

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería
Industrial

TÍTULO DEL PROYECTO:

“Propuesta de diseño de un sistema de mantenimiento productivo total, para la disminución del tiempo de paro en las prensas BOM en la empresa Bridgestone Costa Rica.”

TUTOR:

Ing. Freddy Hernández

AUTOR:

Javier Rojas Herrera

LECTOR:

Ing. Alejandro Leiva (MBA)

SAN JOSÉ, COSTA RICA

Enero, 2018.

DEDICATORIA

Primero que todo le dedico este proyecto a Dios, ya que siempre me ha dado la sabiduría y las fuerzas necesarias para seguir adelante en cada prueba que me establece la vida.

A mi familia por brindarme su apoyo incondicional en los momentos más difíciles y no permitirme caer ante la derrota.

También a mis compañeros por entenderme y motivarme a ser mejor persona durante todo este proceso y enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

A todos ellos les agradezco y espero siempre sigan a mi lado.

“Todos tenemos sueños. Pero para convertir los sueños en realidad, se necesita una gran cantidad de determinación, dedicación, autodisciplina y esfuerzo” (Jesse Owens).

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por permitirme concluir una prueba más en mi vida.

A mi familia que me ha mostrado su apoyo, en especial a mi madre que nunca ha dejado de creer en mí aun cuando me he rendido.

A los profesores que lograron guiarme por un mejor camino y me han compartido su conocimiento, en especial a Freddy Hernández y a William Aguilar que son excelentes y me han dado la oportunidad de aprender de la mano de ellos.

Contenido

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	23
Historia.....	24
Misión de la empresa.....	25
Visión de la empresa.	26
Problema.....	26
Problemática.....	26
Planteamiento del problema	27
Objetivos de la investigación	27
Objetivo general	27
Objetivo específico.....	27
Justificación.....	27
Antecedentes	29
Proyecciones.....	29
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	31
Investigación	31
DMAIC.....	31
Mapeo de procesos	33
Diagrama SIPOC.....	33
Diagrama de flujo.....	34

Mapa de flujo de valor	34
Lluvia de ideas	35
Diagrama de Ishikawa	35
Diagrama de Pareto	36
Estratificación.....	36
Hoja para localización de las zonas con defectos	36
Muestreo de trabajo	37
Defina los elementos.	37
Seleccione la unidad de medida.	37
Tiempo del estudio y frecuencia de las observaciones.	37
Mantenimiento productivo total (TPM)	38
Objetivo del TPM.....	38
Mantenimiento planificado	38
Mantenimiento preventivo	38
Mantenimiento predictivo	39
Las grandes pérdidas	39
Las actividades esenciales para realizar TPM.....	39
Pasos para la implantación del TPM	41
Máquinas paralelas.....	41
Programación de cuellos de botella.....	42

	15
Objetivos de la programación del centro de trabajo.....	42
Programación de n trabajos en dos máquinas	42
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	44
Enfoque cuantitativo	44
Alcance descriptivo	44
Alcance explicativo	45
Muestra de la Investigación.....	45
Muestra probabilística.	46
Aleatorio Sistemático.	46
Variables.....	47
Instrumentos.	48
Proceso para la Recolección de Datos.....	49
Recolección de información.....	50
Fuentes primarias.	51
Fuentes secundarias.....	51
Entrevistas.	51
Cronograma.....	51
WBS (EDT).....	51
Diagrama de Gantt.	52
Presupuesto.....	53

CAPÍTULO IV ANÁLISIS.....	55
Diagrama de proceso	57
Diagrama de Flujo Vulcanización.....	58
Diagrama de SIPOC	59
Datos relevantes	61
Diagrama de flujo.....	66
Flujo de valor	71
Cálculo de la muestra	72
Comparación de la muestra con el estándar.	75
Diagrama de Ishikawa.....	76
Clasificación de variables.....	77
Capacidad	79
TPM.....	81
Mantenimiento planificado.	81
Mantenimiento preventivo.	82
Mantenimiento predictivo.	83
Mantenimiento correctivo.	83
Pilares del TPM.....	84
Las 6 grandes pérdidas	87
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88

Conclusiones	88
Recomendaciones	89
CAPÍTULO VI DISEÑO	90
Contratación de personal	91
Perfil de puesto.	92
Plan de capacitación.	93
Pre-armado de bladder	93
Espacio para bladder pre-armados	94
Sistema de Gestión del Mantenimiento Productivo Total.....	97
Fiabilidad.....	98
Mantenibilidad.	98
Logística del mantenimiento.	99
Mantenimiento Productivo Total	100
Objetivos del Sistema TPM.....	102
Actividades necesarias para la eliminación de las 6 grandes pérdidas	102
Encargado del sistema TPM.....	103
Pasos para la implementación del TPM.	104
Plan de implementación	109
Factores críticos para el éxito del proyecto	112
Apoyo de la alta dirección.....	112

Trabajo en equipo.....	112
Personal adecuado.	112
Comunicación y coordinación.....	112
Resistencia al cambio.	112
Análisis económico	113
Trabajos citados.....	116
APÉNDICE	118

Tabla de Figuras

Figura 1 . Inventario de bladder	26
Figura 2.Diagrama SIPOC	34
Figura 3. Pilares del TPM	39
Figura 4. Proceso cuantitativo	44
Figura 5. Cálculo de la muestra.....	47
Figura 6. Desviación estándar	47
Figura 7. Ecuación de cálculo de la muestra	49
Figura 8. WBD	52
Figura 9. Diagrama de Gantt	53
Figura 10. Estrategia de diseño	56
Figura 11.Diagrama de proceso	57
Figura 12. Diagrama de Flujo Proceso de Vulcanización	59
Figura 13. Diagrama de SIPOC.....	60
Figura 14. NOT ´S reportado	62

Figura 15. Porcentaje de tiempo en cambio de bladder	63
Figura 16. NOT'S llantas no vulcanizadas.....	63
Figura 17. Cambios por defecto	66
Figura 18. Diagrama de Cambio de bladder	67
Figura 19. Diagrama de Flujo de armado de bladder	70
Figura 20. Cálculo de la N 3%	73
Figura 21. Cálculo de N para cambio de bladder	74
Figura 22. Cálculo de la N en el armado de bladder	75
Figura 23. Diagrama de Ishikawa	77
Figura 24. Cálculo de operadores necesarios	80
Figura 25. Reporte de cargas para bladder	82
Figura 26. Reporte de aplicación de 3%	83
Figura 27. Platilla de Kaizen	86
Figura 28. Espera de operador por bladder	94
Figura 29. Espacio para bladder	95
Figura 30. Plano de espacio para bladder pre armados	96
Figura 31. Sistema de gestión del TPM	97
Figura 32. Actividades en un sistema con TPM.....	100
Figura 33. Áreas de impacto del TPM	101
Figura 34. Organigrama	104
Figura 35. Casa TPM	105
Figura 36. Calificación de monitoreos	106
Figura 37. Mapa de prensas.....	108
Figura 38. Cronograma de implementación	111

Tablas

Tabla 1. Variables	48
Tabla 2. Instrumentos	49
Tabla 3. Nots reportados	62
Tabla 4. Llantas no vulcanizadas	63
Tabla 5. Defectos cambio de bladder	64
Tabla 6. Flujo de valor	71
Tabla 7. Toma de tiempos de 3%	72
Tabla 8. Análisis estadístico 3%	73
Tabla 9. Toma de tiempos de cambio de bladder	73
Tabla 10. Análisis estadístico cambio de bladder	74
Tabla 11. Toma de tiempos de armado de bladder	74
Tabla 12. Análisis estadístico de armado de bladder	75
Tabla 13. Clasificación de variables	78
Tabla 14. Promedio cambios de bladder	79
Tabla 15. Tiempo total para el cambio de bladder	80
Tabla 16. Funciones del puesto	91
Tabla 17. Cantidad de armadores por semana	94
Tabla 18. Salario mensual por operador	113
Tabla 19. Gastos de proyecto	114
Tabla 20. Ganancias en llantas	114
Tabla 21. Ganancia por año	115

Tabla 22. Evaluación económica año 2018.....	115
--	-----

Apéndices

Apéndice 1. NOT'S reportados	118
Apéndice 2. Tiempos preliminares 3%	119
Apéndice 3. Muestras adicionales 3%.....	121
Apéndice 4 Muestras preliminares de cambio de bladder.....	122
Apéndice 5. Muestras restantes cambio de bladder	123
Apéndice 6. Muestras preliminares armado de bladder	126
Apéndice 7. Tabla de salario	127
Apéndice 8. Cargas sociales.....	128

RESUMEN EJECUTIVO

Para el desarrollo de la Propuesta de diseño de un sistema de mantenimiento productivo total, para la disminución del tiempo de paro en las prensas BOM en la empresa Bridgestone Costa Rica, se observó la necesidad de intervenir el proceso con el fin de encontrar mejoras que permitan perfeccionar el método actual de la compañía.

Su principal objetivo es disminuir el tiempo de paro que se relaciona con el cambio de bladder en el proceso de vulcanización. Con esto se busca aumentar en al menos 27 la cantidad de llantas vulcanizadas por día, lo que genera una ganancia de 692 550 mil colones en promedio por día.

Por esto fue necesario analizar la manera en la que actualmente la empresa realiza estos cambios de bladder, para ello se desarrollan GEMBAS con la intención de encontrar anormalidades o puntos no necesarios en el método.

Se evidenció que con la forma y el personal con que se cuenta en este momento para realizar dichas intervenciones a las prensas se tiene una duración promedio de 106 minutos, lo cual se sale del estándar corporativo que es de 45 minutos por cambio, lo que genera la necesidad de involucrar más personal con el que se cuenta para realizar los cambios.

El personal a cargo de estas funciones son: el armador, el cambia bladder y el que maneja el montacarga por turno, se pretende incluir dos personas extra por día que van a servir como refuerzos para el cambia bladder, de esta manera se aumenta la cantidad de prensas intervenidas.

Se concluye que no contar con los bladder pre armados para su pronta utilización, retrasa el mantenimiento a la máquina en 26 minutos en promedio, esto según la información obtenida en el estudio de tiempos realizado durante el avance del proyecto.

Se recomendó la implementación de un Mantenimiento Productivo Total, con el fin de mejorar el tiempo y la manera en la que se intervienen las prensas, ya que actualmente no se cuenta con un plan de mantenimiento debidamente diseñado para esta labor.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

En la provincia de Heredia, exactamente en la Ribera de Belén, se encuentra ubicada la compañía Bridgestone Costa Rica S.A, la cual se dedica a la fabricación de llantas de diferentes tipos como: las agrícolas, doble propósito, equipo original, entre otras.

El proceso de estudio es el cambio de bladder's, el cual realizan en promedio 48 veces por día. Esta actividad consiste en llegar a la máquina, desmontar el hule, llevarlo al área de armado y por último montarlo nuevamente en la máquina para permitir que el equipo continúe con su funcionamiento normal. Estas funciones se tienen que realizar unas 18 veces en promedio por turno, descontrolando el proceso al no existir una programación.

Por lo tanto, la investigación tiene como fin encontrar un balance entre los cambios de bladder, el tiempo en que se realiza y las prensas en las que se debe hacer instantáneamente. De esta manera, se va a definir la manera más óptima tratando de sincronizar las actividades para realizar los cambios, evitando demoras tan prolongadas de los equipos, por falta de intervención.

Es de suma importancia el éxito del proyecto, ya que como se menciona en el desarrollo del estudio la compañía pierde una gran cantidad de tiempo y llantas en cambios de bladder, lo cual es evitable desarrollando un sistema de Mantenimiento Productivo Total, que prevenga los paros en las prensas, actuando de manera preventiva, proactivamente.

En el capítulo I, se diseña la estructura y metodología del proyecto, llámese problema, objetivos, problemática y antecedente. Todas estas necesarias para tener una guía de cómo y que se va realizar.

Por otra parte, en el capítulo II se desarrolló el fundamento teórico que facilita el conocimiento del tema de estudio esto con la intención de aclarar cualquier duda y enriquecer al analista.

En el capítulo III se plantea la metodología por seguir con los pasos, los indicadores y las métricas para asegurar el éxito de la indagación, ya que en este apartado se indican las herramientas necesarias para la recolección de toda la información necesaria para establecer las conclusiones sobre la situación actual de la compañía.

Por otra parte, se encuentra el capítulo IV, este va a permitir analizar la situación actual del proceso estudiado, va a indicar las demoras del proceso, variables controlables y no controlables, las causas principales, mudas, entre otras. Una vez obtenido el resultado del análisis, en el capítulo V se plantean las conclusiones y recomendaciones pertinentes del caso.

Por último, en el capítulo VI se diseñan propuestas que van a permitir lograr el cumplimiento de todos los objetivos planteados, con sus respectivos responsables y pasos para lograrlos.

Generalidades de la Empresa

Historia

1967-1971

Inicia operaciones Industrias Firestone de Costa Rica. Se empezó a trabajar con 200 funcionarios y se fabricaban 425 llantas al día. A principios de los años setenta se llegaron a fabricar 1200 llantas por día.

1971-1985

Durante este tiempo la planta se expandió y en 1985 SUMMA S.A adquiere IFCR, cambiando así la razón social a Industrias Akron de Costa Rica S.A. Para este momento se fabricaban 2200 llantas por día.

1988-1996

A finales de los 80 Bridgestone Corporation adquiere la Firestone Rubber Company. A mediados de los 90 se fabrica la primera llanta radial acero, la F-570, contando con 570 trabajadores y fabricando 2400 llantas por día

En 1996 se constituye una alianza estratégica con la corporación Bridgestone y cambia la razón social a Firestone de Costa Rica S.A.

1997-2002

Se exporta la primera llanta radial Turismo II a Estados Unidos y se obtiene la certificación ISO 9002. A finales de los 90 se inaugura EXFISA, la Corporación Bridgestone

compra la mayoría de las acciones y cambia la razón social a Bridgestone Firestone de Costa Rica S.A.

Se obtiene la certificación ISO 14001. Durante este periodo se fabricaban 5000 llantas y trabajaban 600 asociados.

2002-2005

Se inicia el proceso de expansión y se obtiene la certificación QS 9000. Específicamente en el año 2003 se fabrica la primera llanta de equipo original y nos otorgan el premio corporativo de seguridad y el premio corporativo de mantenimiento.

2005-2006

En este año se obtiene el Premio al Esfuerzo del Exportador de la Cámara de Exportadores de Costa Rica.

Actualmente la Compañía fabrica más de 12000 llantas diarias y se cuenta con la participación de más de 1000 colaboradores.

Nuestra Empresa se ha colocado como una de las primeras empresas exportadoras de productos no tradicionales de Costa Rica.

También en estos años se produce la primera llanta con tecnología Uni-T, la nueva Destination de Firestone.

Se lanza al mercado la Nueva CV3000 de Firestone, la nueva generación en llantas de carga.

Se produce la primera llanta marca Bridgestone de reemplazo, la Potenza RE740.

Después de un largo proceso de preparación se produce en Costa Rica la primera llanta High Performance, Potenza Gill.

Misión de la empresa.

Servir a la comunidad con calidad superior.

Visión de la empresa.

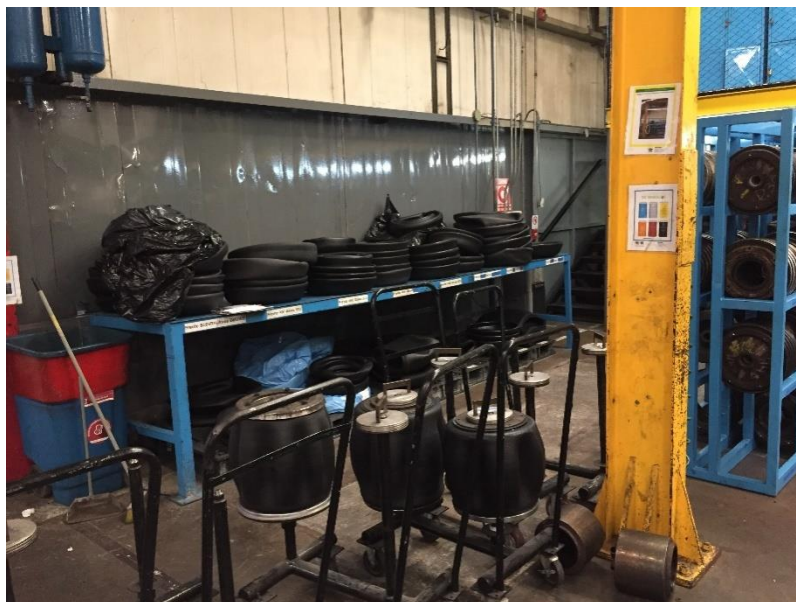
Ser la empresa referente en mejora continua.

