cada una de las posibles KPIVs que fueron clasificadas previamente en la Matrix de Causa & Efecto, porque esta se analiza desde tres aristas diferentes como lo son severidad, ocurrencia y detención todas estas se ponderan de acuerdo con su probabilidad para ver cuál es más relevante.

Las grandes empresas automotrices le dan una orientación dependiendo del enfoque en estudio ya sea sistema, diseño o Proceso.

Para realizar el AMEF debemos de seguir una serie de lineamientos donde se analiza cada aspecto relevante de las posibles KPIVs y estas son:

- I. Proceso
- II. Entrada clave del proceso
- III. Modo potencia de fallo
- IV. Severidad (ponderado)
- V. Causas potenciales
- VI. Ocurrencia (ponderado)
- VII. Controles para la ocurrencia
- VIII. Detectabilidad (ponderado)
- IX. RPN

Para ponderar cada una de las variables obtenidas con la Matrix se utiliza la siguiente tabla de referencia

Referencia de Severidad

Tabla 3. Identificación de la Severidad

Effect	Severity of Effect	Rating
Hazardous without warning	Affects safe vehicle operation.	10
	Failed government regulation.	
Hazardous with warning	Affects safe vehicle operation.	9
	Failed government regulation.	
Very High	Product does not operate.	8
	Operates but with loss of primary function.	
High	Operates at a diminished performance level.	7
	Customer dissatisfied.	
Moderate	Operable, but comfort item(s) do not operate.	6
	Customer experiences discomfort.	
Low	Comfort item(s) operate at diminished level.	5
	Customer experiences some discomfort.	
Very Low	Fit & finish defect noticed by most customers.	4
Minor	Fit & finish defect noticed by average customer.	3
Very Minor	Fit & finish defect noticed by discriminating customer.	2
None	No effect.	1

Fuente: Bridgestone 2020

Referencia de Ocurrencia

Tabla 4. Identificación de la Ocurrencia

Probability of Failure	Possible Failure Rates	Ranking
Very High	≥ 1 in 2	10
Failure is almost inevitable	1 in 3	9
High	1 in 8	8
Repeated failures	1 in 20	7
Moderate:	1 in 80	6
Occasional failures	1 in 400	5
	1 in 2,000	4
Low:	1 in 15,000	3
Relatively few failures	1 in 150,000	2
Remote: Failure is unlikely	≤ 1 in 1,500,000	1

Fuente: Bridgestone 2020

Referencia de Detección

Tabla 5. Identificación de la Detección

Likelihood of Detection	Rating
Absolute uncertainty	10
Very remote	9
Remote	8
Very low	7
Low	6
Moderate	5
Moderately high	4
High	3
Very high	2
Almost Certain	1

Fuente: Bridgestone 2020

Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Causes	O C C	Current Controls	D E T	R P N
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?	

Figura 20. AMEF

Fuente: Bridgestone 2020

2.2.1.3 Fase Analizar

2.2.1.3.1 Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis es una declaración de un investigador que especula el resultado final de una investigación. Al realizar el planteamiento de la hipótesis debemos de tener claro que esta debe de ser realista y comprobable.

Esta se basa en generar evidencias para asegurar que lo deducido es afirmativo sin embargo la investigación podría arrojar evidencia donde se podría concluir que esta afirmación se debe de rechazar.

Para el planteamiento de esta tenemos que establecer dos posibles escenarios.

- Hipótesis Nula H0: esta busca afirmar que lo planteado por el investigador es cierto.
- Hipótesis Alternativa H1: esta se aceptará si los datos obtenidos evidencian que la hipótesis nula (H0) es falsa.

A la hora de analizar las pruebas de hipótesis se podrían cometer dos errores que son:

- Error tipo I: es el momento en que se rechaza H_0 y esta es verdadera.
- Error tipo II: esta se da cuando aceptamos a H_1 y esta es falsa.

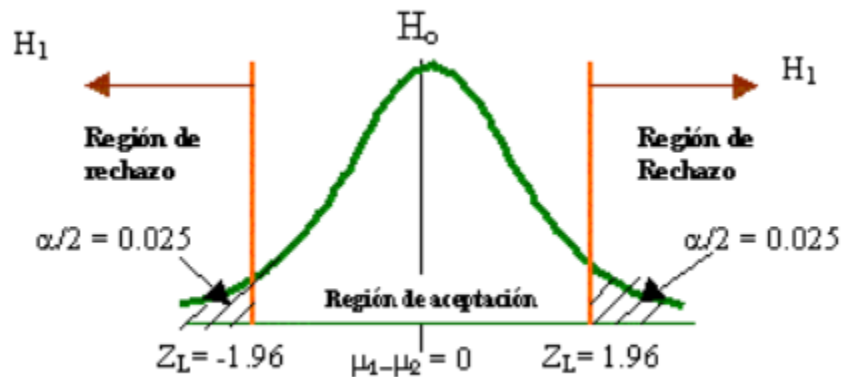


Figura 21. Prueba de Hipótesis

Fuente:

<http://www.chihuahua.tecnm.mx/academic/industrial/estadistica1/cap02c.html>

2.2.1.4 Fase Mejorar

2.2.1.4.1 Kaizen

El kaizen es un sistema que se enfoca en la mejora continua par lograr que los procesos sean más eficientes en el transcurso del tiempo. Este se basa en realizar mejoras fáciles de implementar que no requieren mucho tiempo o un alto costo económico para su inversión.

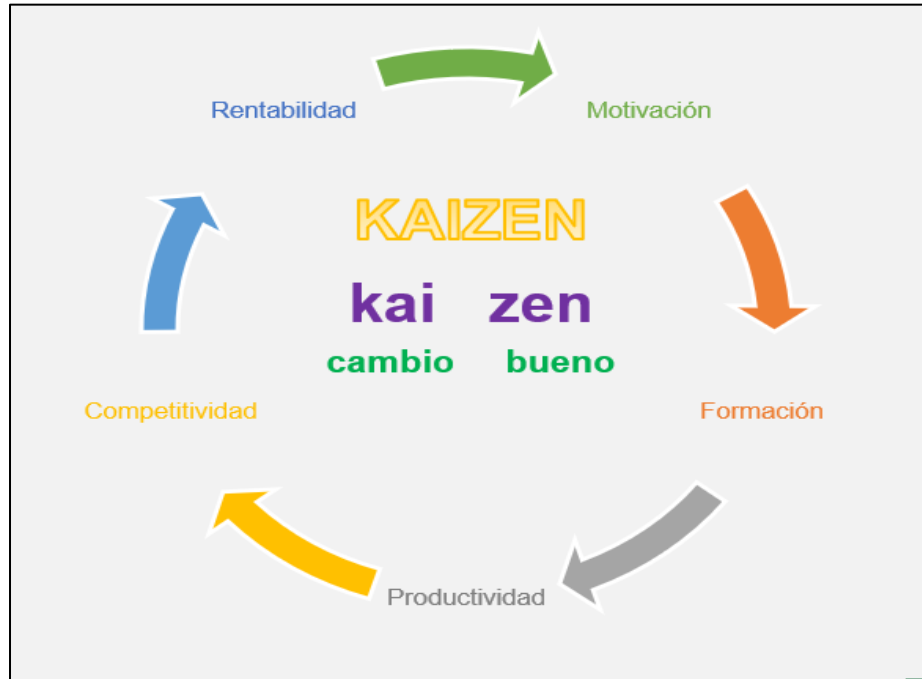


Figura 22. KAIZEN

Fuente: Diseño propio, 2020

2.2.1.4 Fase Controlar

2.2.1.4.1 Gráficos de control o (Cartas de Control)

Los gráficos de control son una representación gráfica que utiliza datos numéricos para evidenciar el comportamiento de estos a través del tiempo y nos ayuda a entender cómo está la variabilidad de nuestro proceso en un determinado periodo y cuando este presenta una variación que no es considerada normal (Gutiérrez H. 2013 p.176).

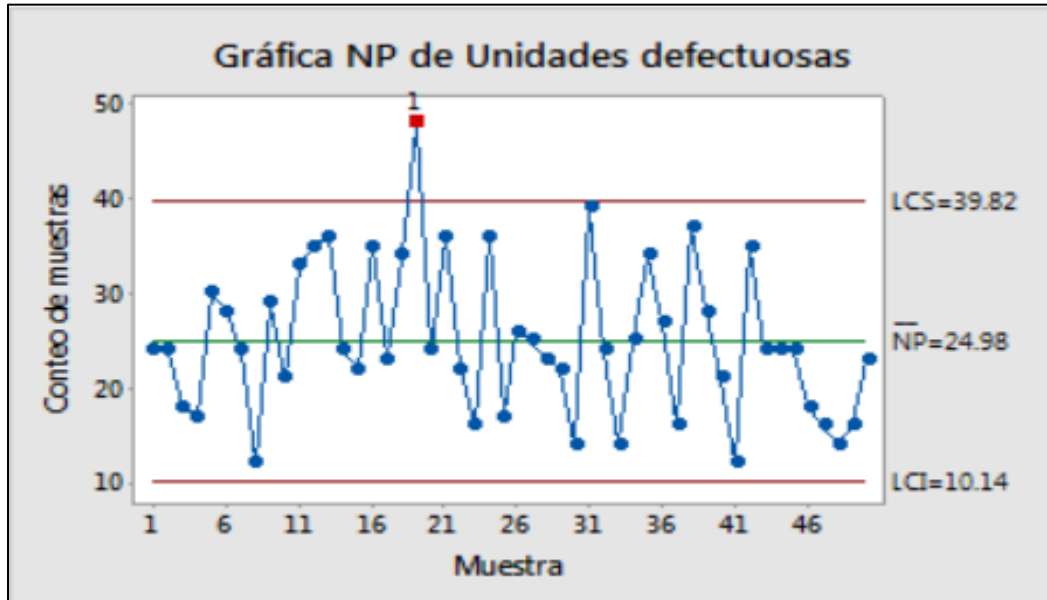


Figura 23. Gráfico de Control

Fuente: <https://support.minitab.com/control-charts/>

Los **límites de control** nos ayudan en la elaboración de los gráficos de control para saber en el momento en que un valor se está saliendo de control de acuerdo con la variación del proceso. Estos están definidos de acuerdo con las exigencias establecidas en el proceso, el primero de ellos es el límite centrar que es igual al objetivo, el límite superior y el límite inferior.

2.2.1.4.2 Diagrama de cajas

El diagrama de cajas es una herramienta que nos ayuda a describir el comportamiento de un proceso y se utiliza para realizar comparaciones, analizando datos por estratos (lotes proveedores y turnos). Este divide los datos en cuatro grupos que contienen el 25% cada uno ofreciéndonos una visión equilibrada entre todos sus cuartiles y como esta se distribuye. También

es importante tomar en cuenta que hay otros conceptos relevantes en el análisis de estos gráficos que debemos de conocer y estos son: (Gutiérrez H. 2013 p.31).

- Rango intercuartílico.
- Barrera interior izquierda e interior derecho.
- Barrera exterior izquierda y exterior derecho.

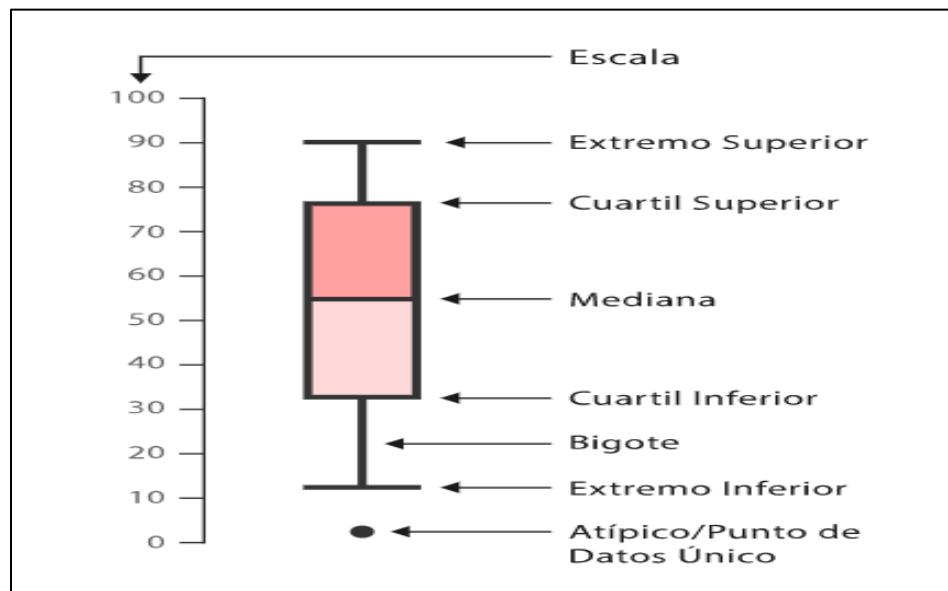


Figura 24 Gráfico de Control

Fuente: <https://statutorial534846024.wordpress.com/2018/11/25/grafico-blox-plot-en-jasp/>

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

2.3.1 Impacto directo

Este proyecto es de tipo cuantitativo porque con él se logra encontrar y corregir las condiciones que me hacen incurrir en altos costos de *bladders* por

su deterioro anticipado y esto se logra gracias al uso de herramientas estadísticas. Con este se busca mejorar la vida útil de los *bladders* en el área de vulcanizado para obtener un mayor rendimiento de estos y a la vez impactar el costo del área y de la planta.

La mejora en la vida útil se logrará al eliminar o disminuir la probabilidad de fallo de estos en las prensas y mejorar las condiciones de funcionamiento, esto se podrá garantizar realizando las pruebas necesarias para validar cuales variables son de alto impacto y posterior a esto realizarle las mejoras necesarias y establecer los controles para que se mantengan en el tiempo logrando el éxito del proyecto.

Con este proyecto se logrará un impacto muy significativo al aplicarle la estandarización de las mejoras a las maquinas definidas y ejecutar un Yokoten al resto de prensas Kobelco para lograr una mejora continua.

2.3.2 Impactos indirectos

Al mejorar la vida útil se obtiene un beneficio indirecto en lo que es producción porque al disminuir los cambios se logra tener más estabilidad en las prensas de curado porque no se incurre en demoras en cada cambio de *bladder* que se dura aproximadamente entre 40 y 50 minutos.

También obtenemos un ahorro porque por cada evento de *bladder* roto, se generan llantas *scrap* que se tendrán que botar y posterior a esto se deberá de pagar para que una empresa subcontratada las deseche o reprocese en nuevos productos. Cada kilogramo *scrap* tiene un costo de 2 dólares y por día se botan cerca de 100 kg.

2.3.3 Metodología aplicada

Para desarrollar el proyecto se utilizó la metodología DMAIC, que permite obtener una estructura definida donde se analizara cada parte del proceso del área de curado evidenciando las oportunidades de mejora de este y con el uso de las herramientas de trabajo lograr el impacto deseado.

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

Se utiliza material de referencia en proyectos específicos que se desarrollaron en la Universidad Hispanoamérica para el grado de Licenciatura, relacionados al uso de la metodología DMAIC.

2.4.1 PROYECTO #1

Autor / Lugar / Área

La siguiente tesis fue elaborada por el Ing. José Francisco León Alvarado, en la empresa Bridgestone Costa Rica y esta se enfocó en mejorar la productividad en el área de Inspección final en las maquinas (TUO).

Alcance

El proyecto abarco las 8 máquinas de TUO y la parte operativa, tomado como referencia la familia de llantas PSR y LTR.

Objetivo General

Realizar un diagnóstico y proponer mejoras que aumenten la productividad en el proceso de TUO para el departamento de Inspección Final en Bridgestone de Costa Rica, en el tercer cuatrimestre 2015.

Metodología

El proyecto se elaboró mediante la metodología DMAIC y como complemento a esta se utilizaron herramientas de apoyo.

Conclusiones

Se detectaron oportunidades en el subproceso de las TUOs, por el manejo del personal de área porque no se les daba la importancia debida a estos problemas. Además, se logra determinar que el principal NOT de estas máquinas son las llantas de repaso asociadas a problemas de uniformidad. También se logra aumentar la capacidad de estas para que logre afrontar los cambios de en los procesos donde nace la necesidad de aumentar el número de muestreo de llantas para garantizar la calidad del producto final.

2.4.2 PROYECTO #2

Autor / Lugar / Área

La siguiente tesis fue elaborada por el Ing. Juan José Murillo, en la empresa Bridgestone Costa Rica y esta se enfocó en mejorar la elaboración de llantas.