Problema

Problemática

La compañía, en las funciones diarias para mantener la producción, necesita realizar el cambio de los hules encargados de dar forma a la llanta en el proceso de vulcanizado, estos reciben el nombre de bladder. Para tener un mejor conocimiento del tema en la Figura 1 se procede a mostrar los bladder tanto pre armados, como los que se encuentran en el inventario.

Figura 1 . Inventario de bladder



Fuente: investigación propia

Una vez que se tenga clara la utilidad del bladder se procede a explicar más a fondo el problema. La organización, se está viendo afectada por la cantidad de paros en el proceso de cambio de bladder. Aunque estos paros no es posible eliminarlos, ya que es un proceso totalmente necesario para el buen funcionamiento. El problema radica en el tiempo que se demora cada cambio, ya que para esto se debe detener la máquina, por consiguiente, dejar de producir en ese lapso.

Esto representa un 2.58% del tiempo total del área de vulcanización por día, la cual es una cifra nada despreciable, ya que esto convertido en horas suma un total de 19.86 horas máquina. Por ello se busca reducir todas las mudas que le permitan al sistema trabajar de la manera más eficiente, disminuyendo la cantidad de paros durante el turno.

Planteamiento del problema

¿Cómo disminuir el tiempo de paro de las prensas BOM en el cambio de bladder en la empresa Bridgestone Costa Rica S.A mediante el diseño de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total?

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Diseñar un sistema de mantenimiento productivo total para la disminución del tiempo de paro en las prensas BOM en la empresa Bridgestone Costa Rica.

Objetivo específico

- Identificar las actividades críticas del método de cambio de Bladder.
- Estandarizar el proceso mediante el estudio y análisis del método actual para generar un método más adecuado.
- Determinar la capacidad del proceso de cambio de bladder
- Establecer los mantenimientos productivos totales en el proceso de cambio de bladder, que permita reducir o eliminar las pérdidas asociadas con paros en el proceso.
- Reducir el tiempo de paro de las prensas en 20 minutos para aumentar la productividad del cambio de bladder.

Justificación

Como se mencionó anteriormente, la empresa se dedica a la fabricación de llantas. En este proceso tan grande se encuentran otros subprocesos, uno de ellos es el cambio de bladder (hule el cual con ayuda del molde se encarga del formado de la llanta). Es muy común que se realicen

diversos cambios, tanto en el turno de día como en el de la noche, para ser aún más precisos un promedio de 40 por día, siendo este un número bastante elevado.

La elevada cifra de cambios por día y otros inconvenientes como, la falta de comunicación entre el armador, el cambia bladder, la deficiencia en la toma de decisiones son puntos clave para empeorar el tiempo en el momento de realizar su labor, el estándar es de 45 minutos, el cual está establecido por la casa madre en Japón. Estas deficiencias nombradas anteriormente perjudican a la organización considerablemente, ya que aumenta el tiempo de paro de las prensas por la falta de bladder's armados.

El tiempo de paro de las máquinas aumenta, ya que, el armador no tiene un inventario de bladder's ya listos para instalar, esto porque existen problemas de comunicación entre sus compañeros, lo cual ocasiona en reiteradas ocasiones que se arme el equivocado, lo que duplica el tiempo de paro de las máquinas. Por ello actualmente no se tiene esta práctica en uso.

Los bladder's se cambian por algún defecto que impida su máximo rendimiento o porque llegaron al final de su vida útil, el problema radica en que solo se puede tener certeza de los cambios que van a caer por objetivo. Ya que los que caen por defectos no se pueden estimar dónde ni cuándo, esto provoca un aumento de prensas detenidas por esta causa. Esto sumado al estudio nulo del método se convierte en un problema que está haciendo que este proceso se encuentre en las principales dificultades de la organización.

Es importante destacar que para este proceso, solo se cuenta con tres operadores, uno encargado del armado y desarmado, otro del montaje y desmontaje y por último el que manipula el montacargas. Cuando se producen varios cambios al mismo tiempo de manera inesperada el personal no da abasto, causando que se detengan varias prensas al mismo tiempo, esto ocasiona la detención de alguna cavidad hasta por tres horas, ya que solo se atiende a una prensa a la vez.

Estos paros ocasionan que se pierda la oportunidad de vulcanizar 17 126 llantas en promedio durante un año, lo cual equivale a la producción de dos turnos y medio de la planta, trabajando en condiciones ideales a toda su capacidad.

Antecedentes

Como lo indica la información suministrada en el marco teórico sobre el mantenimiento productivo total, es correcto decir, que en la actualidad existe una amplia explotación de este concepto y sus múltiples funciones y beneficios, las cuales facilitan la obtención y aplicación.

Por otra parte, existen amplias investigaciones y libros que funcionan como guías para el exitoso desarrollo de la investigación, ya que estas indican detalladamente los pasos y los resultados que se obtuvieron. Aunque no existe un proyecto con las características iguales cuando se habla del proceso de estudio, pero las investigaciones desarrolladas brindan la guía suficiente para validar que la aplicación del Mantenimiento Productivo Total es beneficioso para las compañías.

La empresa no cuenta con estudios similares documentados, por otra parte, no es posible tomar referencias de otras plantas a nivel mundial, ya que las tecnologías y los métodos son diferentes. Bridgestone es bastante similar a la planta en Cuernavaca, pero en esta no se ha desarrollado algún estudio similar, por lo que no se tiene ningún punto de partida dentro de la organización.

Proyecciones

1. Se pretende reducir el tiempo actual del cambio lo máximo posible, esto para comprimir la diferencia entre el tiempo actual vs el tiempo estándar.

2. Se van a disminuir los tiempos de paro de las prensas en 20 minutos, aumentando la producción diaria de llantas vulcanizadas, a su vez, reduciendo el porcentaje de paros por día.

3. Modificar y establecer un estándar de cambio de bladder con el fin de mejorar el proceso, para realizarlo de una manera más eficiente. Se pretende analizar el método actual para eliminar todas las actividades que no agregan valor. Estas actividades aumentan el tiempo por cambio sin agregar valor.

3. Establecer los mantenimientos productivos totales en el proceso de cambio de bladder, bajo la filosofía de cero errores, estos ligados a un poka yoke, para evitar errores en la aplicación de los TPM.

4. Diseñar la estrategia que facilite la implementación del mantenimiento productivo total, basado en sus 6 pilares fundamentales, esto para reducir los tiempos y las fallas dentro del proceso.

5. Definir la cantidad de personal adecuado para realizar las funciones correspondientes, permitiendo satisfacer las necesidades del departamento adecuadamente, disminuyendo las demoras excesivas.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

De Yedigis y Weinbach (2005) citado por Hernández Sampieri, Collado, & Lucio (2014) El desarrollo de la perspectiva teórica es un proceso y un producto. Un proceso de inmersión en el conocimiento existente y disponible que puede estar vinculado con nuestro planteamiento del problema, y un producto (marco teórico) que a su vez es parte de un producto mayor: el reporte de investigación. Ello implica exponer y analizar las teorías, las conceptualizaciones, las investigaciones previas y los antecedentes *en general* que se consideren válidos para encuadrar el estudio Rojas (2001) citado por (Hernández Sampieri, Collado, & Lucio, 2014, pág. 60).

Una vez entendido el concepto de marco teórico o desarrollo de la perspectiva teórica como lo relatan estos autores, se continúa con el estudio de diferentes conceptos básicos pero necesarios para continuar de una manera clara, concisa y ordenada la realización del estudio técnico.

Investigación

Según Hernández Sampieri, Collado, & Lucio (2014), “La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema” (pág. 4).

Es de suma importancia tener muy claro este concepto, el cual permite al analista tener un mayor conocimiento del cómo realizar una investigación y del fin por el que esta se realiza. Para tener una base más detallada de los pasos a seguir para realizar de manera exitosa dicho proyecto con las herramientas adecuadas, se brinda la información necesaria para definir una estrategia.

DMAIC

Según Acuña (2012) la metodología DMAIC busca establecer la fuente u origen de la variación y promover las mejoras que la reduzcan. El significado de DMAIC es: la D es Definir, la M es Medir, la A es Analizar, la I (en inglés Improve) es Mejorar y la C es Controlar (pág. 792).

Continuando con lo citado por Acuña se va a ampliar cada uno de los pasos con respectivas herramientas para aclarar aún más el tema, es importante destacar que solo se van a

desarrollar los puntos para definir, medir, analizar, mejorar. Esto porque el proyecto por motivos de tiempo no se va centrar en esas fases del ciclo.

La etapa Definir es refinar el entendimiento del problema por solucionar por parte del equipo de trabajo y definir las expectativas del cliente para el proceso. Los elementos de esta etapa incluyen un enunciado específico del problema por solucionar, enunciados descriptivos que enumeren la localización y ocurrencia de los eventos problemáticos (Acuña, 2012, pág. 793).

La etapa de Medir consiste en la caracterización del proceso, identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave (Acuña, 2012, pág. 794).

En la etapa de Análisis, el equipo evalúa los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto, utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir, las variables clave de entrada o “focos vitales” que afectan a las variables de respuesta del proceso (Acuña, 2012, pág. 794).

Según Acuña (2010) “En la etapa de mejora (Improve, en inglés) el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso” (pág. 795).

Las distintas herramientas utilizadas para cada fase según (Gutiérrez Pulido, 2010), se muestran a continuación.

Definir: Pareto, h. de verificación (sic), histograma, c. de control (sic), observar el problema

Medir: Pareto, estratificación, d. de dispersión (Sic), d. de Ishikawa

Analizar: Por qué . . . necesidad, Qué . . . objetivo, Dónde . . . lugar Cuánto . . . tiempo y costo, Cómo . . . plan

Mejorar: Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados, Histograma, Pareto, c. de control (sic), h. de verificación (sic) (págs. 120-121).

Una vez establecida la teoría que permite desarrollar una estrategia que brinde una guía de cómo realizar las acciones para finalizar el proyecto de una manera exitosa, se procede a desarrollar un diagrama de flujo que muestre de una manera macro el proceso, y un mapeo de proceso, que indique de forma micro las actividades de este. Esto con el fin de determinar las partes críticas.

Mapeo de procesos

Es frecuente que los diagramas de flujo de procesos, hechos en la etapa de diseño y documentación, pierdan detalles y actividades que realmente están ocurriendo durante el proceso. La función del mapeo de procesos es hacer un diagrama de flujo del proceso más apegado a la realidad, en el que se especifique las actividades que realmente se hacen en el proceso (actividades principales, inspecciones, esperas, transportes, reprocesos). Además, el diagrama puede ir desde un muy alto nivel hasta un nivel micro. En el primer caso no se entra en detalles y de lo que se trata es de tener una visión macro del proceso; este diagrama resulta útil para delimitar el proceso e iniciar el análisis sobre el mismo (Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 201).

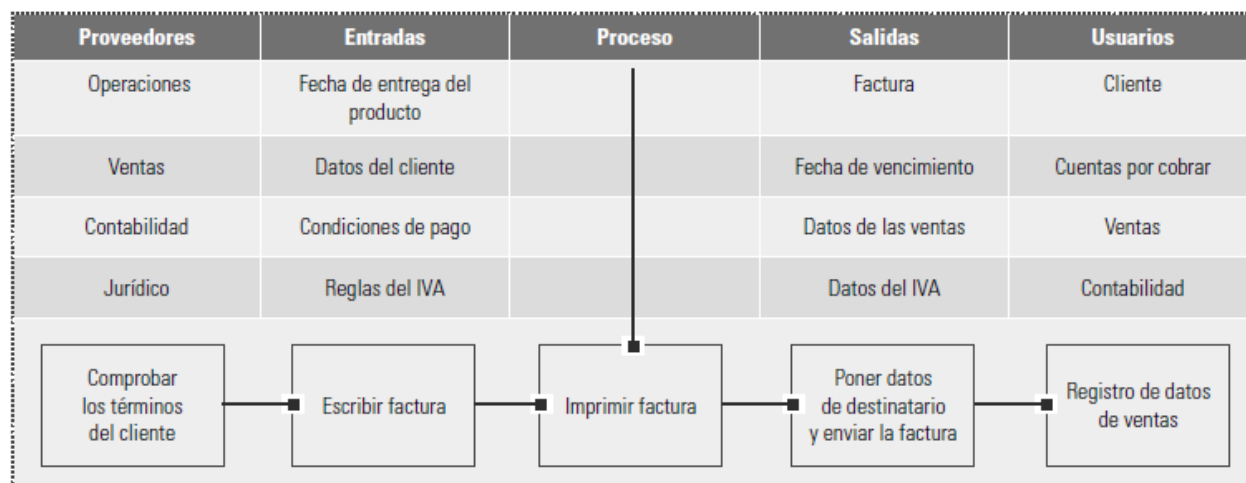
Una vez conocido el proceso detalladamente es tiempo de analizar las causas que lo afectan, ya que como lo indica Acuña *“la definición o identificación del problema es esencial, pues si esta fase no se realiza en forma correcta todo lo que se desarrolle posteriormente no tendrá efecto alguno”*. No obstante, se deben estudiar las acciones que perjudican al proceso de forma detallada y exhaustiva para tener mayor seguridad de que lo que se está tratando de corregir sea lo adecuado.

Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC tiene el objetivo de analizar el proceso y su entorno. Para ello se identifica a sus proveedores (P), las entradas (E), el proceso mismo (P), las salidas (S) y los usuarios (U). El acrónimo en inglés de este diagrama es SIPOC (suppliers, inputs, process, outputs and customers).

Figura 2 muestra un ejemplo de este diagrama para el proceso de expedición de una factura. Los pasos para hacer un diagrama PEPSU son los siguientes:

Figura 2. Diagrama SIPOC



Nota: Gutiérrez Pulido

Diagrama de flujo

Según Gutiérrez (2010) El diagrama de flujo de procesos es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades, incluidos transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de reproceso. A través de este diagrama se ve en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; es de especial utilidad para analizarlo y mejorarlo. Los símbolos más usados para su construcción: con un rectángulo se identifica un paso o tarea del proceso, mientras que con un rombo se identifican los puntos de verificación o de decisión (la respuesta a la pregunta determina el camino que debe tomarse) (págs. 200-201).

Mapa de flujo de valor

El mapa del flujo del valor es el conjunto de todas las acciones específicas que se ejecutan a lo largo del proceso, y puede ir desde la conceptualización del producto, la fase de diseño, tomar la orden o el pedido del cliente, la programación detallada para la entrega, la compra y recepción de materias primas o materiales, hasta que el producto termina en manos del consumidor. A lo largo de estas actividades es posible encontrar una gran cantidad de mudas o desperdicios ello, para aplicar este segundo principio es necesario crear un mapa o esquema del flujo de valor, en el que se identifiquen cada una de las acciones que realmente se llevan a cabo a lo largo del proceso. (Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 99).

Lluvia de ideas

Es un estudio de causas del problema donde intervienen los miembros del equipo y quienes estos inviten y se basa en el análisis de todas las etapas del sistema productivo, en busca de todos aquellos aspectos negativos que pueden provocar la ocurrencia del problema. Por medio de una cadena de preguntas sucesivas hasta que no haya respuesta (Acuña, 2012, pág. 203).

Luego de una lluvia de ideas, se debe encontrar la causa raíz del porqué está sucediendo el problema, para ello es de suma importancia la aplicación de un diagrama de Ishikawa en el cual, se detallan las posibles causas que están afectando el proceso. En este caso las actividades o por qué no se cumple en el tiempo preestablecido.