Alcance

La investigación se desarrolló en el área de armado, específicamente en las máquinas de KBNs y la familia de llantas involucradas para este proyecto serán PSR y LTR, el tema de estudio se enfocará en problemas asociados a la uniformidad (yield y scrap).

Objetivo General

Mejorar el proceso de elaboración de llantas disminuyendo el pulido de llantas afectadas principalmente por la falta de uniformidad debido a las

fuerzas laterales y radiales que se da en el proceso de elaboración de llantas PSR y LTR exportadas a USA en el Departamento de armado en Bridgestone de Costa Rica para el 2017.

Metodología

El proyecto se elaboró mediante la metodología Lean Six Sigma y para estructurar el proyecto con un lineamiento adecuado se apoyará en la bajo el sistema DMAIC.

Conclusiones

Se logro mejorar el proceso de elaboración de llantas al disminuir los defectos de pulidos por temas de uniformidad mejorando el Yield, de una medida. También se puede determinar la causa raíz de la KPIV que hace referencia a los problemas asociados con el RPP.

Reseña

Los proyectos citados en esta tesis se utilizaron como reseña para tener una guía en la aplicación de la metodología DMAIC. Para ello se revisó la interacción de las distintas herramientas disponibles y su desarrollo.

El proyecto que se desarrolló ofrece un punto de vista diferente para resolver problemas al evaluar alternativas que no se tenía como variables relevantes por el personal de la empresa.

Este es un proyecto que llevo a proponer ideas nuevas a problemas recurrentes que no se tenían soluciones sostenibles incursionando con nuevos productos con mejor características y que se adecuaban mejor al proceso interno.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA PARA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Análisis de la situación actual

El área de vulcanizado cuenta con un área aproximada de 5300 metros cuadrados y en esta trabajan un total de 48 personas en producción, ellos están distribuidos en cuatro cuadrillas las cuales trabajan los siete días de la semana cumpliendo con una jornada de 48 horas diurna y 36 horas nocturna.

El proceso de curado donde se está realizando este proyecto consiste en utilizar energía calórica para vulcanizar el hule verde y de esta manera darles el acabado final a las llantas. Este proceso consiste en colocar los moldes con el estampado deseado sobre una superficie (*platten*), en una vulcanizadora, posterior a esto se le ingresa calor a lo *platten* para que estos transfieran el calor a los moldes, en el centro de los moldes se le colocan los *bladders* para darle el acabado a la llanta internamente con el uso de vapor circulando proveniente de caldera. Todo esto se logra gracias a un ciclo de curado previamente establecido por Ingeniería de Procesos.

Para este proceso se utilizan 87 máquinas que están clasificadas en varias categorías de acuerdo con la tecnología y el grupo más representativo son las prensas *Kobelco* porque la planta posee 27 máquinas.

Las prensas *Kobelco* tienen una dimensión de 46 pulgadas, lo que delimita la capacidad de acuerdo con el tipo de llanta y del aro que va desde el #13 hasta el #18, lo anterior está delimitado por la apertura y cierre de los brazos cargadores. La familia de llantas que se vulcanizan en estas prensas puede ser del tipo LTR y PSR lo que conlleva a una gran variedad de *bladders* en uso para el proceso de curado.

Las maquinas *Kobelco* estas distribuidas por toda el área de vulcanizado lo que genera que los servicios de caldera necesarios para el curado de las llantas no lleguen bajo las mismas condiciones a todas las prensas y esto puede generar diferencias en el comportamiento.

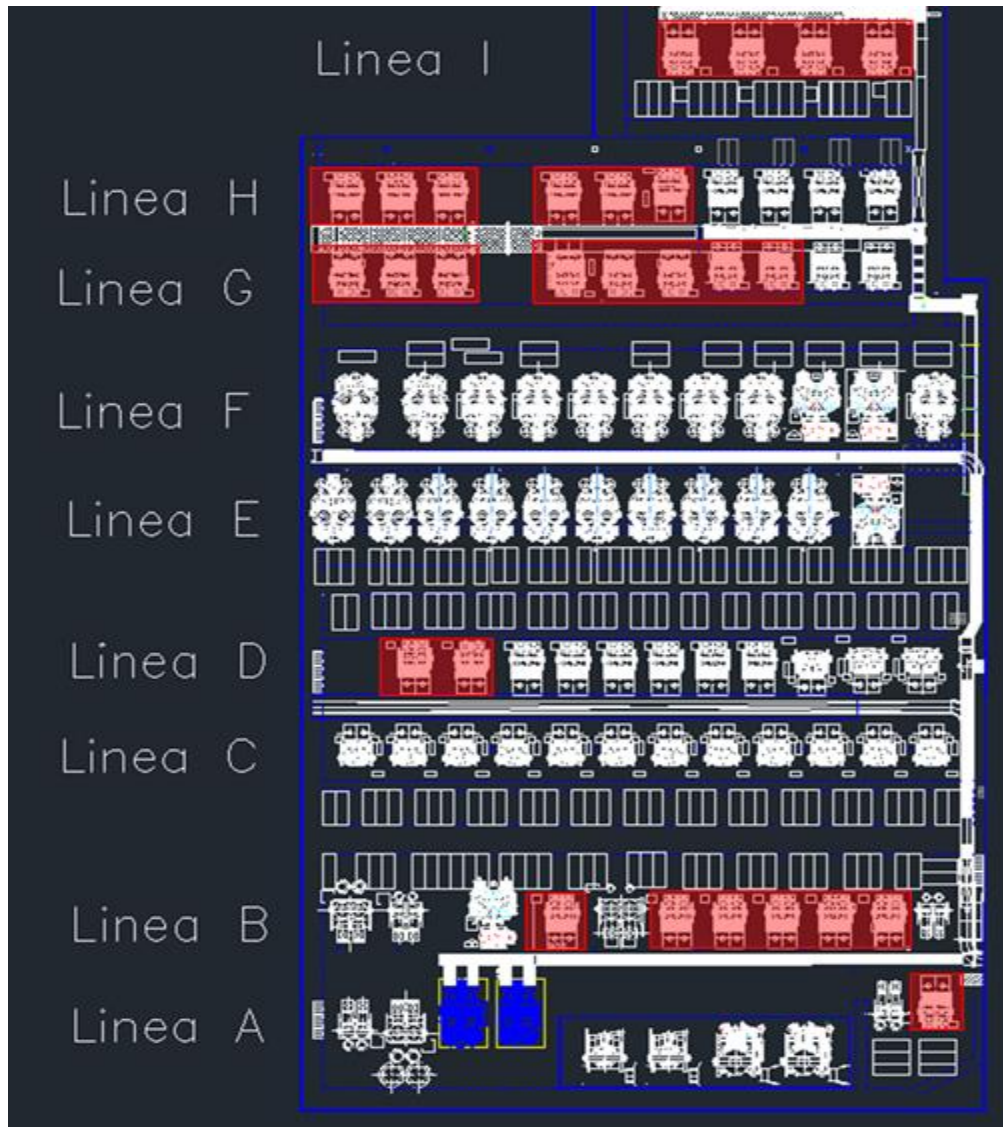


Figura 25. Croquis del Área de Vulcanizado.

Fuente: Diseño Propio, 2020.

3.1.1 Fase Definir

En esta fase se solicitó una reunión con el jefe de Área de vulcanizado para identificar la oportunidad de mejora desde el punto de vista de costos. Se facilitaron los datos sobre costos y con estos se logró concluir que el proceso de vulcanización posee el mayor presupuesto de la planta y los *bladders* utilizados para el formado interno de la llanta representan el mayor gasto del área.

Después de la revisión de datos se realizó un *Gemba walk* en todo el proceso de curado para tener un panorama más claro de las distintas interacciones en este y se encontraron las siguientes, el recurso humano, tecnología, proveedores, clientes y servicios.

El área de vulcanizado tiene 87 máquinas y un área aproximada de 5300 metros, se tiene siete tipos de tecnologías diferentes, proveedores internos y externos, en el recurso humano se tiene una interacción de tres partes, producción, *set up* y mantenimiento los cuales trabajan muy estrechamente. Al analizar los datos por tecnología se encontró que las máquinas *Kobelco* son las que poseen el rendimiento en vida útil más bajo y con el uso de los gráficos Pareto se pretendió encontrar a los tres peores equipos en utilidad de *bladder* de acuerdo con el objetivo interno para esta familia de máquinas que es (220 curas).

Con la tecnología y las máquinas definidas se empezó a trabajar con la información para diseñar un diagrama de flujo y detallar el paso a paso de las operaciones de la máquina donde se vea de una manera más clara cada operación realizada y funcionamiento de esta para evidenciar los aspectos relevantes de esta y su oportunidad de mejora.

Posterior a esto con todo el personal del CFT de vulcanizado donde participaron las áreas de: mantenimiento, procesos, servicios técnicos, industrial, calidad, ambiente, personal operativo y seguridad, se establecieron las entradas y salidas del proceso, para filtrar la información de una mejor manera.

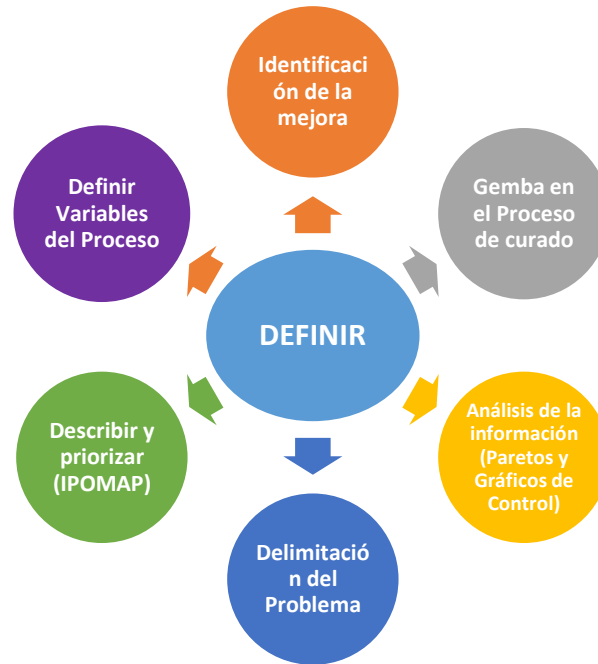


Figura 26. Definición del problema

Fuente: Diseño propio, 2020

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO

3.2.1 Fase Medición

En esta etapa se continuo con la metodología DMAIC y se pasó a la fase de medición donde se tomaron los datos recolectados de la vida útil de los *bladders* en las prensas G08, H04 y I04 y se analizaron con la herramienta estadística del Minitab, al revisar los resultados obtenidos del análisis de capacidad se puede observar que estos presentan una distribución Normal, y que estas máquinas bajo las condiciones actuales no son capaces de cumplir con el objetivo definido para la familia de prensas, el Ppk de estas prensas es de -0.63, el nivel sigma es de -1.90 y los PPM de 971137.

Los datos utilizados para el sistema de medición se lograron validar gracias a que se extraen directamente de un sistema digital donde se genera un registro por cada cambio de *bladder* realizado, posterior a esto se extrae un reporte donde se muestra la fecha, prensa por cavidad, objetivo conteo real en el cambio y responsable.

Posterior a esto con todo el personal del CFT se desarrolló el diagrama de proceso de alto nivel, revisando cada una de las partes establecidas para tener un panorama más claro y cómo este podría enfocar el proyecto. Tomando este como base, con los datos analizados en la etapa de definir y con el grupo del CFT, se desarrolló el IPO Map, para obtener los posibles KPIVs, posterior a esto se utilizó el diagrama de Causa y Efecto para filtrar la información más relevante para obtener las variables críticas. Se analizaron las variables más relevantes y se desarrolla el Análisis de Modo y Efecto de

Falla (AMEF), para obtener las posibles KPIVs, con las cuales se decidirá trabajar.

Después de realizar los análisis de datos y aplicar varias herramientas para filtrar la información y lograr obtener los puntos más relevantes, se realizó un *benchmarking* con las demás plantas de la corporación que están ubicadas en América Latina para saber el estatus en lo que respecta a rendimiento de vida útil del *bladder* en la región. Después de evaluar la información obtenida queda en evidencia que el rendimiento de la planta de Costa Rica está entre las dos con un menor rendimiento en el área. Lo que justifica la importancia de mejorar en este espacio

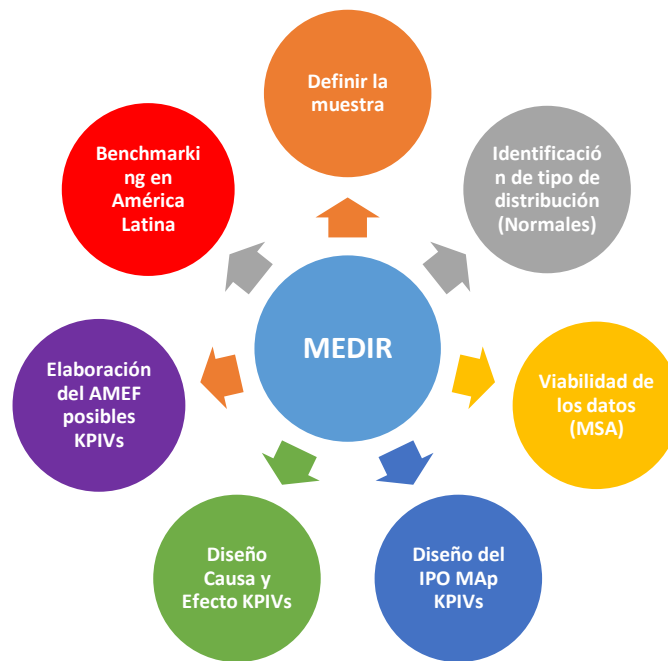


Figura 27. Medición del problema

Fuente: Diseño propio, 2020

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

3.3.1 Fase Analizar

Se inició la etapa de analizar bajo la metodología DMAIC y de aquí se partió con los datos obtenidos en las otras dos etapas anteriores donde se logró identificar las variables críticas que podrían impactar el proceso de manera negativa evitando que se lleguen a los resultados deseados.

Se analizaron los tipos de *bladders* utilizados, se planteó montar *bladders* de distintos proveedores en las prensas en estudio, para analizar la información que se genere y posterior a esto analizar los datos mediante una herramienta con el uso del *Minitab*.

Se debió analizar la condición del vacío de las prensas en estudio y se eligió una para realizar pruebas con vacío en -5 psi y en -1 psi en el proceso de descarga y carga de la prensa, posterior a esto se analizaron los datos con la herramienta estadística del Minitab para evaluar su nivel de significancia.

Con respecto a los tipos de dopes utilizados en planta, se solicitó al proveedor de dope un producto nuevo con diferentes características, para realizar pruebas con este y el de uso regular. Se aplicó a las llantas de las prensas en igualdad de condiciones por un tiempo determinado, después de esto se analizó la vida útil de *bladders* con las herramientas estadísticas.

Para evaluar la condición del *Tooling*, en el proceso de curado se utilizaron los *bladders*, en la parte interna se les coloca un espaciador para ajustar el ancho de sección de la llanta y en el proceso de carga y descarga del neumático tiene un rose interno con el *bladder* lo que puede generarle

cortes, por este motivo se realizaron *Gemba walks* en las prensas H04, G08 y I04 para evaluar los *bladders* después de ser montados en las prensas y observar posibles daños. De acuerdo con lo encontrado se bajaron y se revisaron, posteriormente se realizaron pruebas estadísticas.

Finalmente, se evaluó la condición de brazo cargador, para el proceso de carga y descarga de la llanta, las uñas de los brazos tienen un roce externo con el *bladder* lo que puede generar cortes externos, por este motivo se realizaron *Gemba walks* para recolectar información y posterior realizar pruebas con estos para evaluar si esto es representativo o no y se analizaron los datos.



Figura 28. Analizar el problema

Fuente: Diseño propio, 2020

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

3.4.1 Fase Mejorar

En esta parte se continuó trabajando bajo la metodología DMAIC y se inició la etapa de implementación, aquí se tomaron las KPIVs que son significativas y se trabajó con estas para desarrollar e implementar las mejoras.

Se analizó el rendimiento de los *bladders* de acuerdo con el proveedor tomando la vida útil como indicador, después de esto se dio la recomendación al área de vulcanizado, para que no vuelva a comprar los *bladders* de los proveedores que generaron un bajo rendimiento y solo le compren a los que obtuvieron resultados sobresalientes para garantizar el rendimiento a través del tiempo.

Se ofreció una alternativa al área de *set-up*, que son los encargados del mantenimiento y la fabricación para realizarle una modificación en el diseño que permita que a pesar de que el *bladder* se pegue a este, no se corte contra el mecanismo central disminuyendo el roce interno.

Se ofrecieron dos alternativas para mejorar la condición del vacío. En la primera se les indicó colocarle un pulso de *shaping* al *bladder* en el momento de la descarga para evitar que este se deforme mientras la llanta es depositada en el *post-inflado*, este es de muy bajo costo, pero el impacto no es alto. En la segunda propuesta realizada se les indica colocar un sistema de control de vacío para garantizar que el *bladder* en el proceso de descarga y carga pueda auto ajustarse y no permitir una deformación porque este tendría la capacidad de medir presión en negativo y presión en positivo, logrando un formado

uniforme durante el O/C, pero este representa un gasto significativo que tiene que valorarlo el área de proyectos.

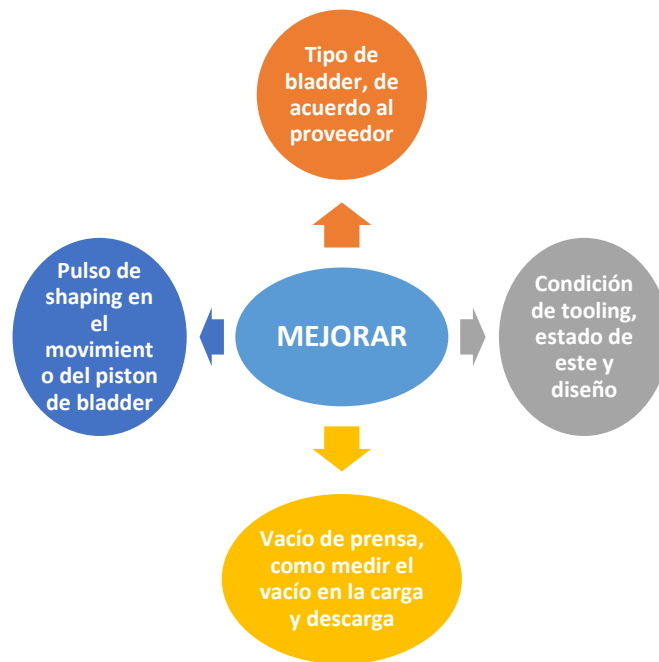


Figura 29. Implementación de la mejora

Fuente: Diseño propio, 2020

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

3.5.1 Fase Controlar

En esta etapa se concluyó el capítulo metodológico e igual que todas las fases anteriores se trabajó bajo la metodología DMAIC, para que este tenga una estructura homogénea. Para esta fase se definieron varios controles garantizando las mejoras implementadas, la vida útil de los *bladders* y su correcta segregación logrando de esta manera los resultados propuestos.

Se planteó la elaboración de un archivo electrónico para descargar los datos registrados en los reportes de cambio de *bladder* del CCM y de esta manera poder controlar en el lapso que se desee el rendimiento de estos en las máquinas a mejorar y todas las familias de prensas.

Se solicitó modificar el PLC de la máquina agregándole una pantalla adicional, donde los *set-up* que son los responsables de cambiar los *bladders* puedan elegir el tipo de defecto por la cual se cambia este y de esta manera el área de curado pueda tener mayor precisión y rapidez en la información sin tanta manipulación de los datos. Adicional se realizó una toma dos y se capacitó al personal en el manejo de las nuevas herramientas habilitadas para garantizar el uso correcto de estas.

Se propuso diseñar una estrategia de revisión del control de vacío y de esta manera garantizar el mismo. En esta parte, el área de Ingeniería de Procesos quienes son los expertos técnicos realizó un monitoreo continuo de los valores de vacío mostrados en el PLC (*check list*), para asegurar el funcionamiento de las partes mecánicas.

Se solicitó realizar una reunión con el personal de compras y procesos, quienes son los responsables de los pedidos y compra de los *bladders* para informar sobre los resultados de los *bladders* que venden los diferentes proveedores para que en las próximas compras no le coloquen pedidos a los que obtuvieron un pobre rendimiento. Esta reunión se realizó una vez y quedó todo el personal enterado, además el área de Ingeniería de Procesos es la responsable de colocar pedidos para garantizar que esto se cumpla.



Figura 30. Controlar mejoras

Fuente: Diseño propio, 2020

CAPITULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 SISTEMA DE MEDICIÓN

4.1.1 Análisis del sistema de medición

Antes de empezar a trabajar con datos debemos de validar la viabilidad de estos para asegurar que estos son confiables y para esto, se puede utilizar la herramienta estadística del *minitap* (MSA), Análisis del sistema de Medición, para validarlos.

Para la clasificación de las muestras que se utilizaran como referencia en este MSA se tomó los datos establecidos por el estándar corporativo de la comparación:

- ❖ Cracking
- ❖ Ampolla de gas
- ❖ Pellizcado
- ❖ Corte externo
- ❖ Fatiga
- ❖ Materia prima
- ❖ Roto por chuck plate
- ❖ Falla de instalación
- ❖ Reversión

Estos defectos generan un alto impacto en el deterioro de los *bladders* en los primeros ocho meses del año 2020 se generaron los siguientes eventos.

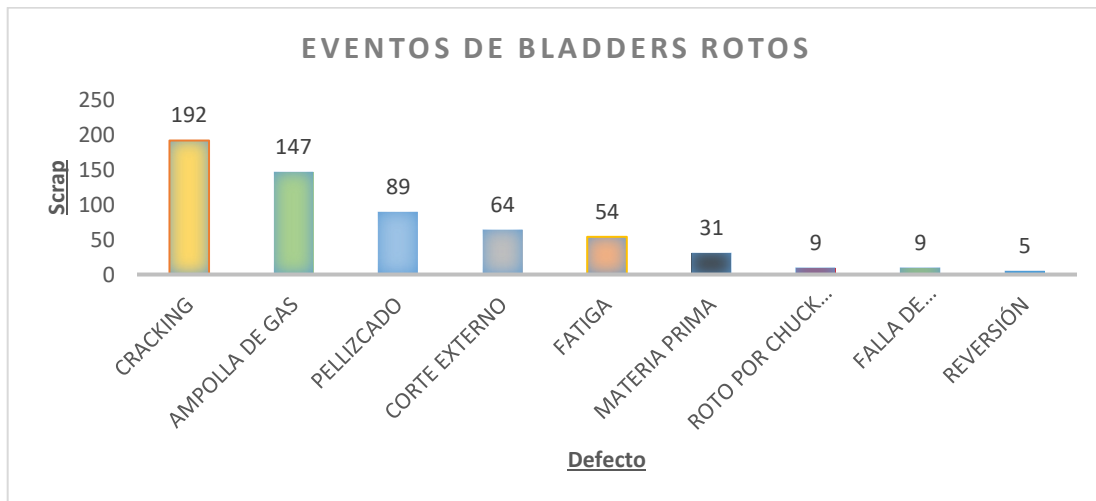


Gráfico 10. Bladders Rotos por defecto

Fuente: Diseño Propio 2020

Los datos de este proyecto fueron analizados bajo el sistema de medición por atributos.

Para esta etapa se evaluó el criterio de los Ingenieros de Procesos responsables de la clasificación de los defectos asociados a la ruptura de los *bladders* y a continuación se define el procedimiento para el (MSA).

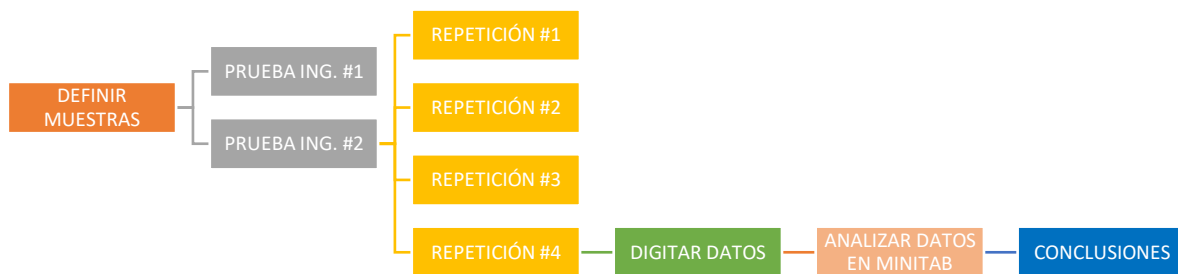


Figura 31. Diagrama MSA

Fuente: Diseño Propio 2020

- Se definen 9 muestras con diferentes tipos de fallo.
- Se le entrega al Ingeniero #1 para que las clasifique de acuerdo con el fallo.
- Se le entrega al Ingeniero #2 para que las clasifique de acuerdo con el fallo.
- Se realizan 4 repeticiones de la prueba a cada Ingeniero aleatoriamente para garantizar la validez de la prueba.
- Se ingresan los datos obtenidos en el *Minitab*, para ser analizados y evaluar resultados.

De acuerdo con los resultados obtenidos del procedimiento anterior se concluye que los datos son confiables y se puede continuar trabajando con la información seleccionada.

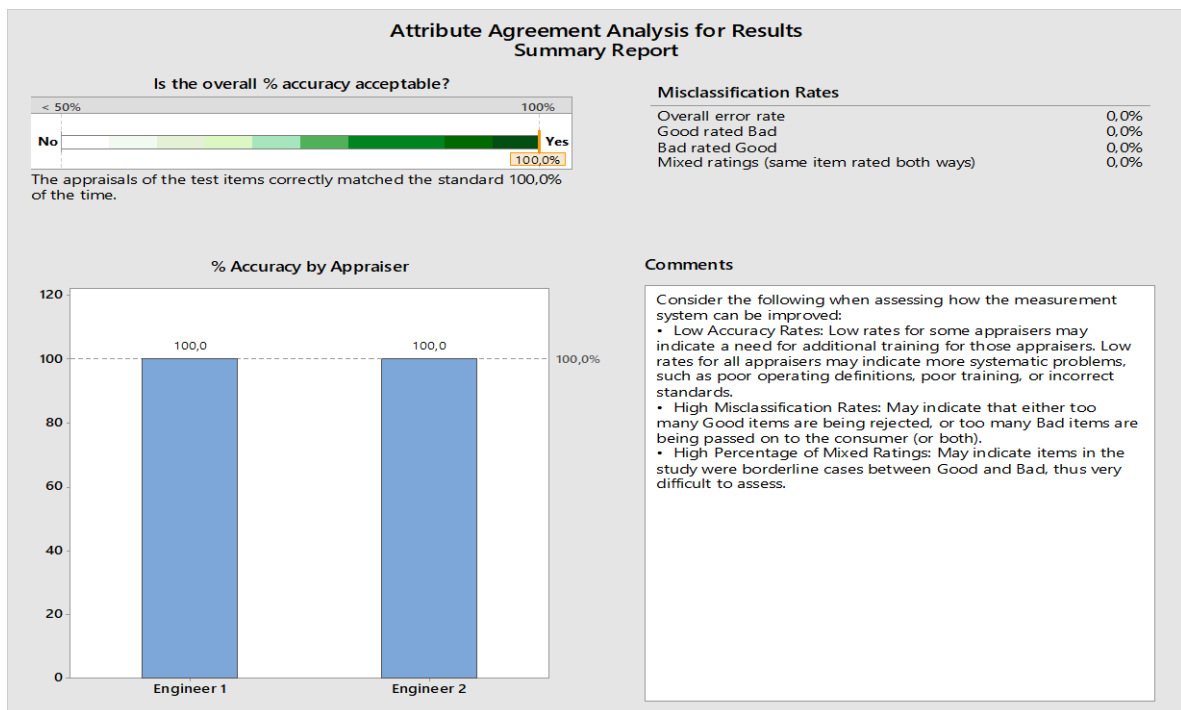


Figura 32. MSA 2020

Fuente: Diseño Propio, 2020.

4.1.2 Estudio de Capacidad

Antes de continuar con el proyecto se analizan los datos para validar si el proceso es capaz de cumplir con el objetivo bajo las condiciones actuales y de esta manera tener un panorama más claro de nuestra realidad.

Se realiza el análisis de capacidad a los datos obtenidos de las prensas H04, I04 y G08 de la vida promedio de los *bladders* de los primeros 8 meses del año 2020, para validar si el proceso bajo las condiciones actuales es capaz y de esta forma evaluar la viabilidad del proyecto en desarrollo.

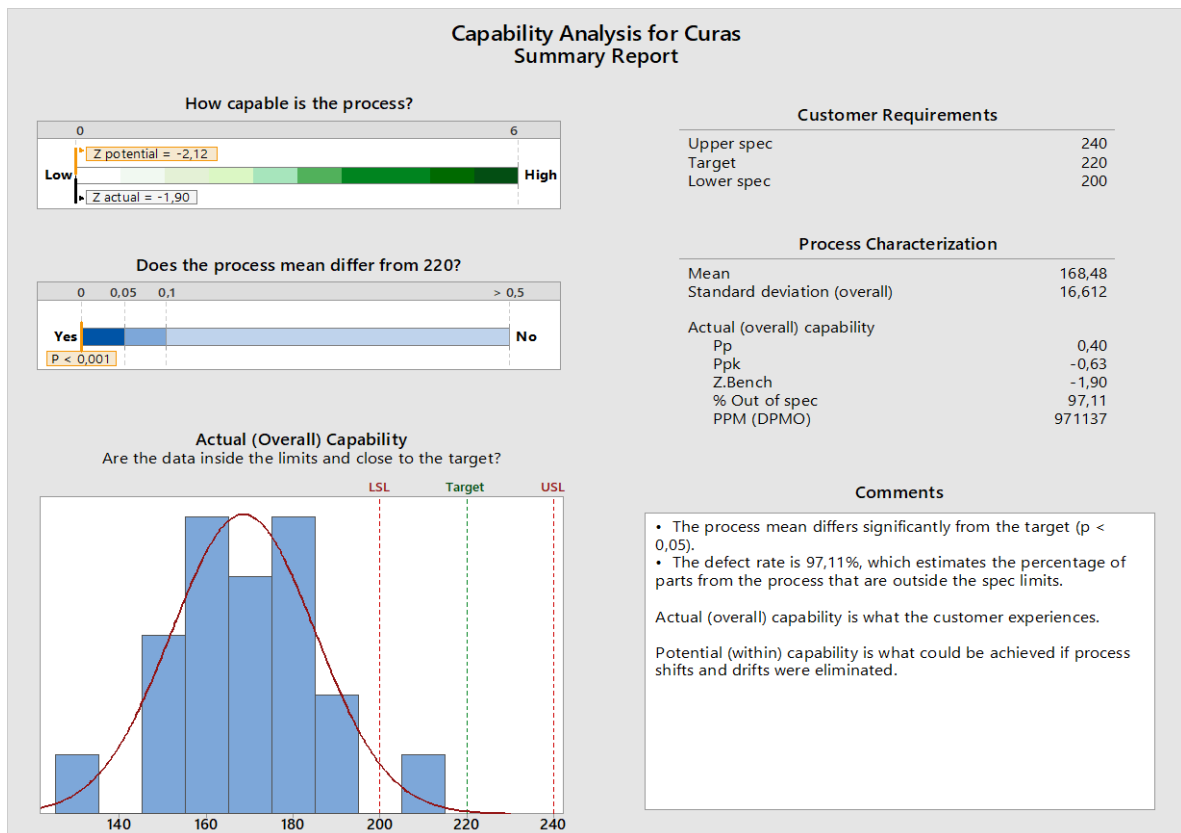


Figura 33. Análisis de Capacidad 2020

Fuente: Diseño Propio, 2020.

De acuerdo con los resultados del análisis de datos se puede concluir que bajo las condiciones actuales el proceso no es capaz por que los resultados con respecto al rendimiento tienen mucha oportunidad. El valor del Ppk de estas prensas es de -0.63, el nivel sigma es de -1.90 y los PPM de 971137.

4.1.3 Identificación de Tipo de Distribución

Se analizan datos utilizados en el análisis de capacidad con el uso del minitap para encontrar a cuál tipo de distribución se ajustan estos y de esta manera empezar a trabajar.