Diagrama de Ishikawa

Es un medio de recolectar la información sobre todas las características de calidad generada en la fabricación del producto, asociadas con un proceso o a un producto y ordenarlas en categorías. El procedimiento para construir cualquier diagrama de Ishikawa es el siguiente:

1. Elegir el producto que será objeto de estudio. Esto debe hacerse sobre la base de las quejas recibidas de los clientes y los informes de producción que reflejan condiciones desfavorables.
2. Colocar la palabra producto en el extremo derecho de una flecha horizontal.
3. Hacer una lista de todas las características de calidad que se generan. Esta lista se efectúa para cada producto, cada etapa del proceso, para cada factor o en forma general. En esto, se debe tomar en cuenta al operario y a los inspectores experimentados con el fin de no dejar por fuera aquellas características que tengan una periodicidad muy irregular o muy espaciada.
4. Ordenar la información en forma secuencial.
5. Dibujar las flechas diagonales sobre las que se representarían las partes del proceso.
6. Verificar que todas las características hayan sido anotadas. (Acuña, 2012, págs. 207-209)

Una vez recolectada la información adecuada de las posibles causas, se clasifican las causas encontradas, por medio de su nivel de ocurrencia o importancia. Por ello se procede aplicar un diagrama de Pareto el cual, facilita el entendimiento de las causas que más perjudican el proceso.

Diagrama de Pareto

Como lo indica Acuña (2012), el diagrama de Pareto ayuda a clasificar las características de calidad de acuerdo con su frecuencia de ocurrencia y su nivel de criticidad o de importancia. Esa acción permite centrar la atención solamente en aquellas características que sean importantes, que merezcan cuidado y controles especiales (pág. 212).

Continuado con el análisis, se van a explicar los conceptos relacionados directamente con el problema, todas las definiciones anteriores funcionan para mostrar la causa o raíz que lo afecta.

Estratificación

Gutiérrez (2010) comenta que, estratificar es analizar problemas, fallas, quejas o datos, clasificándolos o agrupándolos de acuerdo con los factores que, se cree, pueden influir en la magnitud de estos, a fin de localizar buenas pistas para mejorar un proceso.

La estratificación es una poderosa estrategia de búsqueda que facilita entender cómo influyen los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de tal forma que se puedan localizar las fuentes de la variabilidad (pág. 178).

Se deben aplicar las hojas, para identificar la zona con mayor impacto de los defectos, esta información recolectada es de vital importancia, ya que brinda la parte del proceso que debe ser atacada o monitoreada para mejorar el tiempo de cambio.

Hoja para localización de las zonas con defectos

“Este tipo de hoja se diseña de forma tal que permita identificar o localizar la zona del producto en la que ocurren los defectos” (Gutiérrez Pulido, 2010).

Es importante el análisis estadístico de cada una de las actividades, por ello es vital tener conocimiento sobre el muestreo, el cómo se hace, quién y de qué forma se va a obtener la información para obtener un mejor análisis.

Muestreo de trabajo

El muestreo de trabajo es un método para observar una actividad de trabajo por medio del muestreo aleatorio. Es una técnica estadística para determinar los hechos sin tener que observar todo el tiempo a todos los involucrados. Es muy diferente de hacer observaciones casuales sobre la calidad de un producto, actividades de los trabajadores, la utilización de las máquinas, en las que solo se obtendría una opinión subjetiva de lo que ocurre y varía de persona a persona. En vez de esto se realizan observaciones sistemáticas, bajo las cuales todos tendrían un mismo panorama.(Guido, S.F)

Defina los elementos.

Las actividades deben dividirse en elementos para estudiarlos. Cuando solo se quiere tener un panorama general la división puede hacerse en unos pocos elementos. En otras ocasiones es necesario un desglose detallado de cada actividad o demora. Cuantos más elementos se tengan, más observaciones se requerirán y el análisis será más extenso.

Seleccione la unidad de medida.

Cuando se hacen estudios por medio del muestreo de trabajo para la determinación de estándares, la unidad de medida debe definirse previamente. La mejor unidad de medida es la que se utiliza para medir la productividad y además es usual utilizarla en los informes de rendimiento. El número de unidades de medida es limitado y los elementos asociados a ésta según corresponda.

Tiempo del estudio y frecuencia de las observaciones.

El período que se utilizará para hacer el estudio, el detalle que se use y el número de las observaciones varían según los requerimientos particulares de cada estudio. En vez de observar un grupo pequeño de trabajadores o estaciones de trabajo es preferible incluir muchas. El número de observaciones requeridas aumenta a medida que la variación aumenta y conforme se desea una mayor precisión en los resultados.

Una vez que se cuente con los puntos críticos del proceso, las mudas debidamente identificadas, el análisis de toma de tiempos, se procede a realizar la verificación del mantenimiento productivo total.

Mantenimiento productivo total (TPM)

Según Hernández (2013) es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios.

Objetivo del TPM

El objetivo del TPM (mantenimiento productivo total) es asegurar que el equipo de fabricación se encuentre en perfectas condiciones y que continuamente produzca componentes de acuerdo con los estándares de calidad en un tiempo de ciclo adecuado. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. El lean manufacturing exige que cada máquina esté lista para empezar a trabajar en cualquier momento en respuesta a los requerimientos de los clientes (Rajadell & Sánchez, 2010, págs. 139-140).

Existen tres tipos de mantenimiento, continuando con lo que indican los autores se van a definir.

Mantenimiento planificado

El mantenimiento rutinario y periódico, basado en valoraciones correctas de las condiciones del equipo, debe ser planificado en función de las prioridades y los recursos actuales y futuros. El mantenimiento planificado eficiente y efectivo en cuanto al coste, requiere la estrecha colaboración de todos los Departamentos implicados (Rajadell & Sánchez, 2010, pág. 141).

Mantenimiento preventivo

La finalidad del mantenimiento preventivo es la reducción del número de paradas derivadas de averías imprevistas. En su planteamiento tradicional, el mantenimiento preventivo se basa en paradas programadas para realizar una inspección detallada y para sustituir las piezas desgastadas. Este mantenimiento, el inconveniente de este mantenimiento además de parar la producción, es que el trabajo de inspección puede causar desajustes, desequilibrios, o incluso averías (Rajadell & Sánchez, 2010, pág. 142).

Mantenimiento predictivo

Según Rajadell & Sánchez (2010) El mantenimiento predictivo consiste en la detección y diagnóstico de averías antes de que estas se produzcan, con el fin de programar paradas para reparaciones en los momentos oportunos. En otras palabras, sirve para diagnosticar las condiciones del equipo cuando está en marcha y determinar cuándo requiere mantenimiento (pág. 143).

Las grandes pérdidas

La mejora de la efectividad se obtiene eliminando las” Seis Grandes Pérdidas” que interfieren con la operación, a saber:

1. Fallas del equipo, que producen pérdidas de tiempo inesperadas.
2. Puesta a punto y ajustes de las máquinas que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación u otra etapa de ella. Por ejemplo, al inicio en la mañana, al cambiar de lugar de trabajo, al cambiar una matriz o hacer un ajuste.
3. Marchas en vacío, esperas y detenciones menores durante la operación normal que producen pérdidas de tiempo, ya sea por la operación de detectores, buzones llenos, obstrucciones en las vías, etc.
4. Velocidad de operación reducida, que produce pérdidas de tiempo al no obtenerse la velocidad de diseño del proceso.
5. Defectos en el proceso, que producen pérdidas de tiempo al tener que rehacer partes de él o reparar piezas defectuosas o completar actividades no terminadas.
6. Pérdidas de tiempo propias de la puesta en marcha de un proceso nuevo, marcha blanca, período de prueba, etc. (Facultad, 2001, pág. 264)

Las actividades esenciales para realizar TPM.

Figura 3. Pilares del TPM



Nota: CDI Lean

Hay cinco actividades de un total de doce que se pueden identificar, que son fundamentales para que el programa tenga éxito.

El programa debe ser implementado teniendo muy en cuenta las características de la industria, el método de producción, el estado del equipo y los problemas que son más habituales.

Estas actividades son:

1. Mejorar la efectividad de cada equipo. Seleccionar un equipo o familia de equipos y formar un Grupo de Tarea para hacer el análisis de su funcionamiento y llevar a cabo la eliminación de las Seis Grandes Perdidas logrando con ello el mejoramiento de su efectividad.
2. Implantar la mantención autónoma por los operadores. Promover que se realicen trabajos de mantención por parte de pequeños grupos de terreno.
3. Implantar un buen sistema de administración de la mantención que tenga bajo control todas las funciones como planificación, programación, abastecimiento de repuestos,

herramientas, manuales de taller, etc. Y que establezca trabajos periódicos de mantención preventiva o sintomática.

4. Definir e implementar programas de capacitación para mejorar los conocimientos y destrezas de operadores y personal de mantención.
5. Establecer un sistema para diseñar y producir equipos o componentes que permita llevar a la práctica las mejoras que se propongan en confiabilidad, mantenibilidad y ciclo económico de vida. (Facultad, 2001, pág. 265)

Pasos para la implantación del TPM

El paso previo a la implantación del TPM en una planta es la creación de un ambiente adecuado para ello; en Japón esto supone alcanzar tres objetivos denominados 3Y, según la fonética nipona: *yakuki*, *yaruude*, *yoruba*.

- *Yakuki*: motivación o cambio de actitud de la persona involucrada en el proyecto.
- *Yaruude*: competencia, habilidad o destreza para desarrollar las tareas asignadas.
- *Yoruba*: entorno de trabajo propicio y en ningún caso hostil. (Rajadell & Sánchez, 2010, pág. 149)

Máquinas paralelas

Cuando se usan máquinas múltiples en paralelo, se supone que cualquier trabajo se puede procesar en cualquiera de las máquinas, y que el tiempo para procesar un trabajo es el mismo en cualquiera de ellas, es decir, son máquinas idénticas. Además, los trabajos consisten en una sola operación; una vez que comienza el procesamiento de un trabajo en una de las máquinas, debe terminarse. La decisión de programación comprende dos aspectos: qué máquina procesa el trabajo y en qué orden. Aunque es difícil obtener una solución óptima para los problemas de máquinas idénticas en paralelo, se sabe que para una medida normal la solución óptima se puede ver como una lista programada. Una lista es una secuencia de todos los trabajos. Para crear un

programa, se asigna el siguiente trabajo en la lista a la máquina con la menor cantidad de trabajo asignado, y se continúa hasta que todos los trabajos en la lista se asignan (Sipper & Bulfin, s.f, pág. 439).

Aunque estos conceptos son basados en la programación de una máquina para trabajar en una producción X, se toma el concepto y se adecua a la necesidad del proyecto, ya que se sigue la misma metodología de programación, aunque esta sea más sencilla.

Lo único que se desea programar son las intervenciones de las máquinas en cuanto a hora y actividades por realizar, por lo cual se trabajan los conceptos básicos pero necesarios de la programación.

Programación de cuellos de botella

Se sabe que el cuello de botella es importante; una máquina cuello de botella debe determinar el programa para toda la planta. Se presentará un método para programación de cuellos de botella. Si es posible programar la máquina cuello de botella de manera efectiva, las otras máquinas se pueden ajustar a este programa. Las máquinas posteriores al cuello de botella se programan hacia adelante, por ejemplo, siguiendo las reglas de despacho. Las anteriores al cuello de botella se programan hacia atrás usando las fechas de entrega como en MRP (Sipper & Bulfin, s.f, pág. 600).

Objetivos de la programación del centro de trabajo

Los objetivos de la programación del centro de trabajo son 1) cumplir los plazos, 2) minimizar el tiempo de demora, 3) minimizar tiempos o costos de preparación, 4) minimizar el inventario de los trabajos sin terminar, y 5) maximizar el aprovechamiento de máquinas y trabajadores. No es probable, y muchas veces es indeseable, cumplir simultáneamente todos estos objetivos (Jacobs, Chase, & Aquilano, 2009, pág. 626).

Programación de n trabajos en dos máquinas

El objetivo de este método, llamado regla de Johnson o *método de Johnson* (por el apellido de quien lo concibió) es minimizar el tiempo de tránsito desde el comienzo del primer trabajo hasta el final del último. La regla de Johnson consta de los pasos siguientes:

1. Se anota el tiempo de operación de cada trabajo en ambas máquinas.
 2. Se elige el tiempo más breve.
 3. Si el tiempo breve es para la primera máquina, se hace el primer trabajo; si es para la segunda, se hace el trabajo al último. En caso de empate, se hace el trabajo en la primera máquina.
 4. Repita los pasos 2 y 3 con los restantes trabajos hasta completar la programación.
- (Jacobs, Chase, & Aquilano, 2009, pág. 631).

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

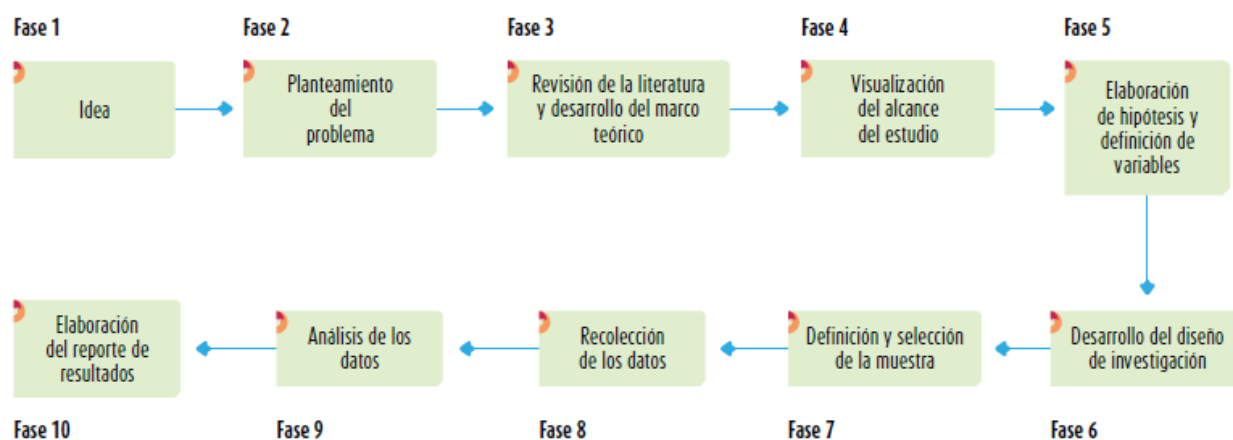
El siguiente capítulo, muestra los pasos por seguir para realizar la investigación de manera correcta y provechosa, indica cómo se debe desarrollar el proyecto mediante una secuencia de pasos establecidos, esto va a asegurar que la información obtenida sea válida y congruente con los otros apartados del proyecto.

Enfoque cuantitativo

Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández Sampieri, Collado, & Lucio, 2014, pág. 4).

Según lo anterior mencionado, se va a trabajar con el enfoque cuantitativo, esto porque se necesita realizar recolecciones de datos para probar las hipótesis o proyecciones planteadas anteriormente, además de esto es importante el análisis numérico para conocer la situación actual del proceso, este método se explica detalladamente en la Figura 4.

Figura 4. Proceso cuantitativo



Nota: Hernández Sampieri, Collado, & Lucio.

Alcance descriptivo

Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera

independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (Hernández Sampieri, Collado, & Lucio, 2014, pág. 92).

Alcance explicativo

Determinan las causas. Generan un sentido de entendimiento. Son sumamente estructurados.

Para el desarrollo del estudio actual se utilizarán los alcances descriptivo y explicativo. El primero, ya que se pretende describir el proceso de análisis, esto para aumentar el entendimiento conocer detalladamente las partes de este. A su vez, se utilizará el alcance explicativo para exponer detalladamente las causas que están afectando al proceso; por otro lado, se medirá únicamente el proceso de cambio de bladder, excluyendo todos los procesos que no suman valor a este. Además, se recogerá información de manera independiente en cada subproceso, para luego de esto obtener un mayor análisis que permita sacar las conclusiones sobre qué está evitando que cada cambio realizado se haga en el tiempo establecido por la casa matriz en Japón.