Se tomaron un total de 309 datos de las prensas en estudio clasificados de la siguiente manera:

- Prensa I04 (98) datos de enero a agosto.
- Prensa H04 (84) datos de enero a agosto.
- Prensa G08 (128) datos de enero a agosto.

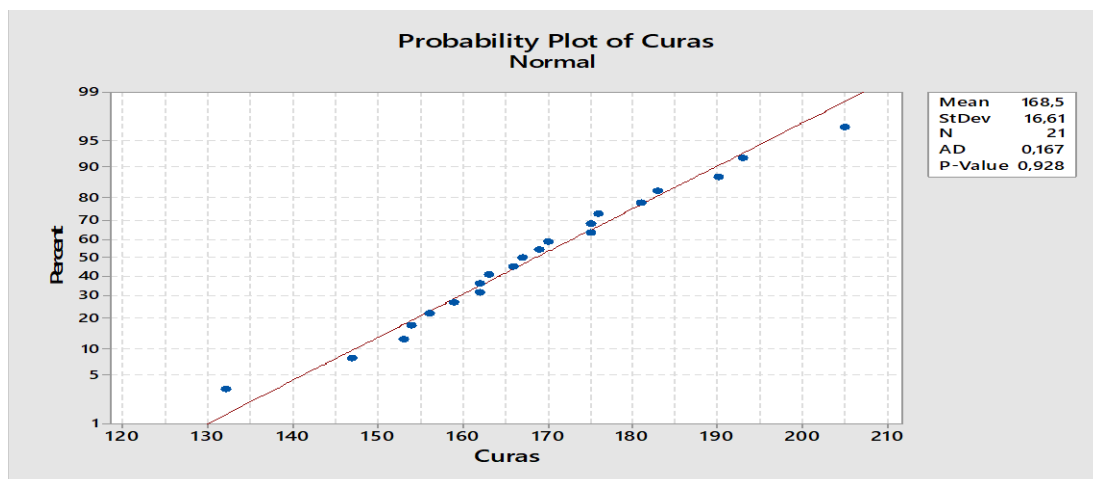


Figura 34. Prueba de Normalidad 2020

Fuente: Diseño Propio, 2020.

En el análisis de datos para definir el tipo de distribución se debe de saber las siguientes condiciones:

1. Si H_0 es mayor o igual a 0.05 se acepta la hipótesis nula.
2. Si H_0 es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula.
3. Si P-Value es mayor a 0.05 la distribución es normal.

Después de ingresar los datos en el *minitab* y aplicarle a la prueba de normalidad se puede concluir que el tipo de distribución al que se ajustan nuestros datos es a una distribución Normal, porque el P-Value es igual a 0.928.

4.2 DIAGNOSTICO

4.2.1 Diagrama IPOMap

Después de la validación de los datos con el uso del MSA y la confirmación de estos en el sistema de medición se continua con el diagnostico para encontrar los puntos variables claves en el proyecto. Para esto se utilizará la herramienta del IPOMap.

El IPOMap permite comprender el proceso desde una perspectiva diferente donde muestra el detalle de las entradas y sus respectivas salidas.

Para la elaboración de este se realiza una reunión con un equipo multidisciplinario compuesto por las áreas de: producción, seguridad, industrial, procesos, mantenimiento y mejora continua, estos para contar con los diferentes criterios de todas las áreas involucradas en el proceso.

En la tabla 6 se clasifican todas las variables obtenidas en la columna de entradas, posterior a esto se define si esta es: controlable o incontrolable. Después de esto se clasifica de acuerdo con el proceso que pertenece y la respectiva salida de la variable.

Tabla 6. IPOMap

IPO Map			
INPUTS	TYPE	PROCESS	OUTPUT
Tipos de bladders	C	Compra de materia prima	Materia prima
Tipo de dope	C		
Tipo de pretratado de bladders	C		
Metodo de aplicación	C	Ensamble e Intalación	Bladder instalado para su uso
Secado de bladder	C		
Amlacenamiento	C		
Ensamble	C		
Montaje en maquina	C		
Condición de tooling	C		
Calentamiento	C		
Condición de brazo cargador	C	Carga de prensa	Prensa cargada
Ingreso de brazo cargador	U		
Ajustes de cargador	C		
Pulso de shaping	C		
Piston de bladder baja	U		
Shaping 1	C		
Shaping 2	C		
Salida de brazo cargador	U		
Cierre de prensa	U		
Inicio de ciclo	U	Ciclo de cuardo	Llanta vulcanizada
Programación de valvulas	C		
Ingreso de vapor	U		
Ingreso de nitrogeno	U		
Drenaje	U		
Vacio	U		
Apertura de prensa	U	Descarga llanta	Llanta en post inflado
Vacio de prensa	U		
Entrada de brazo descargador	U		
Ajuste de descargador	C		
Pulso de Shaping	C		
Piston de bladder baja	U		
Descargador inclina	U		
Vacio de prensa	C		
Piston de bladder sube	U		
Descargador sale	U		
Metodo de aplicación dope en llanta	C	Dopado de llanta	Llanta dopada
Frecuencia de dopado	C		
Tipo de dope	C		

Fuente: Diseño Propio 2020.

Se logro obtener un total de 37 posibles variables después del análisis elaborado por el grupo de trabajo, los cuales se utilizan como insumo para la elaboración del diagrama Matriz de Causa y Efecto.

4.2.2 Matriz de Causa y Efecto

Con el uso del IPOmap se lograron identificar 37 posibles variables que pueden afectar la vida útil predio de los *bladders* y para lograr filtrar esta se utilizará la herramienta de Matriz de Causa y Efecto.

Esta se desarrolló utilizando como insumo la información obtenida con la herramienta anterior y el método de cómo se elaboro es el siguiente.

Para iniciar la elaboración de esta matriz se tendrá que filtrar la información obtenida de la siguiente manera.

1. Los datos para utilizar serán los que se clasificaron en controlables y los que están en la categoría de incontrolables no se utilizaran porque no se pueden mejorar.
2. Se tabulan los datos controlables para ponderarlos de acuerdo con el impacto en el proyecto.
3. El cliente genera los requerimientos para el proyecto y a estos se les asigna un valor de 0 a 10, siendo 0 el valor más bajo y 10 el más alto.
4. Se utilizaron valores de 1, 3 y 9 para calificar el impacto de cada variable en cada uno de los requerimientos del cliente. Siendo 1 la influencia más baja y 9 la más alta. En la realización de esta parte se utiliza el criterio experto basado en datos previamente analizados para saber la relevancia.
- 5.

Tabla 7. Matriz Causa y Efecto

Cause & Effect Matrix						
Importancia (10 es alto y 1 es bajo)			10	8	8	Total
			Vida útil	Scrap	Productividad	
#	Entrada del Proceso	Entradas Claves del Proceso	Rango 1, 3, 9 (9 alta impacto y 1 bajo impacto)			
1	Compra de materia prima	Tipos de bladders	9	9	9	234
19	Descarga llanta	Vacio de prensa	9	9	9	234
4	Ensamble e Intalasi3n	Metodo de aplicaci3n	9	9	3	186
9	Ensamble e Intalasi3n	Condici3n de tooling	9	9	3	186
11	Carga de prensa	Condici3n de brazo cargador	9	9	3	186
21	Dopado de llanta	Frecuencia de dopado	9	9	3	186
13	Carga de prensa	Pulso de shaping	9	9	1	170
2	Compra de materia prima	Tipo de dope	9	3	3	138
12	Carga de prensa	Ajustes de cargador	9	3	3	138
16	Ciclo de cuardo	Programaci3n de valvulas	9	3	1	122
18	Descarga llanta	Pulso de Shaping	9	3	1	122
3	Compra de materia prima	Tipo de pretratado de bladders	9	3	1	122
7	Ensamble e Intalasi3n	Ensamble	9	3	1	122
20	Dopado de llanta	Metodo de aplicaci3n dope en llanta	9	3	1	122
22	Dopado de llanta	Tipo de dope de llanta	9	3	1	122
5	Ensamble e Intalasi3n	Secado de bladder	3	9	1	110
6	Ensamble e Intalasi3n	Amlacenamiento	3	3	1	62
8	Ensamble e Intalasi3n	Montaje en maquina	3	3	1	62
10	Ensamble e Intalasi3n	Calentamiento	1	3	1	42
14	Carga de prensa	Shaping 1	1	1	1	26
15	Carga de prensa	Shaping 2	1	1	1	26
17	Descarga llanta	Ajuste de descargador	1	1	1	26

Fuente: Dise1o Propio 2020.

Se logro obtener un total de 7 posibles variables despu3s del an3lisis elaborado, los cuales se utilizan como insumo para la elaboraci3n del AMEF.

4.2.3 AMEF

Con el uso de la Matriz Causa y Efecto de la tabla 7 se logro filtrar la informaci3n para obtener m3s precisi3n al momento de analizar los datos y se lograron obtener un total de 7 posibles variables, que servir3n de insumo para el desarrollo del AMEF.



Figura 35. Gráfico AMEF

Fuente: Diseño Propio 2020

- I. Se inicia en la primera columna con la etapa del proceso y esta se completa con las entradas del proceso.
- II. En la segunda columna en el espacio de las estradas del proceso se tabulan las entradas claves del proceso.
- III. Para el desarrollo de esta herramienta se solicitó la ayuda de todos los departamentos que brindan un servicio en el área de vulcanizado para el de desarrollo de este (equipo multidisciplinario). El insumo utilizado para el desarrollo de este fue el análisis de datos históricos y el criterio experto de todas las partes.
- IV. Se continua con el modo potencial de la falla. En esta se especifica de qué manera puede fallar la entrada clave.
- V. En el efecto potencial de la falla se tabula como este puede fallar (causas).

- VI. Se determina un valor de severidad en una escala de 1 a 10, siendo 1 el valor que representa un menor impacto y 10 el máximo impacto.
- VII. Se completa la casusa potencial de la falla.
- VIII. Se asigna un valor en la columna de ocurrencia que personifica la posibilidad de que ocurra un evento en un volumen de producción.
- IX. Se tabulan los controles actuales para que esta condición no se presente.
- X. Se asigna un valor al espacio de la columna donde está la detectabilidad, este va enfocado en que tan probable es que se pueda detectar el problema antes de que genere la consecuencia.
- XI. Se multiplican los valores de Severidad, Ocurrencia y Detectabilidad. El resultado es el RPN por sus siglas en inglés (número de prioridad de riesgo).
- XII. Se eligen las variables que obtuvieron el RPN más alto para empezar a trabajar en estas.

Tabla 8. AMEF de Variables

Etapa del Proceso	Entrada del Proceso	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de la Falla	S E V	Causa Potencial	O C C	Controles Actuales	D E T	R P H
Compra de materia prima	Tipos de bladders	No cumplan con las expectativas	Scrap por Cracking, fatiga o ampollas	8	Baja calidad de estos	6	Se monitorea vida de bladder y posibles causas de ruptura	9	432
Descarga de llanta	Vacio de prensa	Volumen y tiempo insuficiente	Cortes internos	8	El tiempo del pulso asignado no es el adecuado y no hay suficiente nitrógeno dentro del bladder	6	Inspección visual	9	432
Ensamble e Instalación	Condición de tooling	Cortes externos o internos	Scrap o marcas	8	El tolling no es el adecuado o esta deteriorado	5	Preventive and corrective Maintenance	10	400
Carga de prensa	Pulso de shaping	Volumen y tiempo insuficiente	Cortes internos	8	El tiempo del pulso asignado no es el adecuado y no hay suficiente nitrógeno dentro del bladder	6	Inspección visual	8	384
Ensamble e Instalación	Metodo de aplicación	Deterioro por falta de producto	Scrap por Cracking o fatiga	4	El bladder no queda devidamente cubierto con el producto o este no fue suficiente	7	Inspección visual	7	196
Carga de prensa	Condición de brazo cargador	Corte por las uñas	Marcas en el bladder	3	Las uñas no tienen un mantenimiento adecuado y oportunidad en el diseño	7	Inspección visual	7	147
Dopado de llanta	Frecuencia de dopado	Resequeda de los bladders	Scrap por Cracking o fatiga	4	El bladder se deteriora por afuera debido a la falta de dope	5	Inspección visual	7	140

Fuente: Diseño Propio 2020.

Con el uso del AMEF y el criterio experto del *staff* del CFT de vulcanizado se logró identificar las 4 variables claves que se consideran el mayor insumo al proyecto para la mejora en la vida útil de los *bladders* y de esta manera evaluar el impacto en el proyecto.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 VARIABLES

En este apartado se desarrollan las variables identificadas en el capítulo anterior donde se identificaron las que se consideran más críticas de acuerdo con el proceso e impactar el proyecto en desarrollo.

Para lograr identificarlas se utilizó una serie de herramientas de análisis para priorizar entre toda la información y poder filtrarla de forma más efectiva logrando el insumo necesario para el proyecto.

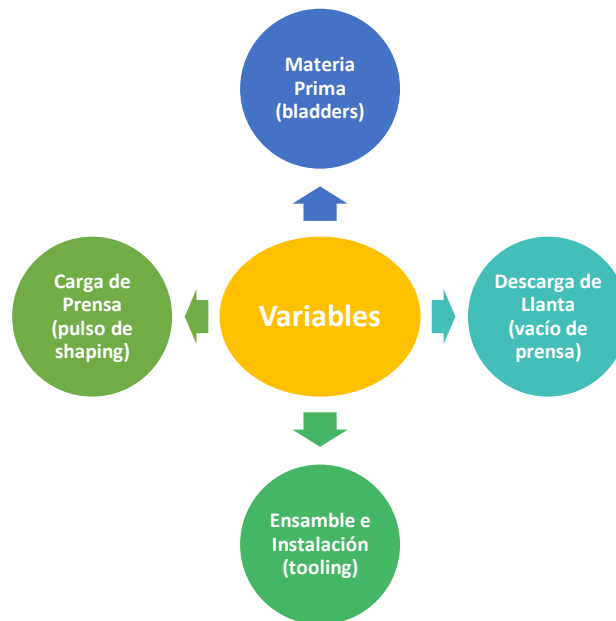


Figura 36. Variables para trabajar

Fuente: Diseño propio 2021

5.1.1 VARIABLE # 1 COMPRA DE MATERIA PRIMA (TIPOS DE BLADDER)

En el proceso de vulcanizado se utilizan los *bladders* para el formado y curado de la llanta verde, estos son adquiridos de distintos proveedores que se ubican alrededor del globo terráqueo, para la adquisición de estos se deben de coordinar con el personal de compras para traer y realizar pruebas. Los *bladder* son ensamblados y montados en las prensas de curado y los resultados son satisfactorios se le informa al área de compras para que realicen pedidos de alto volumen.

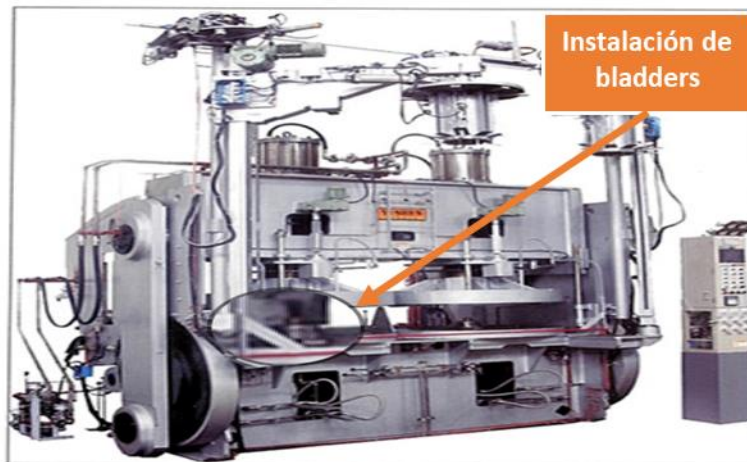


Figura 37 Prensa KOBELCO

Fuente: <http://www.sekultire.com/wp-content/uploads/yishen-press-broshur.pdf>

Desarrollo de la variable propuesta

La propuesta consiste en buscar nuevas alternativas de *bladders* con otros proveedores y en conjunto con el área de compras realizar un pedido de 100 unidades, para desarrollar pruebas con varios códigos y obtener los datos necesarios para aceptar o descartar la propuesta establecida.

La prueba se desarrolla en la prensa I04, la cual tiene uno de los peores índices de vida útil de esta familia de prensas en una misma tecnología, los factores a tomar en cuenta serán el deterioro por **fatiga y cracking** y su salida será la vida útil del *bladder*.

La prueba consistirá en darle seguimiento a un código de *bladder* de uso regular con una medida de llanta específica, durante un periodo de 1 mes y se evaluará su rendimiento, al terminar ese periodo de tiempo se guardarán los datos para ser analizados posteriormente. La siguiente fase de la prueba será montar un código de *bladder* del nuevo proveedor contactado en igualdad de condiciones utilizando la misma medida de llanta e igual periodo de tiempo, (la prueba se puede desarrollar al mismo tiempo porque la máquina tiene dos cavidades A y B).

Se desarrolla un diagrama Gantt para la estructura de la prueba:

Tabla 9 Diagrama Gantt (Variable #1)

Departamento:		Vulcanización	Fecha de creación		10/10/2020		
Elaborado por:		Elias Paniagua López					
Nombre del proyecto:		MEJORA DE LA VIDA ÚTIL EN EL PROCESO DE VULCANIZADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2020					
Indicadores							
		Actividad planeada	En proceso	Completo	Atrasado		
Definición del Problema							
#	Actividades	Resp.	Plan/Act	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1	Buscar nuevos proveedores de bladders	Christian V.	Plan	1	2	3	4
			Actual	1	2	3	4
2	Coordinar compra de nuevos bladders con departamento de compras.	Christian V. / Elias P.	Plan	1	2	3	4
			Actual	1	2	3	4
3	Definir prensa donde realizar la prueba	Christian V. / Elias P.	Plan	1	2	3	4
			Actual	1	2	3	4
Objetivo							
4	Coordinar montaje de bladders	Elias P.	Plan	1	2	3	4
			Actual	1	2	3	4
5	Seguimiento a bladders utilizados	Christian V. / Elias P.	Plan	1	2	3	4
			Actual	1	2	3	4
6	Análisis de datos	Elias P.	Plan	1	2	3	4
			Actual	1	2	3	4
7	Si las pruebas con satisfactorias definir estrategia de sustitución de bladders	Christian V. / Elias P.	Plan	1	2	3	4
			Actual	1	2	3	4

Fuente: Diseño Propio 2021

5.1.1.2 Resultados obtenidos

Al desarrollar esta variable se impactará directamente la vida útil de los bladders y por ende el gasto en el en que incurre el área de vulcanizado en la adquisición de estos, para la evaluación de los resultados se planteará una prueba de hipótesis donde se evaluará el antes y el después del uso de los nuevos *bladders*.

Para llevar a cabo la prueba de hipótesis se evaluará de la siguiente manera:

- Ho o Hipótesis Nula: en esta la media de los valores de la vida útil del antes y el después con el uso de los nuevos *bladders* es igual.
- H1 o Hipótesis Alternativa: en esta se plantean que los valores son diferentes.
- IC del 95%
- El tamaño de la muestra (N) utilizado antes (41), después (41).

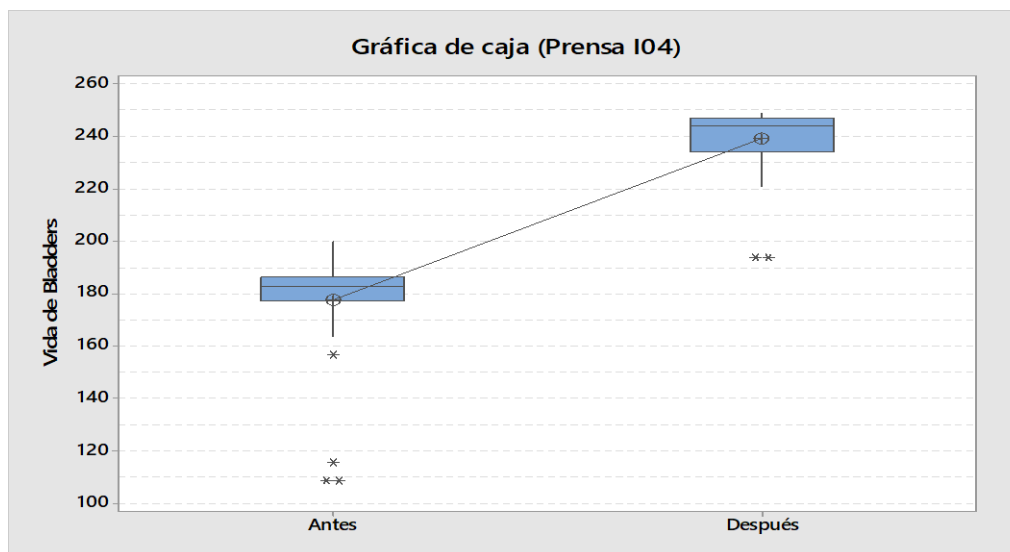


Figura 38. Análisis de datos prensa I04

Fuente: Diseño Propio 2021

Prensa I04

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa porque si hay una diferencia con los valores obtenidos entre la media de los *bladders* antes y después de la prueba, (media antes de la prueba 177,61 y media después de la prueba 239.09).

5.1.1.3 Actividades después de la prueba

Se define una estrategia con el área de Ingeniería de procesos para la sustitución de los *bladders* del proveedor JINTAI que son más problemáticos y tienen un menor rendimiento en la vida útil de los *bladders*. Los nuevos proveedores para utilizar serán (*Rhein Chemie* y *Lanxess*).

5.1.1.4 Análisis de factibilidad (Tipo de bladder)

Se realiza un análisis anualizado de la variable *bladder* donde se analizan los días trabajados al año, posterior a esto se convierte en horas y después a minutos para lograr asociar el tiempo con el ciclo. Después de tener los minutos se convierten en llantas para evaluar el consumo de *bladders* en la condición anterior y actual para evaluar la diferencia y lograr obtener el ahorro anual por prensa.

Tabla 10 Análisis de ahorro (tipo de bladders)

Días laborados al año	330	Costo del bladder uso regular	\$55
Horas trabajadas al año	7920	Costo del bladder nuevo	\$60
Minutos trabajados al año	475200		
Ciclo de curado (minutos)	15		
Capacidad de llantas vulcanizadas	31680		
Total dos cavidades (A-B)	63360		
Cargas por bladder antes de la mejora	177	Gasto antes	\$19.688
Cargas por bladder después de la mejora	239	Gasto actual	\$15.906
Unidades utilizadas antes	358	Ahorro	\$3.782
Unidades utilizadas después	265		

Fuente: Diseño propio 2021

Después de analizar los datos se puede concluir que al aplicar esta mejora se podría lograr un ahorro por prensas en un año calendario de \$3782.

Se realiza un diagrama Gantt para la estrategia en la implementación de la mejora y ejecutarla de una forma estructurada.

Tabla 11. Diagrama Gantt (gasto de bladders)

Departamento:	Vulcanización	Fecha de creación	16/2/2021																																	
Elaborado por:	Elias Paniagua López			Indicadores																																
Nombre del proyecto:	ESTRATEGIA GASTO DE BLADDERS DE BAJO DESEMPEÑO																																			
				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO												
Definición del Problema	#	Actividades	Resp.	Plan/Act	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Gastar bladders de poco rendimiento	1	Realizar inventario de bladders a eliminar	Elias P.	Plan																																
				Actual																																
	2	Definir bladders a eliminar	Elias P. / Mantenimiento	Plan																																
Objetivo				Actual																																
	3	Definir estrategia de consumo	Elias P. / Mantenimiento	Plan																																
Gastar los bladders sin impactar negativamente el gasto y la vida útil	4	Implementar y ejecutar estrategia	Elias P. / Mantenimiento	Plan																																
				Actual																																
	5	Finalizar estrategia	Elias P.	Plan																																
				Actual																																

Fuente: Diseño propio 2021

5.1.2 VARIABLE # 2 DESCARGA DE LLANTA (VACIO DE PRENSA)

En el proceso de curado las prensas vulcanizadoras están en un ciclo constante entre carga (antes de curado de la llanta) y descarga (después del curado de la llanta), a este proceso se le llama *open close (O/C)*. En esta etapa los *bladders* tienen a fatigarse por el efecto de vacío excesivo, porque no hay un controlador que mida la presión interna en este proceso o el que se utiliza no es eficiente al medir valores de 0 a 500 PSI y en el proceso de descarga de la llanta se tienen valores de -5 a 2 PSI.

Desarrollo de la variable propuesta

Para desarrollar esta variable se realizó un *benchmarking* con plantas de Estados Unidos para consultarle como ellos desarrollaron controles de vacío en las prensas más modernas como lo son las máquinas *Mitsubishi* y después de analizar la información facilitada se planteó cómo diseñar un sistema que tenga la capacidad de medir el vacío durante la descara y carga de la prensa y posterior a esto como controlarlo.

La prueba se desarrollará en la prensa G08 la cual es una de las que poseen uno de los peores indicadores de vida útil en esta tecnología, los factores que evaluarán en los *bladders* serán el **cracking, cortes internos, pellizcos y fatiga** y su salida serán los valores de vida útil en el periodo de la prueba.

La prueba será modificar mecánica y eléctricamente el esta físico de la prensa y en PLC y esto consistirá en modificar el cableado del panel posterior, a esto se colocarán nuevas tuberías, también se colocarán electroválvulas y transductores de presión interna de baja para lograr la precisión en la medición después de todas esas modificaciones se modificará el programa del PLC estos tiene un costo de 5000 dólares.

Después de la modificación a la prensa se le dará seguimiento a esta para evaluar su funcionamiento con el control de vacío, esto será durante un periodo de 1 mes y se evaluará el rendimiento de los *bladders*, al terminar ese periodo de tiempo los datos se guardarán para ser analizados posteriormente.

Para la validación de los resultados logrados en la prueba se utilizarán los datos obtenidos un mes anterior a modificación y se compararán contra los datos derivados el mes después a la modificación de la prensa.

Se desarrolla un diagrama Gantt para la estructura de la prueba:

Tabla 12. Diagrama Gantt (Variable #2)

Departamento:		Vulcanización	Fecha de creación:		12/9/2020												
Elaborado por:		Elias Paniagua López			Indicadores		Actividad planeada	En proceso	Completo	Atrasado							
Nombre del proyecto:		MEJORA DE LA VIDA ÚTIL EN EL PROCESO DE VULCANIZADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2020															
				SEPTIEMBRE	OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO						
Definición del Problema	#	Actividades	Resp.	Plan/Act	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	
Baja vida útil de los bladders en la prensa KOBELCO (I04, G08, H04).	1	Benchmarking	Christian V.	Plan	█												
				Actual	█												
	2	Análisis de la información	Christian V. / Elias P.	Plan		█											
Objetivo				Actual		█											
	3	Buscar recurso económico, para desarrollar mejora de vacío en prensa	Berny B. / Elias P.	Plan			█										
				Actual			█										
Evaluar el impacto del vacío de la prensa en los bladders durante el proceso del O/C.	4	Modificación de prensa	Luis U.	Plan				█									
				Actual				█									
	5	Seguimiento a mejora realizada	Christian V. / Elias P.	Plan					█	█	█	█	█	█	█	█	
				Actual													
	6	Análisis de datos	Elias P.	Plan												█	
				Actual												█	
	7	Si las pruebas son satisfactorias presentar resultados para definir estrategia de implementación	Christian V. / Elias P.	Plan													█
				Actual													█

Fuente: Diseño propio 2021

5.1.2.1 Resultados obtenidos

Después de desarrollar esta variable se impactará directamente la vida útil de los *bladders* y por ende el gasto en el en que incurre el área de vulcanizado en la adquisición de estos, para la evaluación de los resultados se planteará una prueba de hipótesis donde se evaluará el antes y el después del uso de los nuevos *bladders*.

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis se tendrán los siguientes lineamientos para su evaluación:

- Ho o Hipótesis Nula: en esta se plantea que no hay diferencia en el resultado de vida útil media, si la maquina tiene control de vacío (Función Auto Zero) o no.
- H1 o Hipótesis Alternativa: en esta se plantea que si hay diferencia en el resultado de la vida útil media al tener el sistema de control de vacío (Función Auto Zero).
- IC del 95%
- El tamaño de la muestra (N) utilizado sin control de vacío (19), con control de vacío (19).

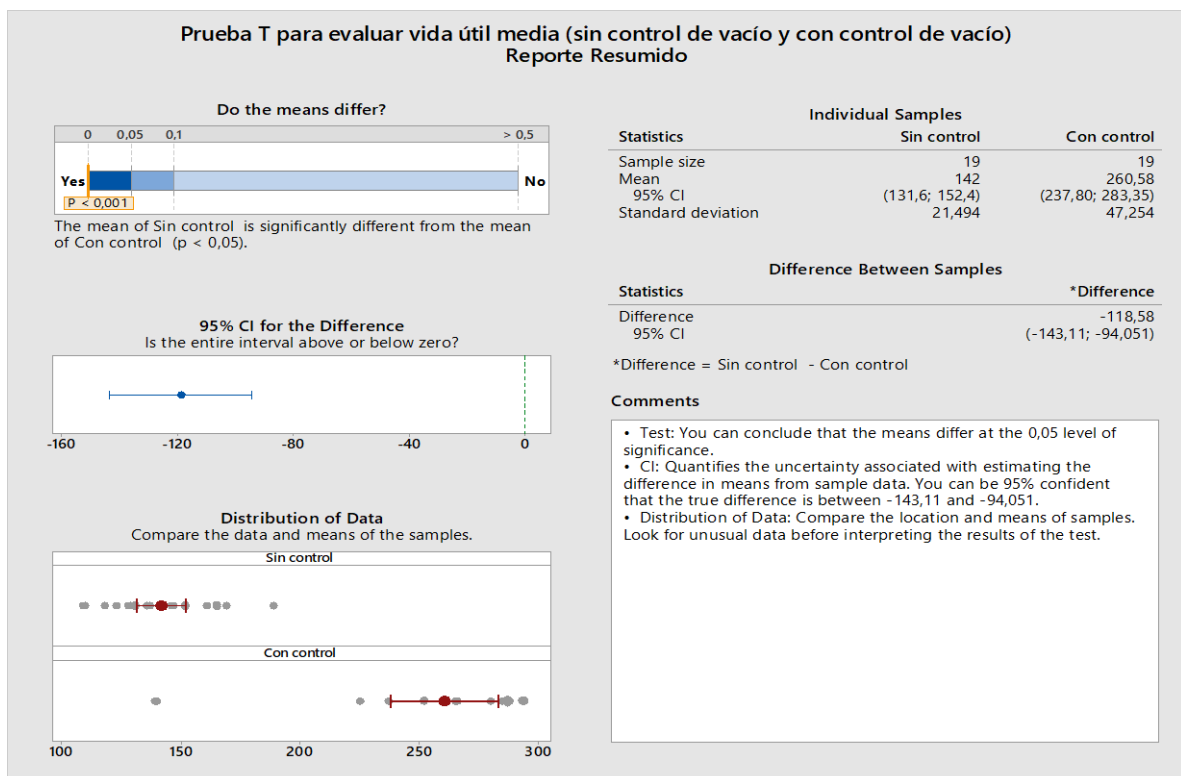


Figura 39. Análisis de datos prensa G08 (vacío de prensa)

Fuente: Diseño propio 2021

Prensa G08

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa porque si hay una diferencia con los valores obtenidos entre la vida media de los *bladders* con el uso de control de vacío y sin el uso del con control de vacío, (media sin control de vacío 142 y media con control de vacío 260).

5.1.2.2 Actividades después de la prueba

Se presentan los datos al CFT de vulcanizado, posterior a esto al ver los resultados obtenidos se les presenta a los gerentes y director y después de analizar la información se define una estrategia para invertir 50 mil dólares que servirán para instalar el control de vacío (función Auto Zero) en 10 máquinas en el año 2021 lo que representaría tener un 41% del equipo con este sistema a finales del año y 80mil dólares más en el año 2022, para lograr abarcar el 100% de las maquinas con esta modificación.

5.1.2.3 Análisis de factibilidad (Vacío de prensa)

Se analizan los datos anualizados para la variable vacío de prensa esto para obtener un lograr demostrar la relevancia de esta. En esta se analizan días trabajados al año, se realiza una conversión a horas y después a minutos para lograr asociar el tiempo con el ciclo. Después de tener los minutos se convierten en llantas para evaluar el consumo de *bladders* en la condición anterior y actual para evaluar la diferencia y lograr obtener el gasto por prensa para aplicar la mejora y el tiempo de recuperación de la inversión.