Muestra de la Investigación.

Según Sampieri (2014) Es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población (pág. 173).

La unidad de muestreo para el desarrollo de este proyecto son cambios de bladder's, ya que estos son los que se van a medir para conocer el tiempo que se está durando actualmente. La población en estudio son los cambios realizados en el turno uno que va de 6:00 am a 6:00 pm.

Por otra parte, se realizarán entrevistas al personal encargado y al supervisor del área, con el fin de identificar las actividades críticas, esto también servirá como un punto de partida para estandarizar el método, mediante la creación de uno más adecuado que permita disminuir las mudas del proceso.

Desde el momento de trabajar en la reducción del tiempo de cambio hasta alcanzar la meta de 45 minutos, se debe trabajar muy de la mano con los involucrados directos del proceso,

estos son los dos cambia bladder's, el armador, ya que estos involucrados son los que van a permitir alcanzar el éxito del objetivo. Para ello, se necesita toda su colaboración y participación.

Con la intención de establecer los mantenimientos, se debe capacitar y motivar a los operadores de la importancia de los TPM, para ello se necesita la colaboración del supervisor de SET UP (Área encargada de cambios de bladder's), este tiene la tarea de dar seguimiento, corregir y motivar al operador para trabajar bajo la metodología de los mantenimientos productivos para evitar los paros de los equipos.

Muestra probabilística.

En las muestras probabilísticas, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de muestreo/análisis (Hernández Sampieri, Collado, & Lucio, 2014, pág. 175).

Aleatorio Sistemático.

Se selecciona un punto de partida y luego se elige cada k-ésimo elemento cálculo del tamaño de muestra.

Para el cálculo de los tiempos es importante resaltar que el estudio es para una actividad ya existente, lo que se desea con la toma de tiempos es conocer la situación actual, esto permitirá sacar un análisis con sus respectivas conclusiones. Luego de esto se van a plantear las mejoras para reducir el tiempo en al menos 15 minutos. Para calcular el tamaño de la muestra es necesario sacar tiempos con anterioridad, estos van a ser la muestra preliminar, entre mayor sea la muestra más acertado será el resultado. Preliminarmente se iniciará con una muestra de 20 cambios, luego de esto se tabularán los resultados para sacar la respectiva muestra que se necesita aplicar finalmente, para ello se utilizará la fórmula mostrada en la Figura 5.

Figura 5. Cálculo de la muestra

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Nota: Manual de tiempos y movimientos de ingeniería.

Donde:

n= Tamaño de la muestra que deseamos calcular

n'= Numero de observaciones preliminares

40= Constante para un nivel de confianza de 94.45%

Una vez realizado el cálculo respectivo se procede a encontrar la desviación estándar de los tiempos para conocer la variabilidad como se indica en la Figura 6.

Figura 6. Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum T^2 - \frac{(\sum T)^2}{M}}{M - 1}}$$

Donde:

S: Desviación estándar

T: Tiempo

M: Muestra

Variables

Condición o característica que tiene variación que puede medirse u observarse para determinar las causas y los efectos.

En la Tabla 1 se muestran las variables por cada uno de los objetivos planteados, así como su respectivo indicador para medir las mejoras y saber si fue posible alcanzar las metas o proyecciones establecidas, así como la instrumentación necesaria para lograrlo.

Tabla 1. Variables

Objetivo	Conceptual	Operacional	Instrumental
Cambios de bladder	Tasa de cambios de bladder por hora	$\frac{\text{Cambios de bladder}}{\text{Horas}}$	Registros, toma de tiempos, entrevistas
Determinar la capacidad del proceso de cambio de bladder	Capacidad	$\frac{\text{Tiempo Total}}{\text{Total de cambios}}$	Registros, hojas de información, CCM
Establecer los mantenimientos productivos totales en el proceso de cambio de bladder, que permitan reducir o eliminar las pérdidas asociadas con paros en el proceso.	Costos de prevención de errores	$\frac{\text{Costos de prevención}}{\text{Costos de mantenimientos correctivos}}$	Informes
Reducir el tiempo de paro de las prensas en 20 minutos para aumentar la productividad del cambio de bladder.	Paros de las máquinas	$\frac{\text{Tiempo de paro}}{\text{Tiempo total de proceso}}$	Hoja de información
Establecer el costo beneficio del proyecto	Costos de evaluación	$\frac{\text{Costos de evaluación}}{\text{Costos totales del proyecto}}$	Hojas de información

Nota: Javier Rojas Herrera

Instrumentos.

Los instrumentos van a mostrar cuáles herramientas permitirán recolectar información adecuada para su posterior análisis.

Tabla 2. Instrumentos

Indicador	Herramienta	Recursos requeridos	Beneficios esperados
$\frac{\text{Cambios de bladder}}{\text{Horas}}$	Registros, informes, toma de tiempos, Check list	Computadoras, analista de la investigación, hojas blancas para documentación	Para mejorar el tiempo en cambio de bladder
$\frac{\text{Tiempo disminuido}}{\text{Tiempo total del proceso}}$	Registros, hojas de información, formularios, entrevista	Analista de la investigación, equipo de cómputo	Conocer el porcentaje de mejora
$\frac{\text{Costos de prevención}}{\text{Costos de mantenimientos correctivos}}$	Informes, registros	Analista de la investigación.	Establecer los costos de mantenimiento.
$\frac{\text{Tiempo de paro}}{\text{Tiempo total de proceso}}$	Hoja de información	Analista de la investigación, equipo de cómputo	Disminuir el tiempo de paro de las prensas
$\frac{\text{Costos de evaluación}}{\text{Costos totales del proyecto}}$	Hojas de información	Analista de la investigación, historial de costos, reportes, equipo cómputo	Conocer viabilidad del proyecto

Nota: Javier Rojas Herrera

Proceso para la Recolección de Datos.

Con la información recolectada en la toma de tiempos mediante la utilización del software Minitab, se procederá a sacar el promedio con su respectiva desviación estándar, esto permitirá conocer el comportamiento del proceso.

Figura 7. Ecuación de cálculo de la muestra

$$n = \frac{40\sqrt{n'\sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum X})^2$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

40= constante de fórmula

$\sum x^2$ = Sumatoria de x^2 cantidad de muestras

$\sum x$ = Sumatoria de muestras

Una vez obtenido los resultados se procede a delimitar las causas que están afectando el proceso mediante un diagrama de Ishikawa, así como su magnitud del problema por medio de diagramas de Pareto. De esta manera se delimitan los principales problemas que presenta el proceso, luego de esto se procede a diseñar las mejoras que faciliten la mitigación de los puntos críticos del problema.

Se utilizará para analizar la información Excel, que permite realizar funciones estadísticas, gráficas. También, el software minitab, encargado de analizar, graficar y crear los diagramas de Pareto, Ishikawa, realizar los cálculos de la muestra, desviación estándar, entre otras funciones. Por último, el programa Visio, este permite crear los diagramas de flujo, diseños del proceso y cualquier otro diseño gráfico que se necesite realizar.

Recolección de información.

Para la recolección de información se llevarán a cabo; entrevistas a los operadores encargados del proceso, al armador que se encarga del ensamblaje y la supervisora, ya que son los involucrados en el problema y las personas que conocen las deficiencias del proceso, facilitando ideas y ayudando a encontrar los puntos críticos.

Se recolectarán tiempos como se habló en el punto de muestra de la investigación, en la que hace referencia a esto; se van a tomar en la mañana que es el inicio de turno, a medio día para evaluar la fatiga del personal y por último en la tarde, ya finalizando el turno.

Por otro lado, se van a realizar Gembas, esto con ayuda del personal de la empresa, para obtener diferentes puntos de vista e ideas que permitan mejorar el proceso.

Fuentes primarias.

Proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que contienen los resultados de estudios, como libros, antologías, artículos, monografías, tesis y disertaciones, documentos oficiales, etcétera. (Hernández Sampieri, Collado, & Lucio, 2014)

Las fuentes primarias se refieren a todas las ayudas obtenidas en revistas, libros, los cuales brindan conocimiento al investigador para desarrollar las habilidades pertinentes que faciliten obtener información y la aplicación de las herramientas adecuadamente.

Fuentes secundarias.

Son listas, compilaciones y resúmenes de referencias o fuentes primarias publicadas en un área de conocimiento en particular, en las cuales se comenta sobre artículos, libros, tesis, disertaciones y otros documentos especializados. (Hernández Sampieri, Collado, & Lucio, 2014)

Entrevistas.

Facilitan la obtención de la información, para el desarrollo del estudio actual se entrevistará a los expertos, al supervisor del área, a los operarios encargados del proceso para obtener información que sería difícil de ver sin tener tanto conocimiento en las operaciones.

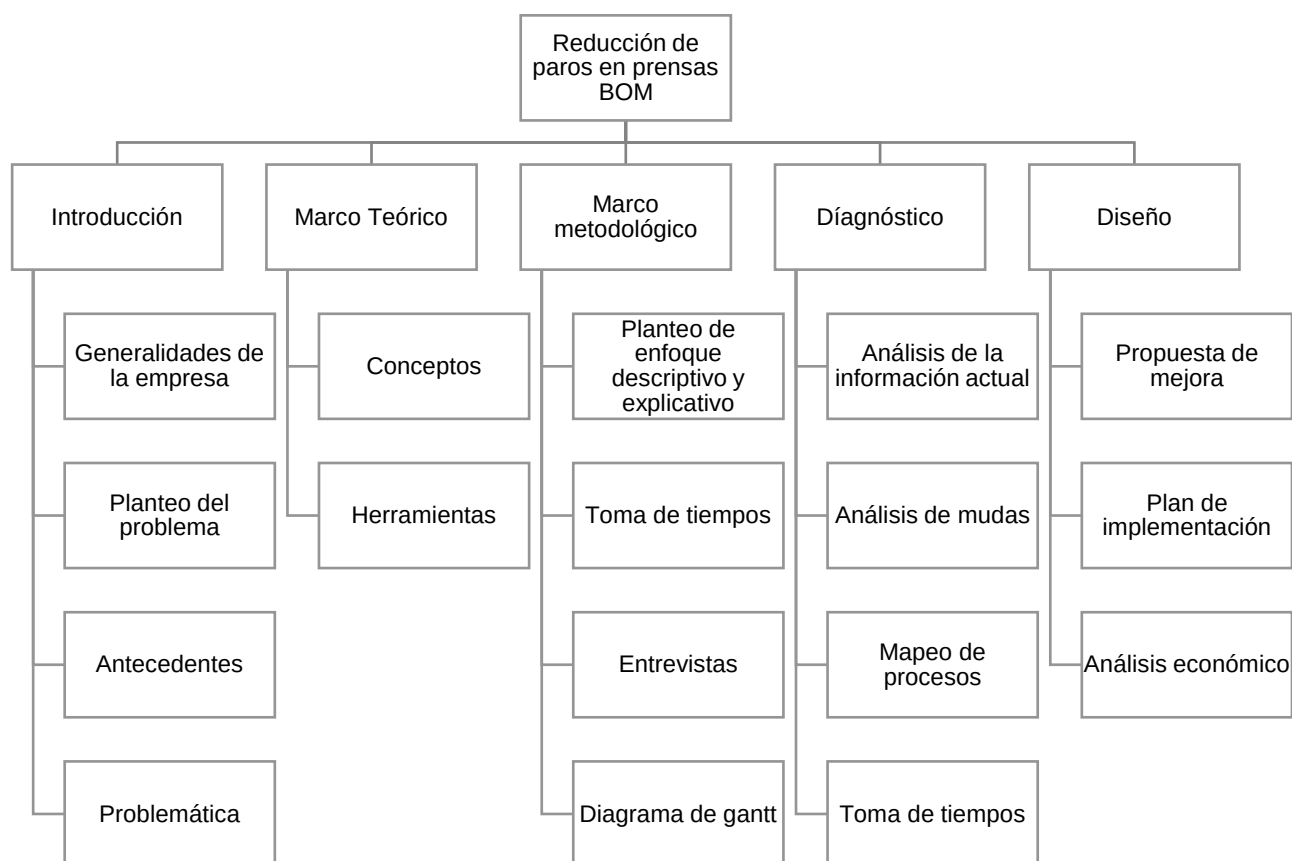
Cronograma.**WBS (EDT).**

- 1- WBS (EDT) Descomposición jerárquica de las tareas de los entregables del proyecto. Los entregables son productos, servicios o resultados que se desarrollan para lograr el proyecto.

En la

Figura 8 se detalla el WBS, esto permitirá tener un resumen detallado de todos los pasos que se deben realizar para desarrollar de manera provechosa la investigación.

Figura 8. WBD

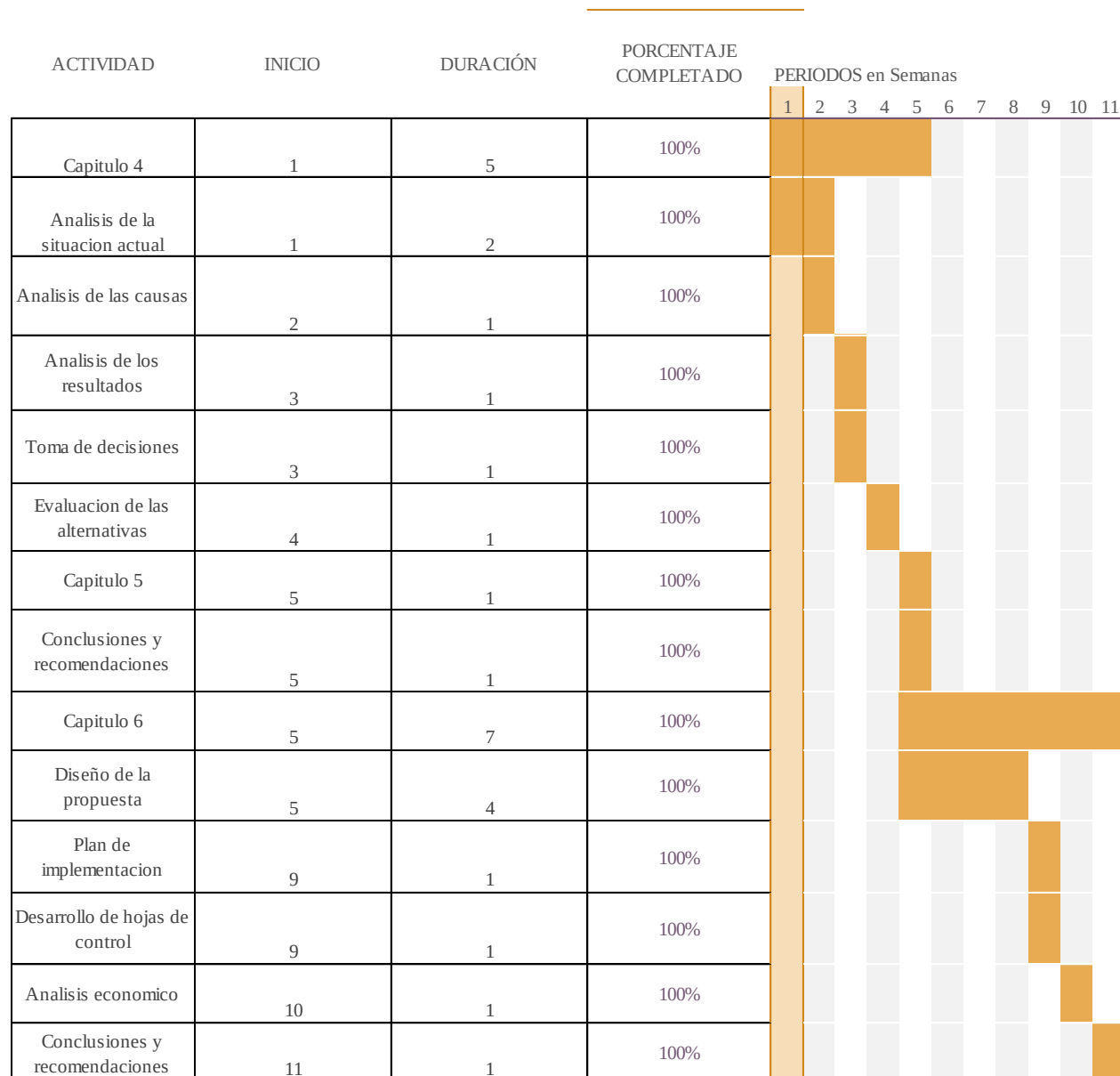


Nota: Javier Rojas Herrera

Diagrama de Gantt.