Para lograr aplicar la mejora por prensa se debe de invertir en estas, el monto de la inversión es de \$5000 los cuales sirven para el pago de la mano de obra y los materiales a utilizar.

Tabla 13 Análisis de ahorro (vacío de prensa)

Días laborados al año	330	Inversión	\$5.000
Horas trabajadas al año	7920	Costo del bladder uso regular	\$55
Minutos trabajados al año	475200	Costo del bladder nuevo	\$60
Ciclo de curado (minutos)	15	Gasto antes	\$24.541
Capacidad de llantas vulcanizadas	31680	Gasto actual	\$15.906
Total dos cavidades (A-B)	63360	Diferencia	\$8.635
Cargas por bladder antes de la mejora	142	Ahorro	\$3.635
Cargas por bladder después de la mejora	260		
Unidades utilizadas antes	446		
Unidades utilizadas después	265		

Fuente: Diseño propio 2021

Después de analizar los resultados se logró concluir que, de acuerdo con la mejora en vida útil, se puede tener obtener un ahorro de \$3.635 dólares anuales.

De acuerdo con estos datos el tiempo de recuperación por la inversión generada de \$5.000 dólares por prensa es de 6.5 meses.

Tabla 14 Análisis recuperación de la inversión.

Días laborados al año	192	Inversión	\$5.000
Horas trabajadas al año	4608	Costo del bladder uso regular	\$55
Minutos trabajados al año	276480	Costo del bladder nuevo	\$60
Ciclo de curado (minutos)	15	Gasto antes	\$14.278
Capacidad de llantas vulcanizadas	18432	Gasto actual	\$9.255
Total dos cavidades (A-B)	36864	Diferencia	\$5.024
Cargas por bladder antes de la mejora	142	Recuperación de la inversión	\$24
Cargas por bladder después de la mejora	260		
Unidades utilizadas antes	260		
Unidades utilizadas después	154		

Fuente: Diseño propio 2021

Se establece una estrategia con el área de Ingeniería de procesos y el área de manufactura para llevar a cabo la implementación de esta mejorar y ejecutarla.

Diagrama Gantt sobre la estrategia.

Tabla 15 Diagrama Gantt (control de vacío)

Departamento:	Vulcanización	Fecha de creación	16/12/2020	Indicadores	Actividad planeada	En proceso	Completo	Atrasado																
Elaborado por:	Elias Paniagua López																							
Nombre del proyecto:	ESTRATEGIA DESARROLLO FUNCION AUTO ZERO																							
Definición del Problema	#	Actividades	Resp.	Plan/Act	III CUATRIMESTRE 2020				I CUATRIMESTRE 2021				II CUATRIMESTRE 2021				III CUATRIMESTRE 2021				I CUATRIMESTRE 2022			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Desarrollar e implementación de la mejora	1	Presentar datos al CFT y Gerencia	Elias P.	Plan																				
				Actual																				
	2	Buscar recurso económico para la implementación	Elias P. / Berym B.	Plan																				
				Actual																				
Objetivo	3	Establecer estrategia de implementación con proyectos	Elias P. / Christian V.	Plan																				
				Actual																				
Mejorar la vida útil al aplicar la mejora de la función Auto Zero en las prensas KOBELCO	4	Priorizar maquinas	Christian V.	Plan																				
				Actual																				
	5	Desarrollar mejora	Mantenimineto	Plan																				
				Actual																				

Fuente: Diseño propio 2021

5.1.3 VARIABLE # 3 ENSAMBLE E INSTALACIÓN (CONDICIÓN DE TOOLING)

Para lograr el ajuste adecuado en el proceso de formado (*shaping*), proceso de carga y en el proceso de curado (prensa cerrada), interviene el espaciador, que se utiliza para darle la altura al ancho de sección especificado a cada llanta de acuerdo con sus dimensiones. Este tiene un roce constante con el *bladder* en cada carga y descarga de la prensa porque está en el interior de este una vez instalada en la prensa y si la condición de este no es la adecuada le podría generar cortes porque este es de hierro y el *bladder* es de hule vulcanizado.

Desarrollo de la variable propuesta

Para llevar a cabo la prueba sobre esta variable se utilizó espaciadores de uso regular y espaciadores modificados por el personal de set-up, los cuales tenían un mayor diámetro en su parte superior y adicionalmente se le realizó un vaciado a 1 centímetro del centro con un ángulo de 45 grados asegurando que cumpla con el objetivo sin debilitar la estructura de este esto para disminuir el roce con el *bladder* en la parte de mayor impacto.



Figura 40. Espaciador Interno

Fuente: Bridgestone CR 2020

La prueba se desarrollará en la prensa H04, porque esta es una de las máquinas que presentan uno de los indicadores de vida útil más baja de esta tecnología, los factores que se evaluarán serán **cortes interno y pellizcos**. La salida de esta variable serán los posibles eventos en los *bladders* por alguno de los factores a evaluar en la prueba. Esta se podrá llevar a cabo de forma simultánea en la prensa porque esta posee dos cavidades y en la cavidad A se colocará el espaciador de uso regular y en la cavidad B el que se modificó por el personal de *set-up*.

Después del montaje de los espaciadores en la prensa se le dará seguimiento en un periodo de un 1 mes para evaluar el funcionamiento de esta modificación, al terminar el periodo de prueba se guardarán los datos para ser analizados posteriormente.

Para la validación de los resultados logrados en la prueba se utilizarán los datos obtenidos en el mes establecido y se realizara una comparación entre cavidades para validar si hay una diferencia entre estas.

Se desarrolla un diagrama Gantt para la estructura de la prueba:

Tabla 16. Diagrama Gantt (Variable #3)

Departamento:		Vulcanización	Fecha de creación		15/10/2020	Indicadores																
Elaborado por:		Elias Paniagua López				Actividad planeada	En proceso	Completo	Atrasado													
Nombre del proyecto:		MEJORA DE LA VIDA ÚTIL EN EL PROCESO DE VULCANIZADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2020				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				
Definición del Problema	#	Actividades	Resp.	Plan/Act	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Baja vida útil de los bladders en la prensa KOBELCO (I04, G08, H04).	1	Evaluar estado del tooling	Supervisor / Christian V.	Plan																		
				Actual																		
	2	Análisis de la información antes de la prueba	Christian V. / Elias P.	Plan																		
				Actual																		
Objetivo	3	Modificar tooling	Supervisor set-up	Plan																		
				Actual																		
Evaluar el impacto de la condición del tooling (espaciador) en la vida útil de los bladders.	4	Coordinar prensa para la prueba	Elias P.	Plan																		
				Actual																		
	5	Seguimiento a la modificación realizada	Christian V. / Elias P.	Plan																		
				Actual																		
	6	Análisis de datos	Elias P.	Plan																		
				Actual																		
	7	Si las pruebas son satisfactorias presentar resultados para definir estrategia de implementación	Christian V. / Elias P.	Plan																		
				Actual																		

Fuente: Diseño Propio 2021

5.1.3.1 Resultados obtenidos

Al desarrollar esta variable se busca impactar el rendimiento de los *bladders* y con esto se logrará disminuir el gasto por la adquisición que incurre el área de vulcanizado, para evaluar los resultados obtenidos de la prueba ejecutada se analizarán los datos por medio de una prueba de hipótesis, donde se evaluará el comportamiento de la vida útil de los *bladders* entre cavidades para identificar si esta es significativa.

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis se tendrán los siguientes lineamientos para su evaluación:

- Ho o Hipótesis Nula: en esta se plantea que no hay diferencia en la vida útil media entre cavidades o que el resultado es mejor con el uso del espaciador de uso regular asociados a daños por este.
- H1 o Hipótesis Alternativa: en esta se plantea que si hay diferencia en la vida útil media o que el resultado es mejor con el uso del nuevo espaciador es mejor.
- IC del 95%
- El tamaño de la muestra (N) utilizado con el espaciador de uso regular es de (10), y con el espaciador modificado es de (10).

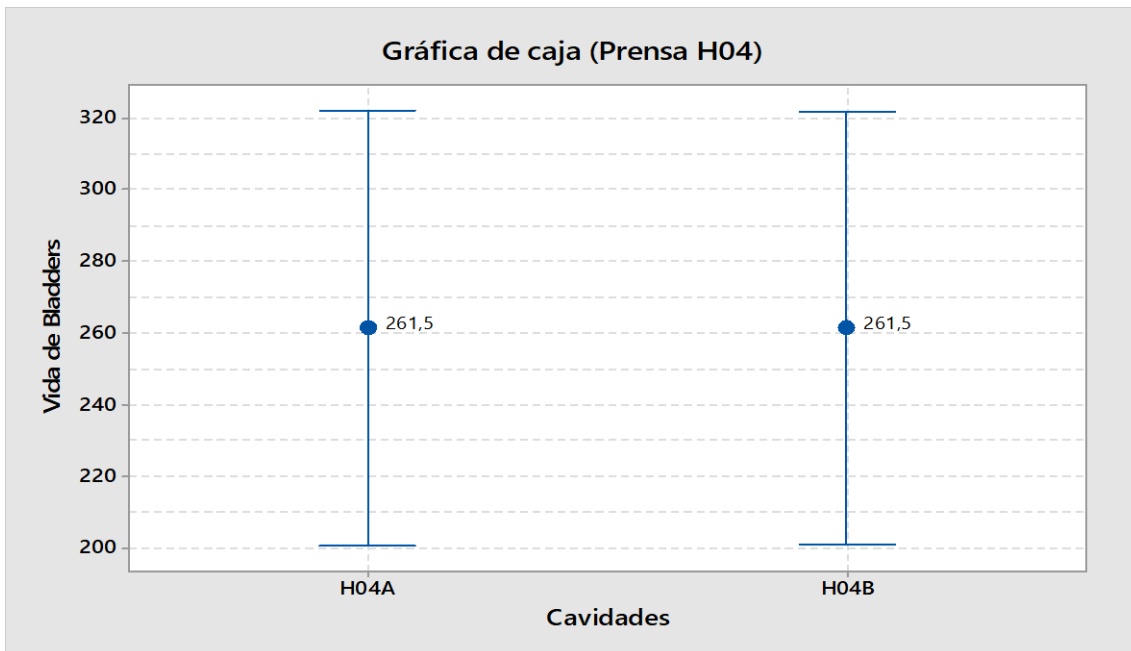


Figura 41. Análisis de Datos prensa H04 (condición de tooling)

Fuente: Diseño Propio 2021

Prensa H04

Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa porque el resultado de la vida media es igual entre las dos cavidades evaluadas.

Después de analizar los datos se logró concluir que esta no es una variable relevante, ya que no demostró tener un impacto en la vida útil media de los *bladders* por que se obtuvo en promedio 261.5 cargas por cavidad.

5.1.3.2 Actividades después de la prueba

Se presentan los datos al CFT de vulcanizado y se les informa sobre los resultados obtenidos quedando en evidencia que la variable establecida no es significativa por lo que no se trabajara con esta.

5.1.4 VARIABLE # 4 CARGA DE PRENSA (PULSO DE SHAPING)

En la descarga de la prensa se llevan acabó una serie de movimientos entre las partes móviles del proceso de descarga de la prensa, muchos de estos movimientos requieren que el *bladder* este en movimiento (subiendo y bajando).

En este proceso el *bladder* puede deteriorarse o dañarse por excesos de vacío lo que podría ocasionar defectos en este como: cracking, fatiga, pellizcos o cortes internos por el contacto con las partes mecánicas.

Desarrollo de la variable propuesta

Para lograr desarrollar esta variable se debe de analizar el proceso de descarga para mejorar el formado del *bladder* en los distintos movimientos que este realiza.

Después que se evaluó esta etapa se planteó la siguiente modificación: agregar un pulso de formado al *bladder* en el momento en que la prensa está depositando la llanta en el post inflado y que no hay peligro de un corte por los descargadores en el *bladder*, después de esto el baja para que la llanta salga

y no se quede sujeta a la gaza, este deberá de esperar hasta que el descargador salga y pueda subir para continuar con el proceso de carga de prensa.

La prueba se desarrollará en la prensa H04, esta es una de las máquinas que tiene mayor oportunidad de mejora en el indicador de vida útil de *bladder*. Los factores para evaluar en esta prueba serán **cortes internos, pellizcos fatiga y cracking.**

La salida para la evaluación de esta variable serán las condiciones visuales de los *bladders* una vez que cumplan su vida útil o que se rompan en el proceso y la prueba se estará desarrollando durante el mes de enero y se evaluarán ambas cavidades (AB).

Después de que se realiza la modificación a nivel de programa se le dará seguimiento para evaluar que este funcione de forma correcta y lograr obtener los datos para su posterior análisis utilizando el *minitab* y aplicando un Chi-cuadrado para validar si este está conforme o presenta un deterioro de los problemas establecidos.

Diagrama Gantt para la estructura de la prueba.

Tabla 17. Diagrama Gantt (Variable #4)

Departamento:		Vulcanización	Fecha de creación:		10/11/2020	Indicadores															
Elaborado por:		Elias Paniagua López			Actividad planeada				En proceso				Completo				Atrasado				
Nombre del proyecto:		MEJORA DE LA VIDA ÚTIL EN EL PROCESO DE VULCANIZADO EN BRIDGESTONE DE COSTA RICA PARA EL TERCER CUATRIMESTRE DEL 2020			NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				
Definición del Problema	#	Actividades	Resp.	Plan/Act	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Baja vida útil de los bladder en la prensa KOBELCO (I04, G08, H04).	1	Análisis de datos	Elias P.	Plan																	
				Actual																	
	2	Evaluación de etapa de descarga	Elias P. / Mantenimiento	Plan																	
				Actual																	
	3	Establecer Mejora	Elias P. / Mantenimiento	Plan																	
				Actual																	
Objetivo	4	Realizar modificación	Elias P. / Mantenimiento	Plan																	
				Actual																	
	5	Seguimiento a la modificación realizada	Elias P.	Plan																	
				Actual																	
	6	Análisis de datos	Elias P.	Plan																	
				Actual																	
	7	Si las pruebas son satisfactorias presentar resultados para definir estrategia de implementación	Elias P. / Mantenimiento	Plan																	
				Actual																	

Fuente: Diseño Propio 2021.

5.1.4.1 Resultados obtenidos

Después de desarrollar esta variable se busca impactar los problemas asociados al vacío y de esta forma mejorar el rendimiento de los *bladders* e impactar en el gasto por la adquisición de estos.

Para evaluar los resultados obtenidos de la prueba realizada se analizarán por medio de una prueba de hipótesis, para ver el comportamiento de donde se evaluará el comportamiento de los tipos de fallo propuestos como una problemática y ver si estos son significativos.

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis se tendrán los siguientes lineamientos para su evaluación:

- Ho o Hipótesis Nula: en esta se plantea que no hay diferencia en la condición visual de los *bladders*, sin utilizar el pulso de *shaping*.
- H1 o Hipótesis Alternativa: en esta se plantea que, si hay diferencia en la condición visual de los *bladders* utilizando el pulso de *shaping*.
- Nivel Alpha 0.05%.
- El tamaño de la muestra (N) utilizado con el espaciador de uso regular es de (10), y con el espaciador modificado es de (10).

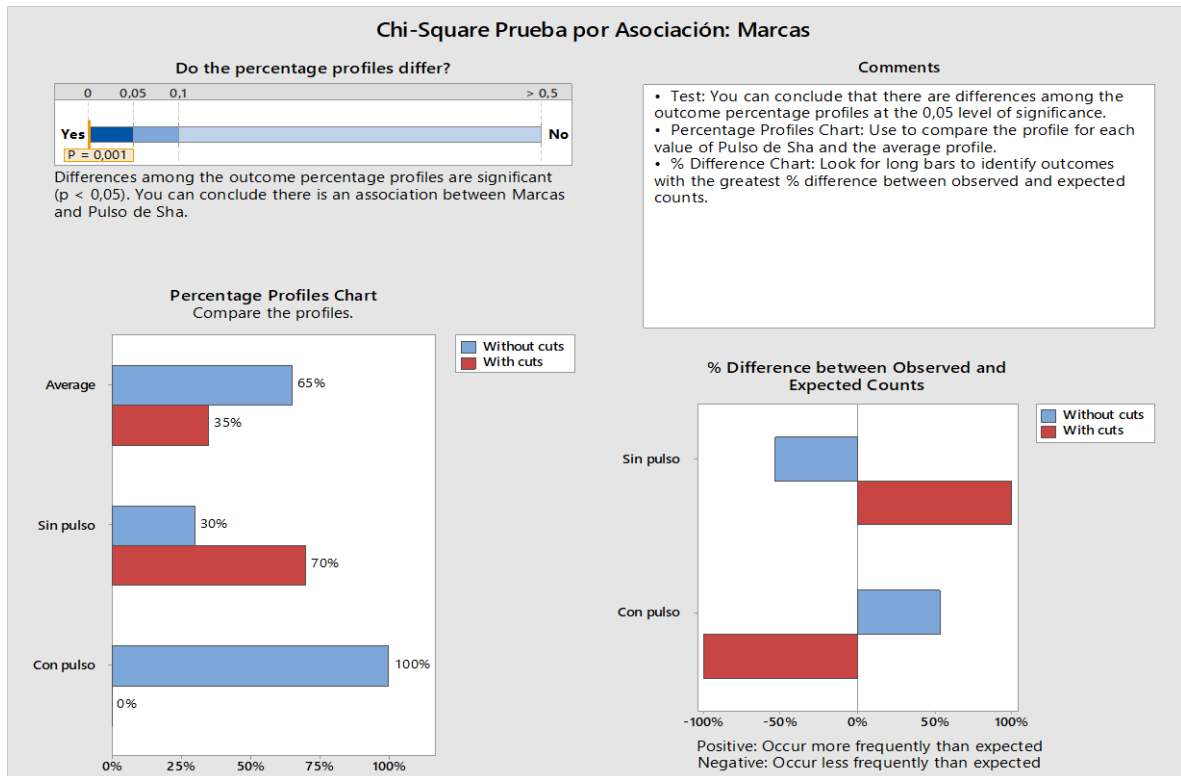


Figura 42. Análisis de datos prensa H04 (pulso de *shaping*)

Fuente: Diseño propio 2021

Prensa G08

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa porque si hay una diferencia en la condición física (interna y externa), de los *bladders* revisados con la prueba que se desarrolló. De las diez muestras de *bladders* sin el pulso de *shaping* 3 de este mostro un deterioro prematuro y 7 estaban conformes y de las 10 muestras revisadas donde se aplicó la mejora del pulso de *shaping*, todas estaban conformes.

5.1.4.2 Actividades después de la prueba

Se presentan los datos al CFT y se define un plan de trabajo para desarrollar la modificación realizada, ya que para aplicarla no se necesita de una inversión y solo se requiere del recurso humano para programar dicha mejora y validarla en las 27 prensas de la tecnología *Kobelco*.

Para lograr llevar a cabo la réplica de las mejoras realizada se buscó el recurso económico y la disponibilidad del personal para replicar las modificaciones en prensa.

Tabla 18 Diagrama Gantt (pulso de shaping)

Departamento:		Vulcanización	Fecha de creación		20/2/2021	Indicadores												
Elaborado por:		Elias Paniagua López			Actividad planeada	En proceso	Completo	Atrasado										
Nombre del proyecto:		APLICACIÓN PULSO DE SHAPING			feb-21													
Definición del Problema	#	Actividades	Resp.	Plan/Act	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
Estrategia recurso y reproducción pulso de shaping	1	Presentar datos al CFT y Gerencia	Elias P.	Plan	█													
				Actual	█													
	2	Buscar recurso económico para la replicación del pulso de shaping	Elias P. / Bery B.	Plan		█	█											
				Actual			█											
Objetivo	3	Establecer estrategia de implementación con mantenimiento	Elias P. / Christian V.	Plan				█	█	█	█							
				Actual														
Mejorar la vida útil al reproducir la mejora del pulso de shaping en todas las prensas Kobelco	4	Desarrollar mejora	Christian V.	Plan				█	█	█	█							
				Actual														
	5	Seguimiento	Mantenimineto	Plan									█	█				
				Actual										█				

Fuente: Diseño propio 2021

5.1.4.3 Análisis de resultados

Se realiza una comparación con los datos obtenidos en el análisis de capacidad antes de desarrollar las mejoras propuestas y después de aplicar las mejoras.

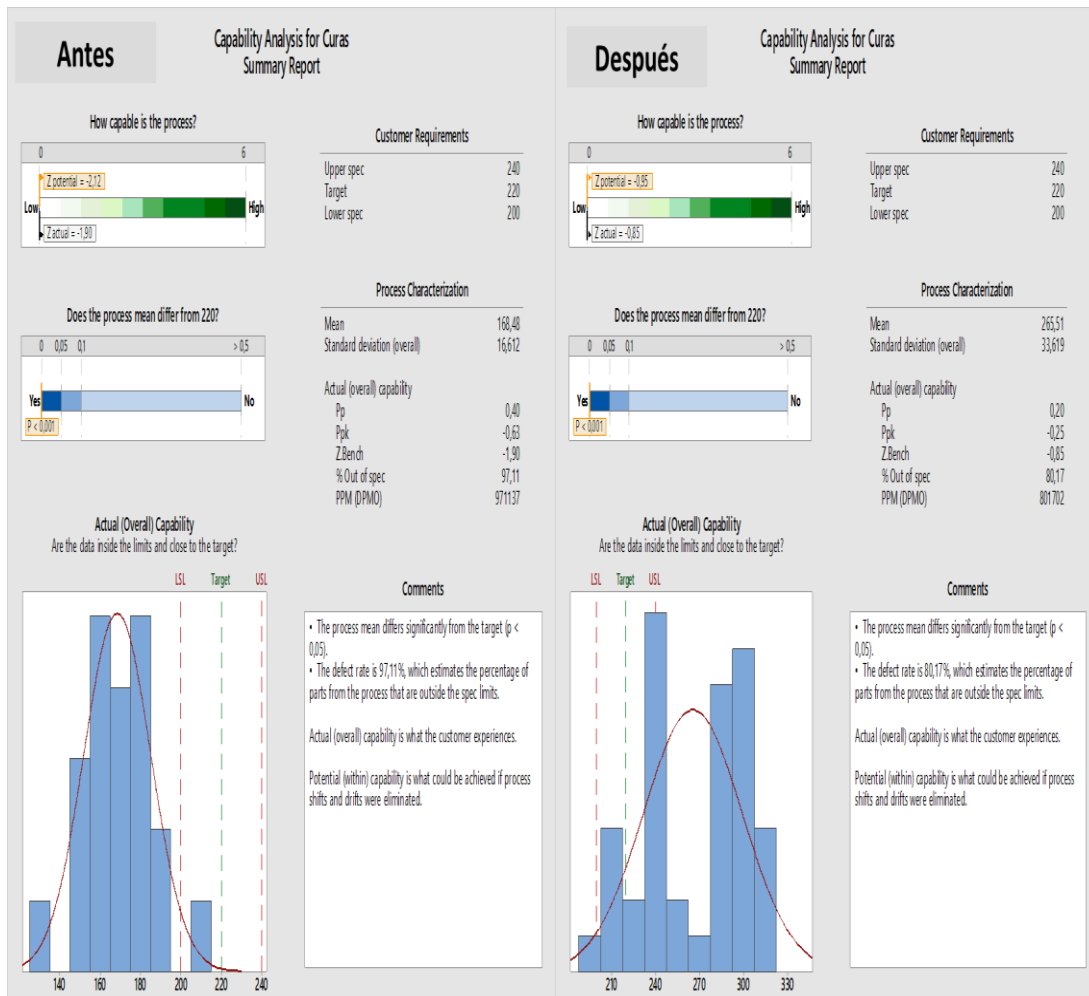


Figura 43 Estudio de capacidad (Antes Después)

Fuente: Diseño propio 2021

Tabla 19 Análisis capacidad

Estudio de capacidad cargas		
Máquinas G08 - H04 - I04	Antes	Después
Ppk	-0,63	-0,25
Nivel Sigma	-1,9	-0,85
PPM	971137	801702

Fuente: Diseño propio 2021

Una vez terminado el desarrollo del proyecto, se logra concluir que este se terminó de forma satisfactoria por que se logró cumplir con los objetivos planteados y orientar al área de vulcanizado por la vía correcta.

- Prensa G08: paso de 154 cargas a 260 cargas.
- Prensa H04: paso de 170 cargas a 261 cargas.
- Prensa I04: paso de 174 cargas a 239 cargas

Tabla 20 Análisis % de mejora

Variable evaluada	Máquinas	Vida útil Antes	Vida útil Después	Porcentaje de Mejora
Vacío de prensa	G08	154	260	68,83%
Pulso shaping	H04	170	261	53,53%
Tipo de bladder	I04	174	239	37,36%

Vida útil promedio antes	Vida útil promedio después	Mejora total acumulada
166	253	

Fuente: Diseño propio 2021

Debido a las mejoras obtenidas se realizó una reunión con el equipo multidisciplinario para redefinir los nuevos límites de vida útil de *bladders* donde se definió los nuevos límites: superior central e inferior y se solicitó realizar el nuevamente el análisis de capacidad esto por la inversión aplicada para el proceso de curado, esto para comparar si el proceso es capaz y los nuevos datos obtenidos son: Ppk de estas prensas es de 0,14 el nivel sigma es de -0.14 y los PPM de 557218.

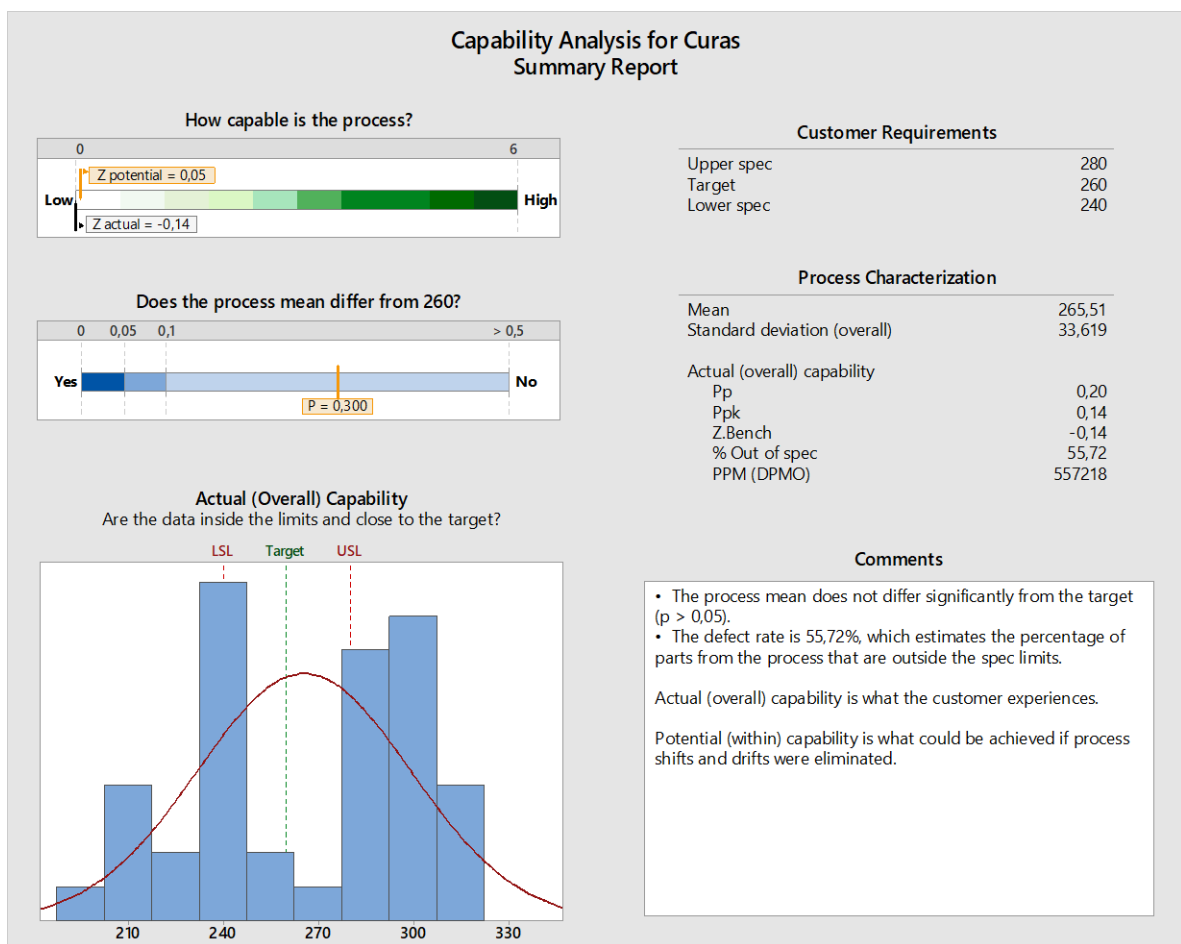


Figura 44 Análisis de capacidad (nuevo)

Fuente: Diseño propio 2021

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Se logra identificar las máquinas con un menor rendimiento de vida útil (I04, G08 y H04) y se trabaja con estas para mejorar su utilidad y funcionamiento; al desarrollar las mejoras se logró un progreso del 52,21% pasando de una vida útil promedio de 163 cargas a 253.

Se analizaron los datos para poder validar estadísticamente como se comportaban y poder tener un enfoque de como trabajarlos, de aquí se obtuvo que la distribución es normal, también se analizaron y se logró identificar que bajo las condiciones actuales el proceso no era capaz de cumplir con las necesidades de la planta y del área de vulcanizado.

Se logra identificar las 4 principales variables que me podrían generar una condición negativa en la vida útil de los *bladders*.

1. Materia Prima (*bladders*)
2. Descarga de Llanta (vacío de prensa)
3. Ensamble e Instalación (*tooling*)
4. Carga de Prensa (pulso de *shaping*)

Se analizan las variables críticas y se realizan pruebas de hipótesis para demostrar que estas eran significativas para esto se plantearon varias pruebas y con esto se logró demostrar que 3 de ellas son relevantes.

Se cancelaron todos los pedidos de *bladders* del proveedor con menor rendimiento y se establecieron los nuevos contratos para lograr una sustitución paulatina sin afectar los gastos del departamento.

Se establecen mejoras a nivel mecánico y de PLC para mejorar las condiciones generales en las máquinas de vulcanizado y de esta forma lograr que las prensas mejoren su rendimiento

Se realizaron sesiones con todo el personal involucrado en el área de vulcanizado para garantizar que las mejoras realizadas perduren en el tiempo.




Las sesiones tenían los siguientes puntos:








- a. Informar a todo el personal involucrado en el área de vulcanizado para asegurar que los resultados sean conocidos.
- b. Se realizan reuniones con el área de Ingeniería de Proceso y compras para lograr modificar órdenes de compra y de esta manera lograr que se dé la apertura de los nuevos códigos de *bladders*.
- c. Lograr la inversión de \$50 mil dólares este año para implementar el control de vacío en prensas *kobelco* y posterior a esto en *Mitsubishi*.
- d. La implementación del pulso de *shaping* en el 100% de las prensas *kobelco*.





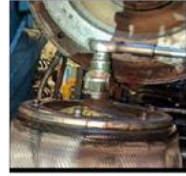



6.2 RECOMENDACIONES

1. Se debe de realizar una inversión económica en partes mecánicas en el resto del equipo para mejorar las condiciones de funcionamiento y de esta manera tener una mejora sostenida en los resultados a través del tiempo.
2. Se debe de realizar un proyecto adicional para reutilizar los *bladders* que se cambian asociados a los cambios de molde, esto se genera porque en la planta se maneja una alineación de medidas con volúmenes de producción bajos ósea se montan por cortos lapsos de tiempo lo que genera que se bajen estos *bladders* con pocas cargas.
3. Se debe de tener un mejor control en los cambios de *bladders* asociados a problemas mecánicos y de ensamble porque esto afecta la vida útil por daños en su estructura y genera que se deban de cambiar con menos de 50 cargas por apariencia, lo que dispara el costo por cura de estos.
4. Uno de los problemas más importantes es el deterioro de los *bladders* por problemas asociados a ampollas de gas es la presencia de oxígeno en el sistema de nitrógeno, para controlar y evidenciar la problemática se debe de instalar medidores de oxígeno en el sistema, pero para esto se tiene que realizar una inversión en los sistemas de alimentación en la tubería de suministros que va del área de caldera hacia las prensas de vulcanizado.