Representación gráfica de la extensión de las actividades del proyecto sobre dos ejes: en el vertical se disponen las tareas del proyecto y en el horizontal se representa el tiempo. Cada actividad se representa mediante un bloque rectangular cuya longitud indica su duración (Fernando, 2005, pág. 149).

Figura 9. Diagrama de Gantt



Nota: Javier Rojas Herrera

Presupuesto.

Los presupuestos son una parte muy importante del desarrollo de cualquier proyecto, ya que estos indican el costo de realizar la investigación. Aunque aún es muy prematuro indicar un costo final, se puede realizar un estimado.

En la parte de recurso humano solo se necesita estimar el costo del analista, ya que el proyecto incluye a muy pocas personas y no es necesaria la contratación de ninguna otra persona. En materiales se necesita una remesa de hojas blancas para la toma de notas y llevar la documentación de la información adquirida. A continuación, se detallan los costos.

Remesa de hoja: 7 000 colones

Proyecto: 1 000 000 colones

Para un total estimado de 1 007 000 colones, aunque el costo podría variar según se desarrolle la investigación y nazcan nuevas necesidades.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS

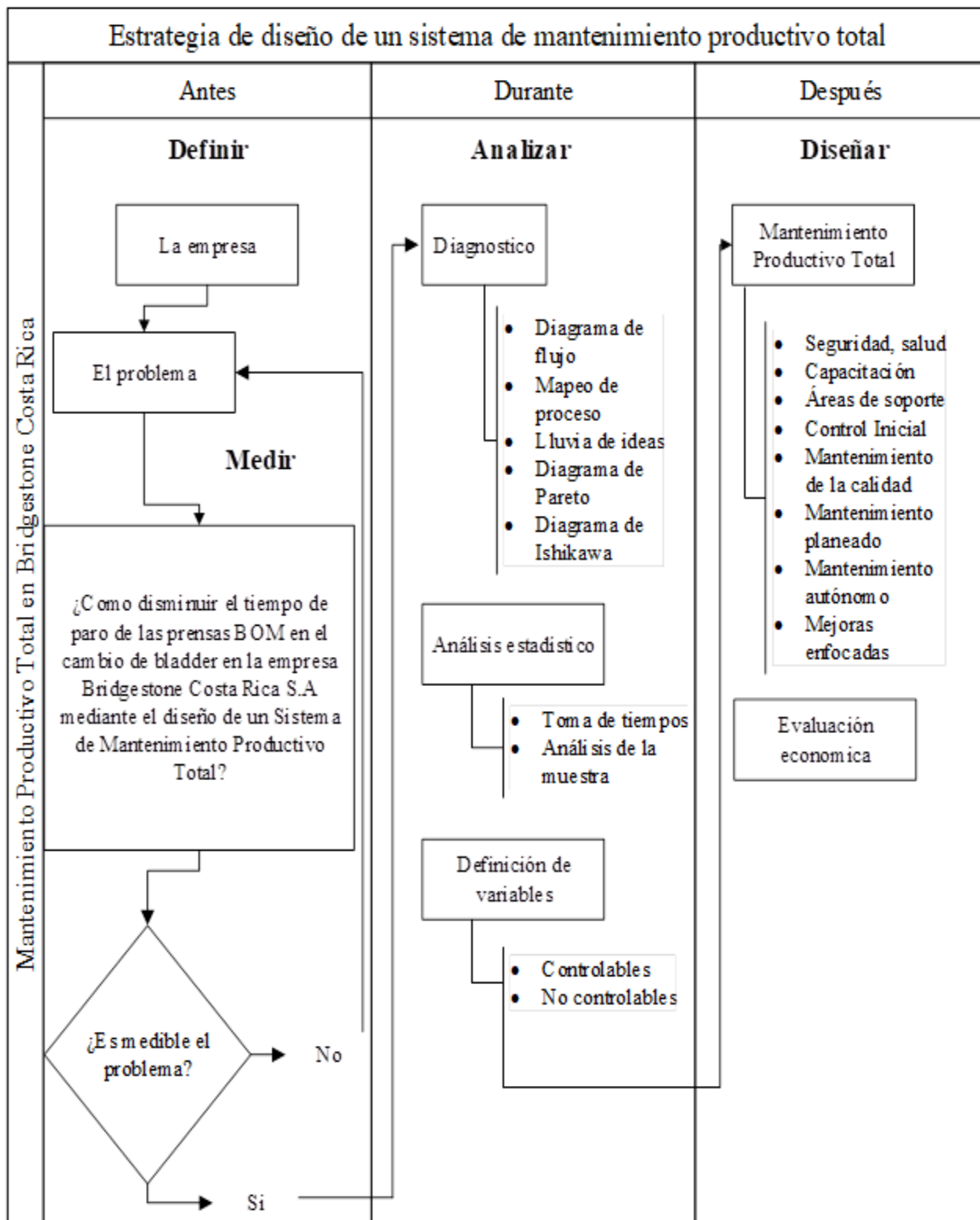
En este capítulo se desarrollará todo el análisis numérico, estadístico e ingenieril de la situación actual de la compañía, con la finalidad de encontrar los puntos críticos, deficiencias del proceso y por supuesto tener un estudio total de este que facilite la mejora del cambio de bladder.

Para ello se diseña una estrategia mostrada en la Figura 10, esta indica el camino más acorde para el cumplimiento de los objetivos. Por otra parte, se establecen las herramientas por utilizar para mejorar la calidad de los datos obtenidos.

La estrategia mostrada en la Figura 10, se encuentra dividida en tres etapas: antes, durante y después, a su vez, dentro de cada etapa se define la fase de la metodología que se debe utilizar. En el antes, se define el problema, luego de eso se responde a la pregunta si ¿es medible y significativo?, con la idea de saber si el rumbo trazado es el correcto. Una vez terminada esta fase, se prosigue al diseño, esta es tal vez una de las etapas más importantes del desarrollo de cualquier proyecto, ya que aquí se investigan todas las posibles causas, así como la magnitud de que afecta al problema.

Por otro lado, se realiza la recolección de los datos por medio de análisis estadísticos, que permitan obtener calidad y aceptación en la información. Por último, se procede a la fase final en la cual se diseñan las mejoras del proceso, mediante un mantenimiento productivo total. La cual incluye un desglose de áreas identificadas en la estrategia mostrada a continuación.

Figura 10. Estrategia de diseño



Nota: Javier Rojas Herrera

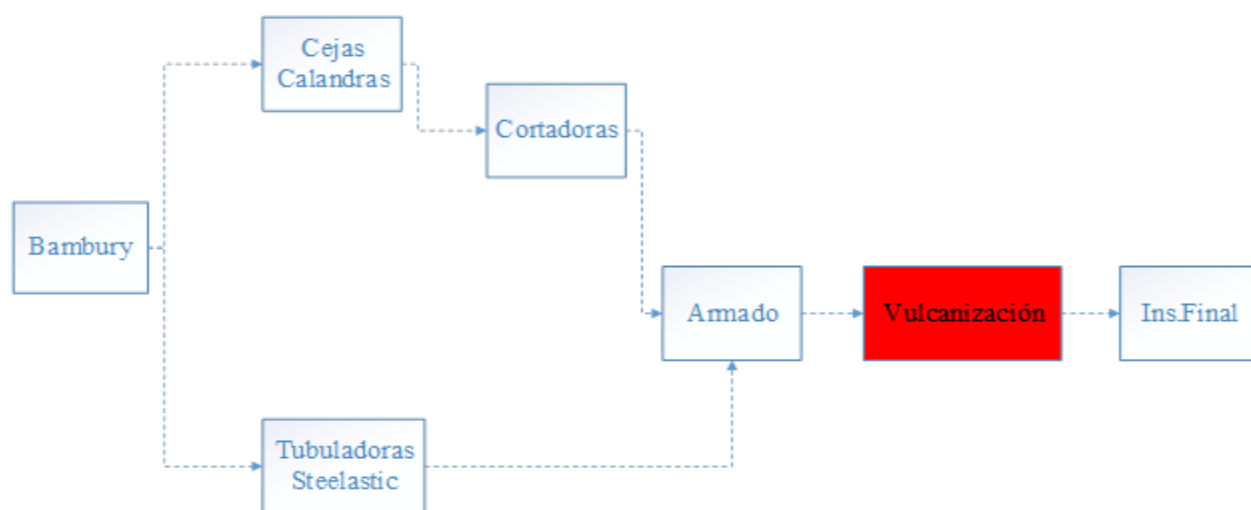
Diagrama de proceso

El diagrama de proceso, muestra los diferentes puntos, así como la secuencia que deben seguir los materiales para dar forma a una llanta. Tener clara esta información es vital, ya que esto refleja el Departamento de la planta que se encuentra afectado por las demoras que generan las intervenciones. En la Figura 11 se explican de manera detallada los pasos completos para la creación de una llanta. En primera instancia se agregan los diversos materiales al Bambury, estos son caucho natural y sintético, químicos, luego de esto se hace el mezclado correspondiente para que nazca el hule, una vez terminado este paso, se envía la materia prima a los diferentes departamentos.

Es en la calandra donde se transforma el hule y se crean las cejas o carcasa de la llanta que van a servir para dar forma. Por otra parte, en las Tubuladoras y steelastic se crean los rodados y las capas estabilizadoras.

Una vez conformados todos los procesos anteriores, se envía cada parte al armado, donde se unen y por medio de una máquina se forma la llanta cruda para posteriormente ser vulcanizada en los hornos que se encuentran en vulcanización. Cuando la llanta se cocina se procede a inspeccionarla para verificar que cumple con todos los estándares de calidad que exige cada uno de los clientes de la empresa.

Figura 11. Diagrama de proceso



Nota: Javier Rojas Herrera

Diagrama de Flujo Vulcanización

En la Figura 12 se indica el diagrama de flujo del proceso de vulcanización. A continuación, se procede a explicar de una manera más detallada los pasos que se deben dar dentro del departamento, para crear una llanta vulcanizada.

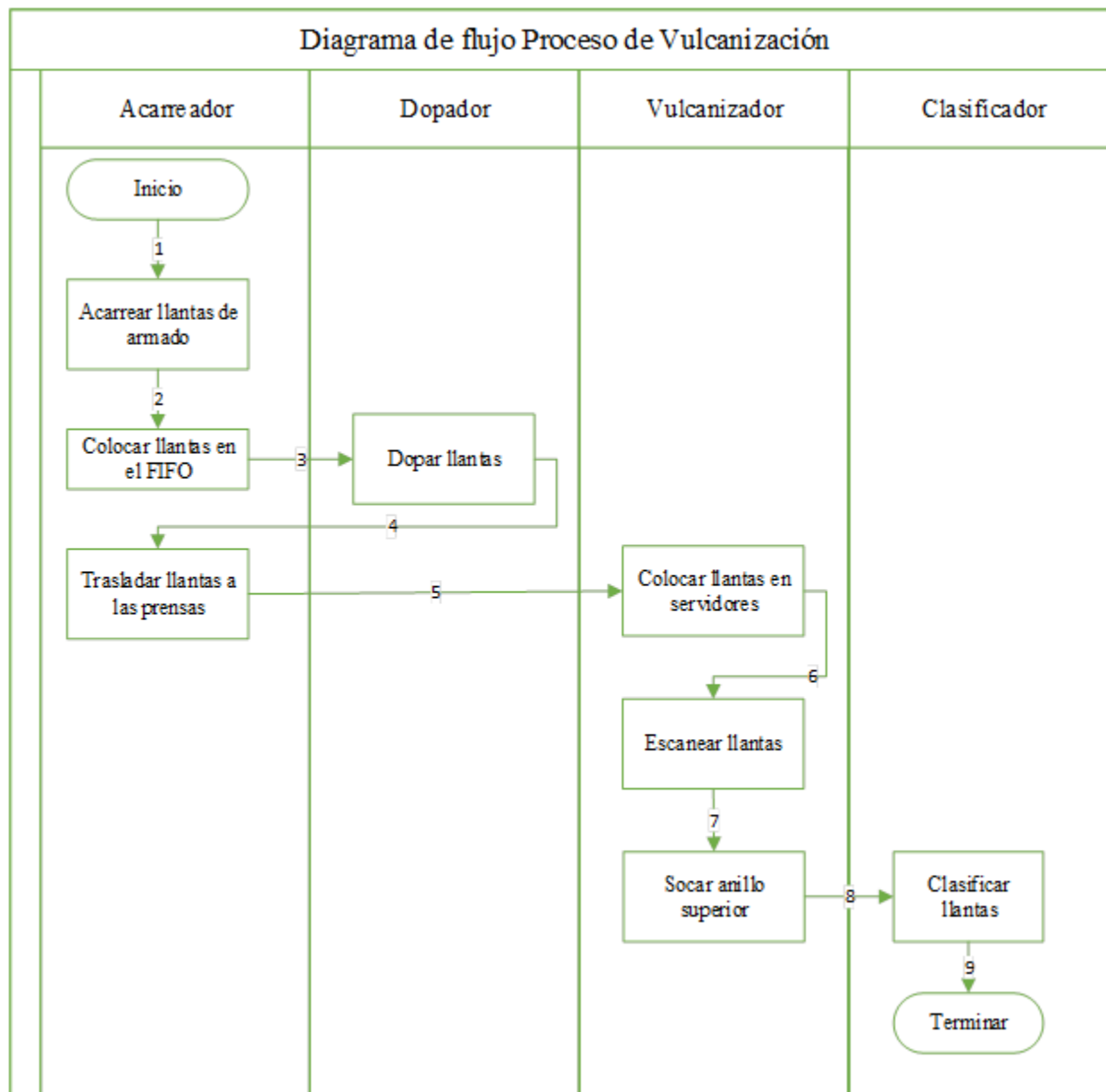
Primero, el acarreador se encarga de traer las llantas del Departamento de armado hasta el FIFO, una vez ahí, el dopador con ayuda de la máquina dopadora, le aplica una capa de lubricante a la llanta, con una frecuencia de dos llantas dopadas por cada 3 llantas o de una llanta por cada 5. Esto dependiendo de las condiciones de Scrap y otros factores definidos por el personal de ingeniería de procesos.

Una vez aplicada la capa de dope RU028, el acarreador se encarga de llevar las llantas hasta las diferentes prensas, dependiendo del tipo de llanta y la necesidad de los vulcanizadores. También, debe acomodar las carretas frente a las prensas, evitando obstaculizar los pasillos que dividen cada línea.

Después de tener abastecida el área donde se vulcaniza, el operador procede a llenar los servidores que se encuentran frente a la máquina, posteriormente de esto se deben escanear las llantas, con el fin de tener un control sobre la cantidad y la hora en la que se cocinan.

Por último, cuando el ciclo termine, la máquina por medio de sus brazos descargadores deposita las ruedas en la banda transportadora. Estas se llevan donde el clasificador, el cual gracias al conocimiento de los diferentes procesos de la planta y las múltiples capacitaciones puede reconocer si una llanta está en perfectas condiciones, se debe adjudicar el Scrap a algún departamento.

Figura 12. Diagrama de Flujo Proceso de Vulcanización



Nota: Javier Rojas Herrera

Diagrama de SIPOC

El diagrama SIPOC mostrado en la Figura 13, indica los procesos generales de la compañía para la creación de una llanta. Se utiliza este diagrama por el detalle de los

proveedores, entradas, proceso, salida y usuarios. De esta manera, es más factible anidar todas las partes del proceso que se encuentran afectadas.