APÉNDICE(S)

Descripción escrita del Paso	Herramienta a utilizar	Foto del paso (cuando aplique)	Puntos a chequear	Seguridad
Comunicar al Vulcanizador que se va a realizar el cambio	Radio Intercomunicador		NA	NA
Colocar Brazos cargadores en modo manual	Panel View		Asegurar que los brazos estén en modo Manual	NA
Bloquear motor de la Prensa	Candado Verde de Seguridad		Asegurar Bloqueo	Loto
Colocar Maquina en modo manual	Panel Principal		NA	NA
hule de protección en el molde	Hule de protección		Hule que cubra toda la pared del molde	NA
Quitar la Gaza	NA		NA	EPP
Subir los Cilindros	Panel de Instrumentos		NA	NA
Revisar superficies al subir a la prensa	NA		Que la superficie se encuentre sin derrames de líquidos o aceites y anomalías (gradas y pasarelas)	EPP

Aplicar Shapping para el inflado de bladder	Panel de Instrumentos		Verificar que el bladder infle correctamente	Que el bladder no continúe inflando
Aflojar bladder	Platina		Que el bladder quede flojo	EPP / Correcta colocación de Platina
Bajar el Pistón	Panel de Instrumentos		Que el pistón Baje hasta el espaciador interno del bladder	NA
Bajar Bladder	Montacargas, Uñas, Cadenas, Tarima y Arañas		Ala hora de tomar el bladder este debe quedar sujeto . De Aro 16 en adelante se debe utilizar la uña para bajar los Bladder De aro 15 y menores se puede bajar los bladder manualmente con la ayuda de la tarima	EPP
Revisar el código del Bladder entrante	Ampo de parámetros		Verificar que el código de bladder entrante concuerde con el indicado en el ciclo e informarle al armador de bladder	NA
Trasladar Bladder al Taller	Montacargas		NA	Respetar limites de velocidad
Desarmar y Armar el Bladder (Operación realizada por el armador de bladder)	Armadora de Bladder, Platina, Pistola de impacto		Anillos según la espec, Tipo de bladder según ciclo, Verificar que estén puestos los Orings en el anillo #2, Limpiar Anillos #1 y #4	EPP
Trasladar Bladder a la Prensa	Montacargas		NA	Respetar limites de velocidad

Cambio de Oring #4 y #5	Lezna		Que el Oring quede bien colocado en la ranura. Aplicar grasa al Oring	EPP
Montar Bladder	Montacargas, Uñas, Cadenas, Tarima y Arañas		Ala hora de tomar el bladder este debe quedar sujeto . De Aro 16 en adelante se debe utilizar la uña para bajar los Bladder De aro 15 y menores se puede bajar los bladder manualmente con la ayuda de la tarima	EPP
Inflar Bladder	Panel de Instrumentos		Verificar que el Bladder infle correctamente	Que el bladder no continúe inflando
Socar Bladder	Platina		Que el bladder no quede flojo. Que el anillo#4 no quede pegando al Cilindro. Que el Oring tenga grasa	EPP
Socar y meter Gaza	Racht de 3/4 / Araña		Que la gaza no quede floja	EPP
Dopar Bladder	Espuma, Dope, Manguera, Brillo		Verificar que la superficie del molde y bladder queden limpias sin materias extrañas	EPP
Retirar Hule de protección del Molde	NA		NA	EPP
Limpieza de anillo #4 y tapa inferior del molde	Foco, Manguera, Brillo		Soplar superficie, recoger Oring y cualquier tipo de tooling que puedan dañar los moldes	EPP








desbloquear Maquina	Candado Verde de Seguridad		NA	Loto
Bajar cilindros	Panel de Instrumentos		NA	NA
Calentar y estirar Bladder	Panel de Instrumentos		Temperatura del Bladder idónea para Vulcanizar . Se debe de estirar mínimo 10 veces	NA
Cerrar Prensa para proceso de Calentamiento	Panel de Instrumentos		No pellizcar el bladder	NA
Llenar tarjetas Verdes	Tarjetas F-952-13		Anotar y Verificar que toda la información este correcta	NA
Reseteo de cargas	Panel View		Verificar que las cargas estén en cero. Cuando el cambio es en una solo cavidad asegurar resetear la cavidad correcta	NA
Entrega de Prensa al Vulcanizador	NA		NA	NA

Figura 45. Estándar cambio de bladder

Fuente: Bridgestone de Costa Rica 2021

GLOSARIO

Almacén de producto terminado: área donde se almacenan las llantas vulcanizadas para ser enviadas al cliente final.

Armado: departamento encargado de realizar el ensamble de las materias primas manufacturadas en las diferentes áreas del proceso.

Aros: departamento donde se transforma el alambre en aros para las cejas de las llantas.

Armadoras I Etapa: máquinas en donde se ensambla la primera parte de las llantas verdes (carcaza).

Armadoras II Etapa: máquinas en donde se ensambla la segunda y parte final de las llantas verdes (LVRA).

Banbury: departamento donde se realiza el proceso de mezclado de los hules naturales.

Carcasa: está conformada por la primera etapa del armado de una llanta, esta se compone de: Sellante, Telas, Paredes, Cejas.

Calandra: departamento en donde se realiza el maquilado de las telas con el hule. También en este proceso se procesa el hule para producir el sellante.

Casa de Cementos: departamento que provee de algunos químicos a los diferentes procesos.

Capa estabilizadora: estructura de alambre enhebrado para reforzar el rodado y darle más fortaleza.

Ceja: estructura de alambre que sujeta a la llanta con el aro.

Cortadora: departamento encargado de cortar las carruchas de hule y tela maquilada según el ángulo requerido para cada medida de llanta.

Inspección Final: departamento encargado de asegurar la calidad del producto y almacenaje de llantas.

Pared: costado de la llanta.

Rodado: zona de llanta que hace contacto con la carretera.

Scrap: llantas de desecho que no cumple con los requisitos internos y externos del proceso.

Sellante: hule utilizado para mantener el aire entre el aro y la llanta.

Tubuladora: departamento en cargo de realizar la extrusión del hule en paredes y rodados.

Telas: se utiliza para reforzar la estructura de la llanta.

Vulcanizado: departamento donde se utilizan los servicios de caldera para darle el acabado final a la llanta.

ANEXO

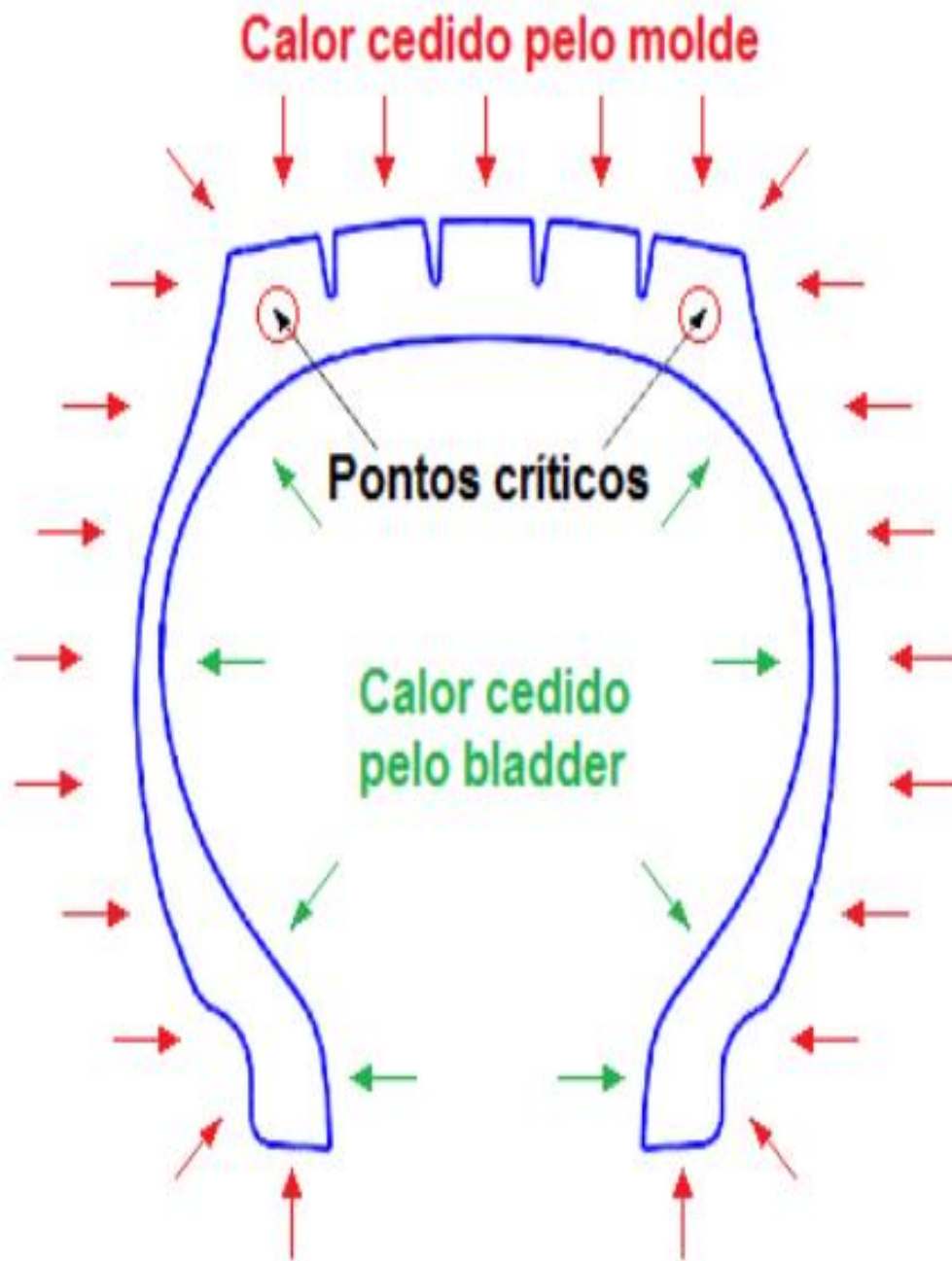
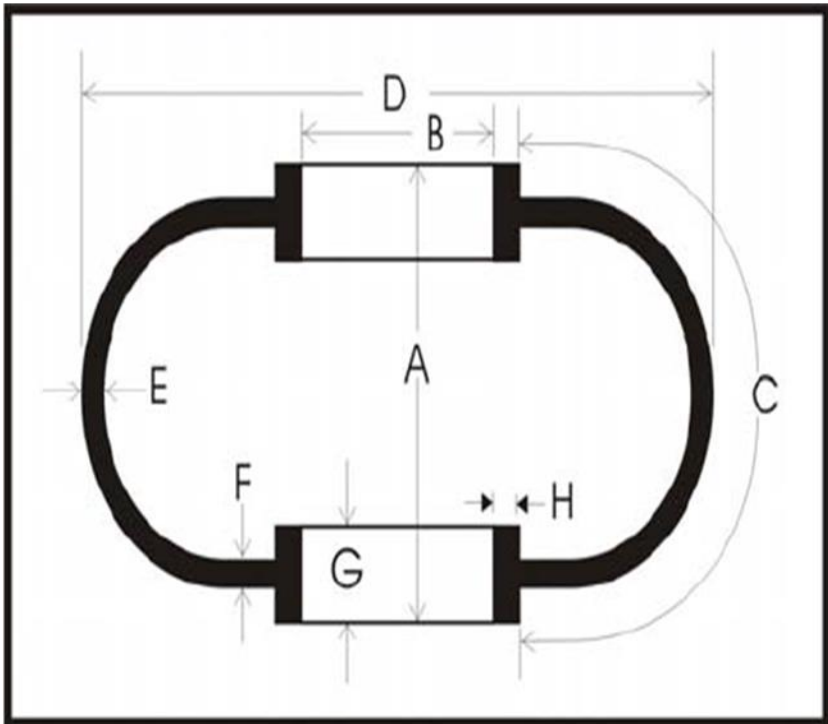


Figura 46 Transferencia de calor del bladder

Fuente: <https://www.ctborracha.com/o-fabrico-de-pneus/vulcanizacao-de-pneus/>



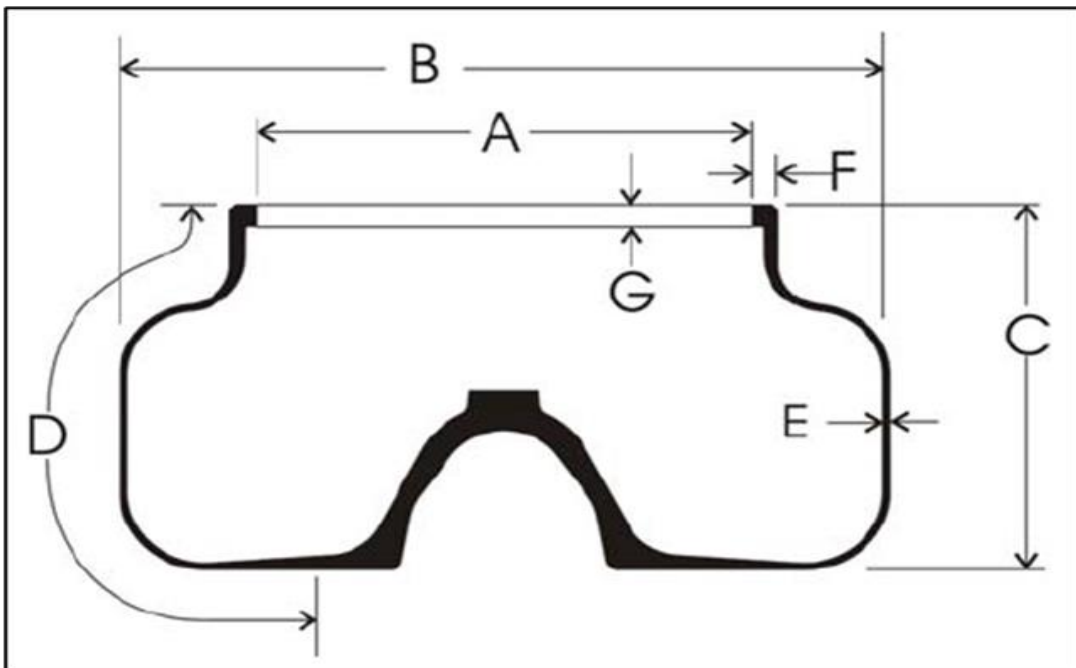


Figura 47 Tipos de bladders

Fuente: <https://www.nortesul.net/automotiva/produtos/detalhes/130/8/bladders/>

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía consultada

Hernández, R. (2010). Metodología de la investigación. (5a. ed.) McGraw-Hill Interamericana. Tomado de <http://ebooks7-24.com/?il=285>

Gutiérrez, H. (2014). Calidad y productividad. (4a. ed.) McGraw-Hill Interamericana. Tomado de <http://ebooks7-24.com/?il=751>

Hodson, W. (1996). Maynard Manual del Ingeniero Industrial. (4a. ed.). México: Ed. McGraw-Hill.

Gutiérrez, H. (2013). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. (3a. ed.) McGraw-Hill Interamericana. Tomado de <http://ebooks7-24.com/?il=280>

Luis Vicente Socconini, Carlo Reato (2019). Lean Six Sigma: Sistema de gestión para liderar empresas, Editorial Marge Books

A., E. (2016). Kaizen. McGraw-Hill Interamericana. Tomado de <http://ebooks7-24.com/?il=7491>

Imai, M. (2014). Gemba Kaizen. (2a. ed.) McGraw-Hill Interamericana. Tomado de <http://ebooks7-24.com/?il=7607>

Peter S Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh, (2002). Las claves de seis sigma: La implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial, Editorial Mc Graw-Hill España.

Bibliografía electrónica

<http://www.sekultire.com/wp-content/uploads/yishen-press-broshur.pdf>

<http://www.chihuahua.tecnm.mx/academic/industrial/estadistica1/cap02c.html>

<https://statutorial534846024.wordpress.com/2018/11/25/grafico-blox-plot-en-jasp/>

<https://cicalidad.com/entrenamiento/estudios-rr-de-medicion-msa/>

<https://www.caletec.com/6sigma/definicion-de-capacidad-de-proceso/>

**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, 31 de agosto 2021


Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Elías Alberto Paniagua López con número de identificación 2-0566-0276 autor (a) del trabajo de graduación titulado Mejora de la vida útil en el proceso de vulcanizado en Bridgestone de Costa Rica para el tercer cuatrimestre del 2020 presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar por el título de Licenciatura; (SI) 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,

 20566 0276
Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.