Figura 13. Diagrama de SIPOC

Diagrama SIPOC Bridgestone Costa Rica					
Supplier	Inputs	Process	Outputs	Customers	
Bodega materia prima	- Hule natural - Aceite - Hule Sintético	Bambury	- Hule master - Hule Final - Hule repasado	- Calandra goma - Calandra textil - Ceja	
Bambury	- Hule master - Hule repasado	Ceja Calandras	- Sellante - Tela calandrada - Alambre	Cortadoras	
Bambury	Hule Final	Tubuladora Steelastic	- Rodados - Capa estabilizadora - Paredes	Armado	
Tubuladora Steelastic Cortadoras	- Rodados - Capa estabilizadora - Paredes - Tela cortada	Armado	Llantas verdes	Vulcanización	
Armado	Llantas verdes	Vulcanización	Llanta vulcanizada	Ins.Final	
Vulcanización	Llanta vulcanizada	Ins.Final	- Inspección - Pelado - Etiquetado	Bodega de producto terminado	

Nota: Javier Rojas Herrera

El diagrama de SIPOC de la Figura 13, muestra los diferentes proveedores internos que tiene la compañía para crear las llantas. Este va desde la formación del hule por medio de mezclas preestablecidas en el Departamento del bambury, luego de formado el hule se envía a diversos departamentos. Se llena la tela de hule con calandra para luego formar las capas de las llantas. Luego en steelastic, se forma los alambres y telas que llevan las llantas, una vez hecho esto se envía a la cortadora, donde se corta el hule para luego ser enviado a la armadora, donde los operadores por medio de la unión de los aros y las capas de telas unidas con sellante forman la llanta verde, la cual se transporta a vulcanización para ser cocinada en los hornos y formar el producto final. En el Departamento de inspección final, se verifica que se encuentre en óptimas

condiciones para ser enviada a bodega de producto terminado, donde se almacena para enviarse a su destino final.

Es importante recalcar que el proyecto se centra en vulcanización, en el cual se cocinan las llantas. Dentro de este Departamento se encuentra el personal de Set Up el cual realiza los cambios de bladder. Para entender aún más el flujo que realizan los operadores se continúan diagramando las diferentes actividades que desarrolla diariamente el personal.

Datos relevantes

Para tener clara la magnitud del cambio de bladder se van a mostrar y explicar una serie de gráficos que evidencian los problemas que le causa a la compañía que se exceda en el tiempo establecido.

En la Figura 14 se muestran las demoras reportadas por el sistema (sistema de justificación de demoras más conocido como CCM), dentro del Departamento de vulcanización. La principal demora es falta de llanta, en la cual no se centrará este proyecto, ya que actualmente se está trabajando en reducir este porcentaje lo máximo posible. La segunda demora más importante es el cambio de bladder en la cual en promedio este 2017 se ha perdido por día 2.3% del tiempo, aunque se sabe que esto no se puede eliminar del todo, ya que los cambios siempre se deben realizar, la intención es reducir al máximo esta demora.

En la Figura 15 se detallan aún más las pérdidas porcentuales en cambio de bladder, además esta gráfica muestra el objetivo planteado por la gerencia en cuanto a tiempo perdido en cada cambio. Llegar al valor 1.5% es la meta corporativa, actualmente se está sobrepasando el objetivo en 0.85 en promedio, lo que equivale a unas 30 horas máquina por día. Además, en la Figura 16 se muestra la cantidad de llantas que se están dejando de percibir por los paros de las prensas. Este número indica el promedio de llantas por día que no se vulcaniza.

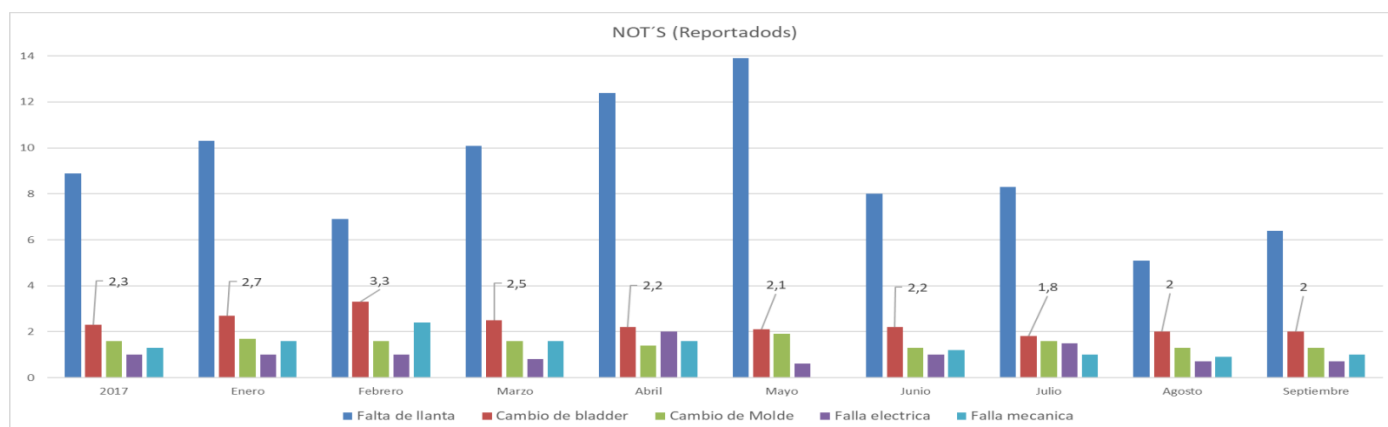
En la Tabla 3 se muestran los NOT'S (Demoras reportados por día) reportados hasta la fecha, la tabla completa se muestra en el Apéndice 1. Esta tabla indica el porcentaje promedio perdido por día en el Departamento de vulcanización.

Tabla 3. Nots reportados

Resumen	NOTS	2017	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17
1	Green Tire Loss	8,97	10,27	6,86	10,07	12,38	13,94
2	Bladder Change	2,34	2,72	3,34	2,49	2,17	2,15
3	Mold Change	1,56	1,69	1,58	1,59	1,41	1,87
4	Mechanical Failure	1,33	1,56	2,38	1,59	1,65	1,05
5	Fal.Elec	0,99	0,96	1,00	0,82	2,00	0,56
Otros	Obj Fat Llanta	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	Obj Fal. Elec	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6,00	Obj Fat Mec	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
1,50	Obj Otros	4,80	5,00	4,80	4,80	4,80	4,80
1,50	Target	16,00	16,20	16,00	16,00	16,00	16,00

Nota: Bridgestone Costa Rica

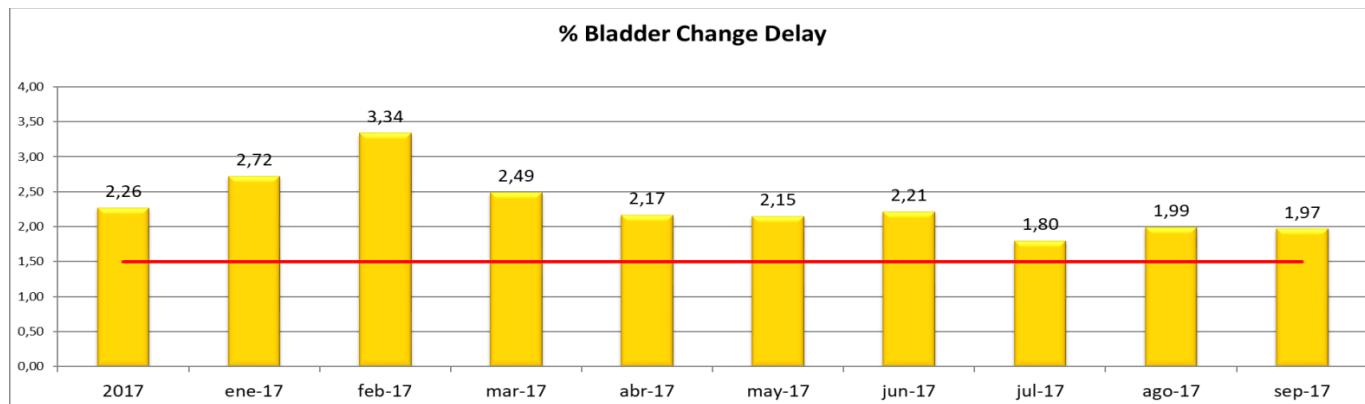
Figura 14. NOT ´S reportado



Nota: Tabla 3. Nots reportados

Por otra parte, la organización está perdiendo una gran cantidad de tiempo en el cambio de bladder, aproximadamente 2.5% del tiempo total disponible por día. Lo cual convertido en horas suma 19.86 horas, este tiempo que se deja de percibir por el exceso de demoras está golpeando la producción fuertemente como se evidencia en la Figura 16.

Figura 15. Porcentaje de tiempo en cambio de bladder



Nota: Tabla 3. Nots reportados

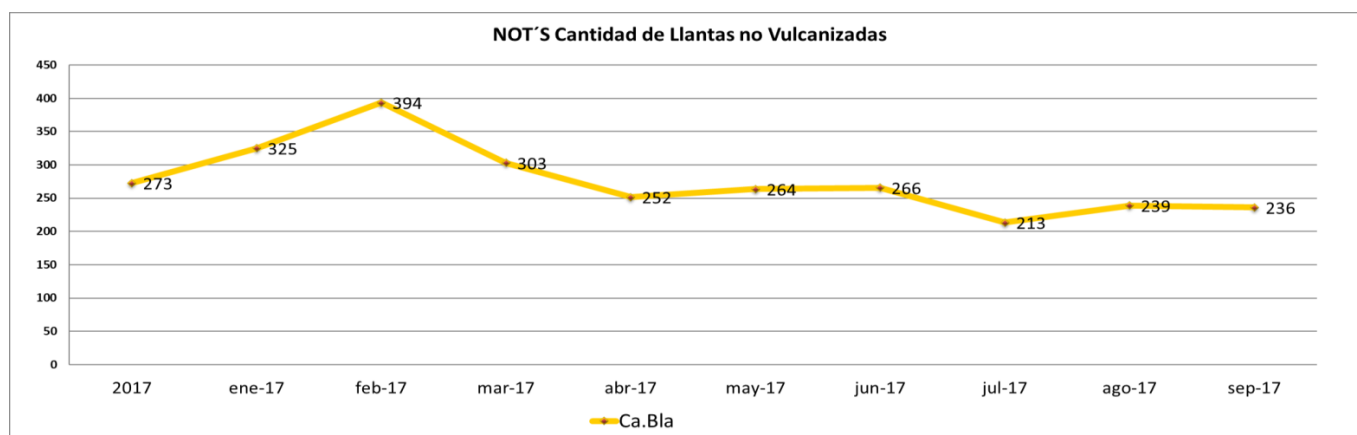
La Tabla 4, muestra las llantas no vulcanizadas en los últimos 9 meses por el tiempo perdido en cambio de bladder, es de suma importancia recalcar que la información mostrada es un promedio de las llantas por día durante el mes correspondiente.

Tabla 4. Llantas no vulcanizadas

Resumen		Promedio	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17
1	Ca.Bla	273	325	394	303	252	264	266	213	239	265

Nota: Bridgestone Costa Rica

Figura 16. NOT'S llantas no vulcanizadas



Nota: Tabla 4. Llantas no vulcanizadas

La Figura 17 muestra el defecto del porqué se realizan los cambios, en su mayoría se hacen por objetivo (Vida útil). La vida útil es un estándar definido por el Departamento de ingeniería de procesos, los cuales, por medio de recolección de datos e información suministrada por el fabricante, establecen una vida útil para cada tipo de bladder. En lo que se lleva a cabo del año hasta el mes de septiembre se han cambiado por vida útil 55.27% del total de los cambios, esto es favorable, ya que son predecibles, si se logran controlar los canjes por objetivo se puede reducir el tiempo de paro de las prensas considerablemente. Además, permite administrar los distintos trabajos que debe realizar el personal de Set Up.

Como se mencionó, los cambios por vida útil y los ajustes de 3% son predecibles, por lo cual facilita la definición de las labores de trabajo. Solo se deben tener en cuenta los canjes de bladder por algún otro defecto, que son impredecibles y que de igual forma se deben realizar.

La Tabla 5, muestra los defectos totales por los cuales se cambia el bladder en el periodo de enero 2017 a junio 2017.

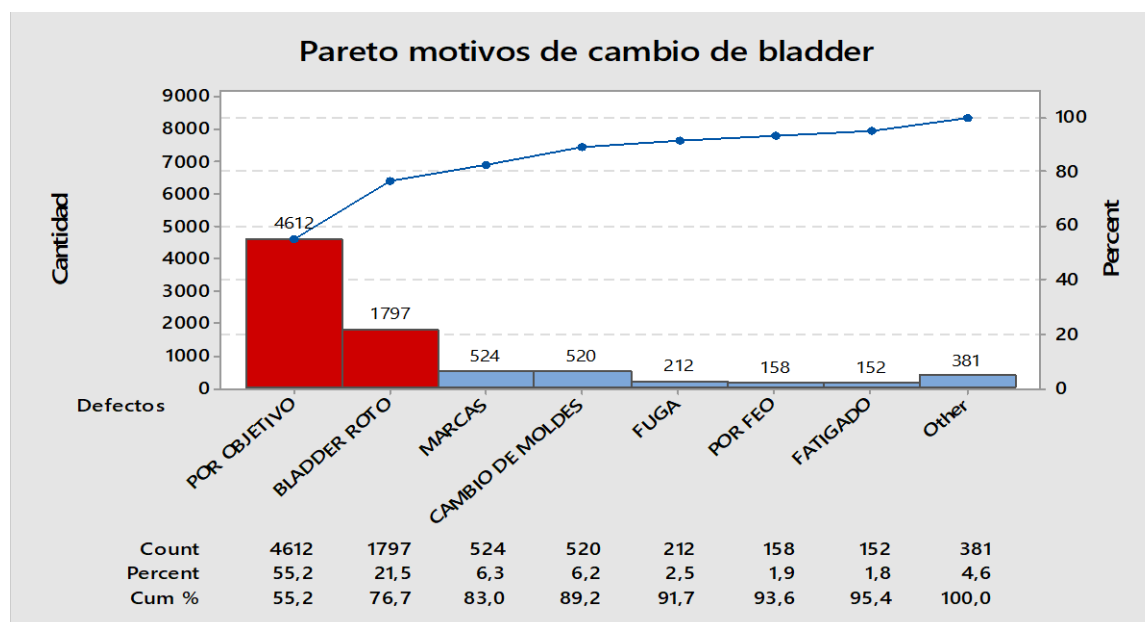
Tabla 5. Defectos Cambio de bladder

Defectos	Scrap
POR OBJETIVO	4612
FALLA MECÁNICA / ELÉCTRICA	44
PELLIZCADO (ESPACIADOR)	3
INFLADO	0
VIEJO	28
SECO O MAL DOPADO	0
FATIGADO	152
DEGOLLADO	4
PICADO	1
GRIETAS	0
MARCAS	524
CAMBIO DE MOLDES	520
REVERSIÓN	17
ROTO POR RAM	2
HUECO	1
DEFECTO FÁBRICA	1
PELLIZCADO (CHUCK PLATE)	3
DEFECTO MONTAJE	0
CORTADO POR CARGADOR	1
REVENTADO	0

Defectos	Scrap
AMPOLLA	27
DEFORMADO / ESTIRADO	9
CEJA COMIDA / CUERDA	6
ROTO POR BAGWELL	0
RASGADO	5
ARRUGA DE BLADDER	114
FUGA	212
BLADDER ROTO	1797
PELLIZCADO	37
POR ORDEN DEL LAB	2
BOLETAS SIN COMPLETAR	0
FALLA DEL OPERARIO	0
MANTENIMIENTO	0
SIN LLANTA	0
PARO DE PLANTA	0
BLADER EQUIVOCADO	4
POR FEO	158
VIEJO	28
MAL CARGADO	2
LIMPIEZA	8
CEJA PINCHADA	2
PANZÓN	2
MAL ARMADO	7
PRUEBAS	7
SAFADO	9
CARGAS ERRÓNEAS	1
FALLA SHAPPING	6
CONTAMINADO	2
Orden de Sup. de Vulca	16
DISPOSICIÓN TÉCNICO	9

Nota: Javier Rojas Herrera

Figura 17. Cambios por defecto



Nota: Tabla 5. Defectos Cambio de bladder

Diagrama de flujo

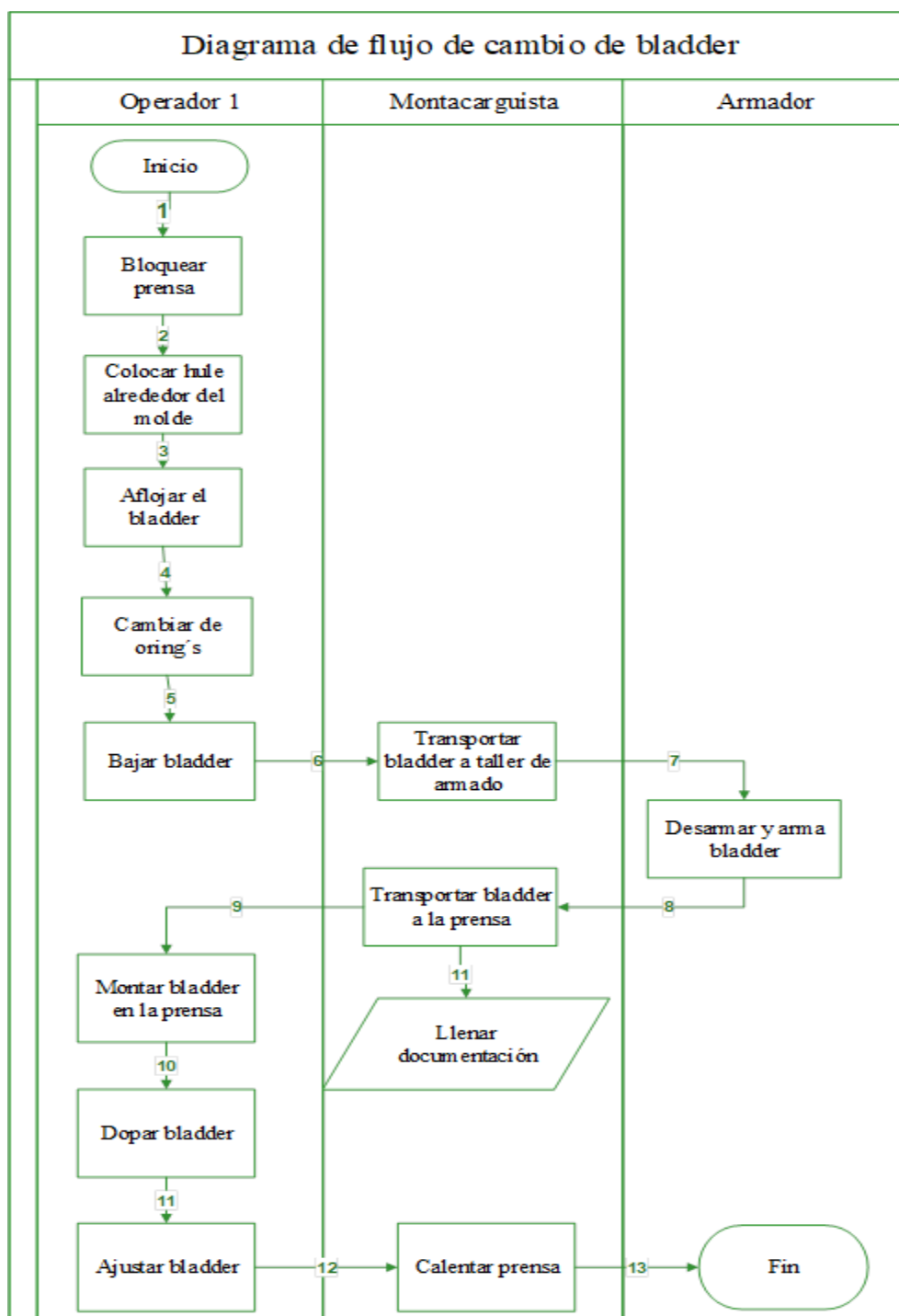
Para un mayor entendimiento del proceso se procede a diseñar los diagramas de flujo correspondientes del proceso, como este se divide en uno general, en el armado de bladder y en el cambio en sí, por ello se realiza detalladamente cada uno de los distintos diagramas con la finalidad de buscar las disconformidades del proceso.

Primeramente, al inicio del turno el personal cambia bladder realiza una revisión, donde primero se llega y el equipo designado para realizar las labores correspondientes, se reúnen para verificar si existen pendientes del turno anterior. De ser así se deben concluir estos pendientes para después verificar los cambios que faltan durante el turno; estos los brinda el sistema de la compañía. Además de estos se unen los cambios que se dan de manera imprevista durante el turno y los ajustes de 3 por ciento que deben realizar, este es un ajuste de la altura de bladder.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del cambio de bladder de manera general, así como las acciones que realiza cada operador designado a brindar mantenimiento a las máquinas. Por otra parte, se detallan los pasos que sigue el operador para armar cada uno de los

bladder correspondientes. Esto porque es una actividad sumamente importante dentro del proceso como tal.

Figura 18. Diagrama de Cambio de bladder



Nota: Javier Rojas Herrera

Para tener aún más claro el flujo mostrado en la Figura 18 se detalla minuciosamente cada uno de los pasos por seguir por el personal de Set Up.

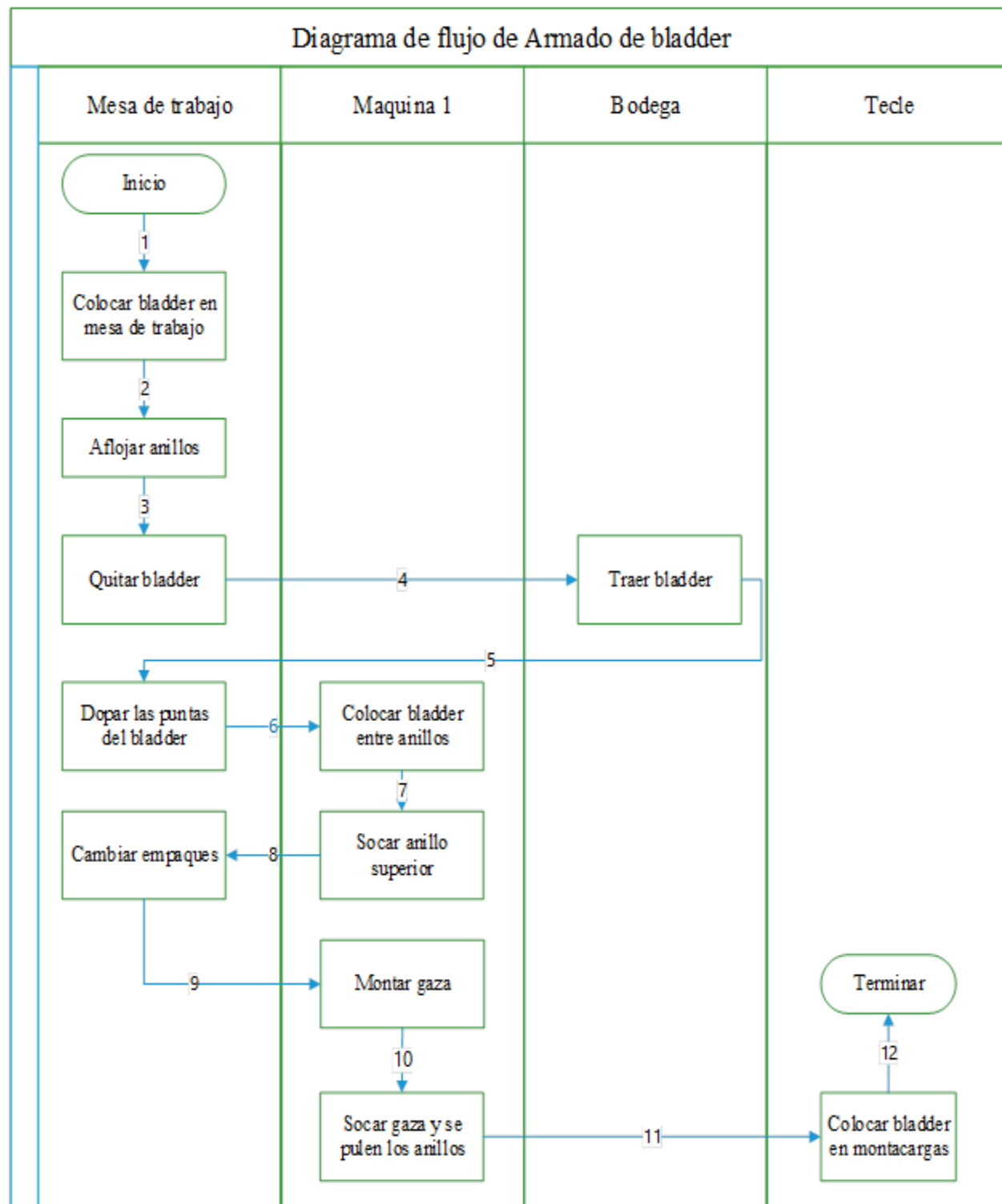
1. Primeramente, se le indica al operador de vulcanización que se va intervenir la prensa, ya sea para un cambio de bladder o un ajuste de 3%.
2. Se colocan los brazos cargadores en modo manual por medio del panel view (Sistema de la máquina). Por motivos de seguridad se debe asegurar que los brazos estén en modo manual.
3. Se bloquea la prensa con la tarjeta de bloqueo con la que cuenta cada operador. Se debe verificar que la prensa se encuentre debidamente bloqueada, a su vez, que la barra de seguridad se encuentre en buen estado.
4. Se coloca la máquina en manual desde el panel principal.
5. Se coloca el hule de protección sobre el molde para evitar cualquier daño si se cae alguna herramienta.
6. Se quita la gaza manualmente, luego de esto un operador infla el bladder mientras que el otro lo afloja.
7. Se baja el bladder y con ayuda del montacargas se procede a llevarlo al taller de armado.
8. El armador procede a armar y desarmar el bladder.
9. El operador transporta el bladder a la prensa correspondiente.
10. Se monta el bladder en la prensa con ayuda del montacargas.
11. Se infla el bladder con el botón de formado, esto para facilitarle al operador poder socarlo.
12. Se coloca la gaza y se soca con las herramientas adecuadas. Luego de esto, se procede a inflar el bladder en reiteradas ocasiones con la finalidad de estirarlo.
13. Se dopa el bladder.

14. Por último, se cierra la prensa, se pone la prensa en calentamiento y se justifica en el panel view la demora correspondiente. Además de esto, se debe notificarle al operador el final de la inversión, ya que es el único autorizado para cargar la prensa de llanta.

Es importante recalcar que este procedimiento debe durar 45 minutos según el estándar corporativo. Por otra parte, a estos trabajos se les suma el 3% que es un ajuste al bladder que se realiza una vez que este llegue a 100 cargas (llantas vulcanizadas). A continuación, se explica en la Figura 19 paso a paso el ajuste 3% el cual en promedio tiene una duración de 5 minutos.

1. Se colocan los brazos cargadores en modo manual, se bloquea la prensa, estos pasos son muy importantes, ya que cuidan la integridad física del personal.
2. Se coloca la máquina en modo manual.
3. Se afloja la gaza, el pin y la tuerca.
4. Luego se cambia el pin por uno nuevo, se afloja la tuerca que sostiene al bladder.
5. Se pone espaciador de 3%, se agrega teflón a la rosca y se soca, se revisa la altura del 3% con una cinta métrica. Por último, se reinicia la alarma de la máquina y se carga la prensa.

Figura 19. Diagrama de Flujo de armado de bladder



Nota: Javier Rojas Herrera

Flujo de valor

El flujo de valor muestra todas las actividades que realizan los operadores de Set Up por cambio de bladder. Es muy importante el análisis por medio de este método, ya que logra evidenciar las mudas del proceso. Aunque es importante recalcar que existen necesarias como la inspección y otras que no agregan ningún valor como es la espera. Gracias a esta herramienta es posible obtener información muy valiosa.

Para efectos de este análisis se utilizarán las siguientes clasificaciones: Agrega valor, es toda aquella actividad que es necesaria en el proceso, ya sea porque mejora la calidad, la rapidez o simplemente es vital para el sistema. Muda tipo 1, son todos aquellos desperdicios que son necesarios, pero no son vitales y por último las mudas tipo 2, las cuales no agregan ningún tipo de valor al proceso y se debe planear estrategias para su eliminación.

Tabla 6. Flujo de valor

Actividad	Descripción	Muda
1	Colocar bladder en mesa de trabajo	1
2	Aflojar anillos	No
3	Quitar bladder	No
4	Traer bladder	1
5	Dopar las puntas	2
6	Transportar bladder hacia armado	1
7	Esperar a que se arme bladder	2
8	Dopar bladder	1
9	Ajustar bladder	1
10	Llenar documentación	1

Nota: Javier Rojas Herrera

La Tabla 6 indica el análisis del flujo de valor, en el cual se evidenció que existen 6 mudas que son necesarias y 2 que se deben eliminar para mejorar el proceso, aunque la mayoría son necesarias ya que, aunque no agregan valor al cliente final si le agregan al proceso en sí. También se encuentran actividades innecesarias como dopar las puntas del bladder, ya que esta es una actividad repetitiva porque el operador en el momento de montar el bladder en la prensa debe

doparlo antes de realizar la primera carga. Por otro lado, está la espera del armado de bladder la cual es necesario eliminar porque solo genera demoras en el proceso.

Cálculo de la muestra

Para la recolección de datos, primeramente, se tomó una muestra preliminar para cada uno de los puntos por evaluar. Cada dato se obtuvo de manera aleatoria durante un mes en el primer turno, luego con la información recolectada, se procedió a ingresarla a la fórmula que se muestra en la Figura 7 para obtener la cantidad de muestras totales que se necesitan para que la investigación sea significativa.

Para el cálculo de la muestra el proceso se dividió en diferentes etapas. Primero, se obtuvieron los tiempos del 3%, el cual es el mantenimiento preventivo que se realiza en las máquinas para extender la vida útil del bladder. Segundo, se hizo la respectiva obtención de los datos sobre el cambio de bladder, este al ser tan extenso se dividió a su vez en el armado y la parte de cambio para brindar un mayor análisis.

Para el análisis de la toma de tiempos mostrado en la Tabla 7 la cual indica los datos obtenidos para el análisis del mantenimiento preventivo, se realizaron 71 muestras preliminares, las cuales se pueden verificar en el Apéndice 2, para realizar el cálculo correspondiente de la N por medio de la fórmula explicada en la Figura 7. Los 71 tiempos obtenidos con la aplicación de la fórmula matemática de la

Figura 20 indican que se deben obtener 25 muestras adicionales para que el análisis estadístico sea real y exacto con un nivel de confianza del 95% y un error del 5%.

Tabla 7. Toma de tiempos de 3%

Estadística	Tiempo (Minutos)
Muestras	71
Suma de tiempos	822
Suma al cuadrado	9668

Nota: Apéndice 2. Tiempos preliminares 3%

Figura 20.Cálculo de la N 3%

$$\left(\frac{40\sqrt{71(9668) - (822)^2}}{822}\right)^2 = 25.44$$

Nota: Javier Rojas Herrera

Una vez obtenidos los 25 tiempos adicionales, los cuales se aprecian en el Apéndice 3. Se procede a obtener por medio del software estadístico minitab el cálculo de la moda, promedio y la desviación estándar para verificar el comportamiento de los datos. Dichos cálculos se pueden verificar en la Tabla 8. Gracias a la gran cantidad de muestras obtenidas es posible tener un resultado con tan poca variabilidad donde el promedio de los datos es de 12 minutos con un más menos 1 minuto.

Tabla 8.Análisis estadístico 3%

Estadística	Tiempo (Minutos)
Promedio	12
Moda	11
Des. Estándar	1

Nota: Javier Rojas Herrera

En la Tabla 9 se encuentra la información necesaria para obtener el cálculo correspondiente que se muestra en la Figura 21, estos datos fueron obtenidos por medio de las muestras que se adjuntadas en el Apéndice 4. Con una muestra preliminar de 37 tiempos se necesitan 102 muestreos para realizar un análisis con datos confiables y certeros.

Tabla 9. Toma de tiempos de Cambio de bladder

Estadística	Tiempo (Minutos)
Muestras	37

Suma de tiempos	2500
Suma al cuadrado	179726

Nota: Apéndice 4 Muestras preliminares de cambio de bladder.

Figura 21. Cálculo de N para cambio de bladder

$$\left(\frac{40\sqrt{37(179726) - (2500)^2}}{2500}\right)^2 = 102$$

Nota: Javier Rojas Herrera

Una vez obtenidas las 102 muestras faltantes, que se encuentran en Apéndice 5, se realiza el cálculo del promedio. Este indica que la mayor proporción de datos se encuentran entre los 68 minutos con una desviación de 16 minutos. La moda o el tiempo que se presenta la mayor cantidad de veces es el número 65.

Tabla 10. Análisis estadístico cambio de bladder

Estadística	Tiempo (Minutos)
Promedio	68
Des. Estándar	16
Moda	65

Nota: Javier Rojas Herrera

Por último, se realiza el estudio correspondiente al armado de bladder, el cual quiere evidenciar estadísticamente el tiempo promedio por cambio. Ya que actualmente el armado se realiza en el momento del cambio y no se tiene pre armado, lo cual ahorraría un tiempo que se desea calcular por medio de los datos de la Tabla 11, estos cálculos fueron obtenidos gracias a la información que se encuentra en Apéndice 6.

Tabla 11. Toma de tiempos de armado de bladder

Estadística	Tiempo (Minutos)
Muestras	50

Suma de tiempos	648
Suma al cuadrado	8488

Nota: Apéndice 6. Muestras preliminares armado de bladder

Figura 22. Cálculo de la N en el armado de bladder

$$\left(\frac{40\sqrt{50(8488) - (648)^2}}{648}\right)^2 = 17$$

Nota: Javier Rojas Herrera

Según la Figura 22. Cálculo de la N en el armado de bladder se deben obtener 17 muestras adicionales para obtener datos confiables. Una vez recolectada esta información en la Tabla 12 se evidencia que en promedio el cambio de bladder dura alrededor de 13 minutos, lo cual se convierte en 26 minutos, ya que por prensa se deben instalar dos. Este tiempo es completamente evitable si el operador pre- armara los bladder.

Tabla 12. Análisis estadístico de armado de bladder

Estadística	Tiempo (Minutos)
Promedio	13
Des. Estándar	1
Moda	13

Nota: Javier Rojas Herrera

Comparación de la muestra con el estándar.

Como se sabe la empresa cuenta con un estándar corporativo preestablecido por su casa matriz en Japón, este estándar es de 45 minutos por cambio realizado. Es necesario comparar este dato con el tiempo promedio que se está tardando actualmente para conocer la desviación promedio del tiempo actual con respecto al establecido por la compañía.

El promedio por cambio es de 68 minutos, lo que deja una desviación estándar de 23 minutos, esta diferencia tan grande se debe a que actualmente no se cuenta el pre-armado de los bladder, este procedimiento dura 26 minutos en promedio. Esto evidencia que es el factor

principal de que actualmente el proceso no se encuentre dentro del tiempo estándar de la empresa.

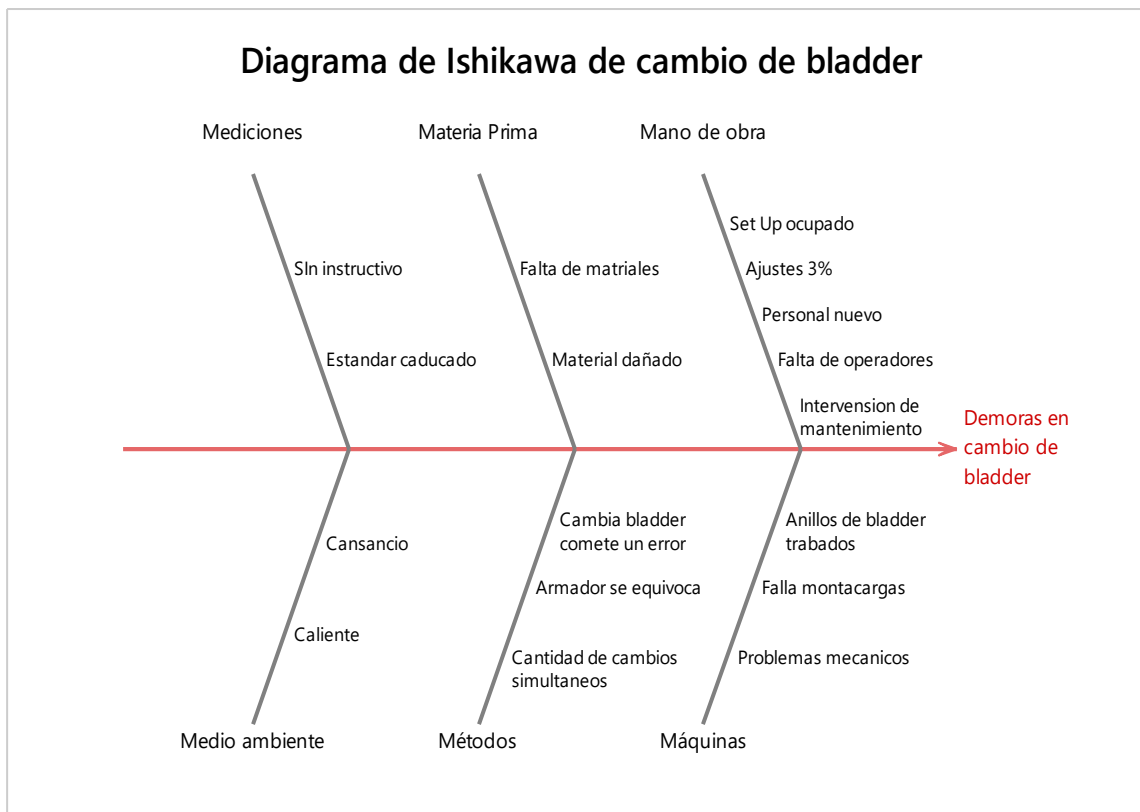
Diagrama de Ishikawa

En la Figura 23, se muestra el diagrama de Ishikawa, en él se analizaron los diferentes motivos que ocasionan pérdidas o demoras en el cambio de bladder. Para la recolección de las distintas causas, se entrevistó a los operadores de Set Up, así como al coordinador y a la supervisora de producción y la realización de Gembas.

Las diferencias son múltiples desde operadores ocupados, problemas en el montacargas por no realizar los mantenimientos adecuados, así como problemas incontrolables como el bladder roto que a su vez origina otros problemas, ya que aumentan las prensas detenidas. También, el personal nuevo influye en que las labores se vuelvan más extensas, esto porque no conocen el método a la perfección, aunque hayan sido capacitados.

Otro problema notorio sucede cuando la prensa entra en falla mecánica, porque se debe esperar la intervención del personal de mantenimiento para posteriormente intervenirla para el cambio de bladder. Un punto importante es cuando el personal de mantenimiento y el de Set Up no coordinan la intervención de la prensa y se debe tener largo tiempo detenida, puesto que las dos partes no pueden trabajar en la prensa al mismo tiempo por temas de seguridad.

Figura 23. Diagrama de Ishikawa



Nota: Javier Rojas Herrera

Clasificación de variables

Es importante tener claridad sobre los defectos que afectan al proceso, pero es aún más importante conocer si los problemas que se presentan son asignables a una variable o simplemente son incontrolables y es inevitable que afecten el proceso. Por eso en la

Tabla 13 se muestran los efectos, así como la categoría de este.

Tabla 13. Clasificación de variables

Variable	Controlable	No controlable
Personal nuevo		X
Cantidad de máquinas detenidas		X
Falla de montacargas	X	
Bladder roto		X
Problemas Mecánicos	X	
Set up ocupado	X	
Fallas en el armado	X	
Intervención de mantenimiento	X	

Nota: Javier Rojas Herrera

Aunque existen| tres variables incontrolables, como el personal nuevo, ya que en toda compañía existe la rotación de personal y esto es fundamental para acaparar nuevos talentos. Otra sería el bladder roto, porque se generan una gran cantidad de intervenciones. La cantidad de máquinas detenidas es otro punto que no se puede conocer, pues se podría parar por alguna falla.

Las fallas de montacargas no deberían suceder, se le debe aplicar su respectivo mantenimiento para evitar fallos mecánicos. Las intervenciones de mantenimiento deberían estar coordinadas con el equipo de set up y viceversa, para que no ocurra este tipo de ocasiones totalmente evitables. Los problemas mecánicos es posible reducirlos mediante la aplicación de mantenimientos oportunos y de calidad.

Los Set Up ocupados se deben al mal planeamiento de las cargas de trabajo, por lo cual se recomienda realizar dicho estudio para mejorar el manejo actual del personal. Por otra parte, las fallas en el armado del bladder, son situaciones que se presentan aunque no son muy, pero es importante tomarlos en cuenta.

Capacidad

Se entiende este concepto como la capacidad se cubrir con determinadas tareas en un tiempo determinado. Se procede a realizar este cálculo tan básico, pero sumamente importante, ya que permite verificar si los operadores actuales son capaces de cubrir las diferentes funciones que se les asignan por día. En la Tabla 15 se muestran las diferentes actividades que realiza la pareja de Set Up encargada del cambio de bladder, estos deben realizar en promedio por turno 23 ajustes de 3% en el cual según los datos obtenidos en la Tabla 8 se duran 12 minutos, lo que en total se convertiría en 276 minutos, aunque ese tiempo se debe dividir entre los tres operadores que están asignados a estas tareas, serían 92 minutos por operador. Este valor se obtiene de la multiplicación de los 22 ajustes con el tiempo promedio por día.

En la Tabla 15, se indica a su vez, descontando el tiempo de almuerzo, desayuno y de café, así como en el ajuste del 3%, se cuenta con un tiempo total de 568 minutos durante el turno lo que deja un faltante de tiempo para cubrir los 24 cambios en promedio, ya que cada cambio de bladder según los datos obtenidos estadísticamente indica que se duran aproximadamente 68 minutos.

Según Tabla 14 el promedio por día de cambios de bladder es de 37 cambios lo que equivale a 18.5 en el transcurso del turno evaluado. Para calcular el promedio se recurrió a la utilización del software minitab.

Tabla 14. Promedio cambios de bladder

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
30	36	39	36	37	36	34	32	37
30	33	42	30	37	45	36	32	39
30	33	37	40	34	33	39	30	34
31	47	31	43	32	39	30	32	38
32	38	33	44	37	42	39	43	48
33	48	39	36	37	36	39	43	45
33	38	37	41	36	30	31	36	40
34	40	53	32	47	30	32	33	39
35	34	30	33	35	33	36	36	37
36	45	39	37	30	45	35	43	35
37	40	33	38	32	44	45	41	41
37	32	33	32	41	40	33	39	41
37	42	34	38	36	32	51	33	30
37	44	39	38	30	42	36	37	32

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
38	38	30	41	39	41	43	31	32
39	44	34	52	34	36	31	44	32
40	46	39	37	42	37	35	40	36
40	37	35	38	33	37	38	31	43
40	31	31	30	41	38	34	32	33
43	39	37	30	38	38	37	37	37
44	42	31	35	42	45		31	32
45	30	36	45	35	36		36	33
46	34	39	35					

Nota: Javier Rojas Herrera

Para el cambio de bladder, se cuenta con tres operadores, el primero realiza solamente las actividades de desarmado y armado de todos los bladder correspondientes por día, el segundo se encarga de manejar el montacargas, de transportar el bladder de la prensa al taller de armado y viceversa y por último el tercer operario se encarga de realizar la intervención a la prensa, bajar y montar el bladder para poner en funcionamiento la prensa nuevamente.

Tabla 15. Tiempo total para el cambio de bladder

Minutos totales por turno	720
Demoras	60
Ajustes 3%	92
Tiempo disponible para el cambio	568

Nota: Javier Rojas Herrera

Figura 24. Cálculo de operadores necesarios

$$\frac{634}{568} = 1.11 \text{ operadores}$$

En la Figura 24 se muestra el cálculo de operadores los 634 minutos que se necesita salieron del tiempo total en cambios que son 1 258 minutos menos los 624 que se dura en el

armado. Luego se dividió entre el tiempo disponible en promedio. Esto da un resultado de 1.11 operadores, lo que se convierte a 2 operadores y actualmente la compañía solo cuenta con uno para los cambios, lo que justifica el aumento de máquinas detenidas y pendientes para el siguiente turno ya que con el sistema actual no es posible dar abasto con todos los cambios cuando estos se dan.

TPM

De acuerdo con las entrevistas realizadas a los encargados de mejora continua que llevan toda la parte de documentación de estándares y normas de la compañía y a la revisión de los manuales de procedimientos de la empresa, se determinó que actualmente la compañía no cuenta con un Mantenimiento Productivo Total de manera estructurada y documentada. Bridgestone en el Departamento de vulcanización cuenta con los siguientes mantenimientos:

Mantenimiento planificado.

Actualmente, la organización cuenta con un sistema que brinda los cambios por día, dicho archivo el operador debe revisarlo por turno. Este mantenimiento solo es posible observarlo durante este, la deficiencia consiste en que no se puede observar las labores de días posteriores.

Este archivo funciona de manera automatizada, ya que sustrae la información de las cargas realizadas por los bladder y las compara con el objetivo que debe llegar, este definido por ingeniería de procesos. Realizado esto el software envía una pantalla con los cambios que se deben realizar en el turno. En la

Figura 25 se visualiza un extracto de lo que observa el operador, de esta manera él se guía para realizar los cambios durante el día.

Aunque el sistema brinda los cambios de manera planificada, no toma en cuenta los ajustes de 3% ni los bladder rotos, por lo tanto el sistema es deficiente, ya que no le permite al operador conocer la situación real.

Figura 25. Reporte de cargas para bladder

Reporte de cargas para bladders (Vida útil)**Planta Costa Rica**

<u>Prensa</u>	<u>GTC</u>	<u>Tipo Bladder</u>	<u>Tamaño de llanta</u>	<u>Conteo para retiro</u>	<u>Cargas usadas</u>	<u>Cargas de vida útil</u>	<u>Tiempo restante</u>	<u>Horas 3%</u>
E07B	LV8970	BM40460	LT26570R17TRAN	-8	308	300	0.00	0.00
G02A	LV9589	B205R14	21570R16WINT2	2	248	250	0.40	0.00
B09A	LV9303	BM01819	18565R15ASPSR	6	244	250	1.20	0.00
B09B	LV9303	BM01819	18565R15ASPSR	6	244	250	1.20	0.00
F08A	LV5892	B225R16	26570R16DEST	10	240	250	3.17	0.00
D05A	LV8273	BM01819	20555R16RE760	14	286	300	3.27	0.00
B11A	LV9648	B205R14	21570R16ASPSR	18	232	250	3.90	0.00
B11B	LV9648	B205R14	21570R16ASPSR	18	232	250	3.90	0.00
C05B	LV9277	B205R14	21570R15ASPSR	20	300	320	4.33	0.00
J01B	LV4848	P494	T13580R16	27	463	490	4.50	0.00
J02B	LV4848	P494	T13580R16	27	463	490	4.50	0.00
C05A	LV9277	B205R14	21570R15ASPSR	21	299	320	4.55	0.00
J03A	LV4848	P494	T13580R16	34	456	490	5.67	0.00
J03B	LV4848	P494	T13580R16	34	456	490	5.67	0.00
F12B	LV7191	P491	T16580R17TRR	28	462	490	6.53	0.00
B07A	LV8590	P520	P17570R13F600	37	213	250	6.78	0.00
G01A	LV7788	BM03247	23570R16DEST	25	195	220	7.50	0.00
G01B	LV7788	BM03247	23570R16DEST	25	195	220	7.50	0.00
D06A	LV9296	P494	17565R15ASPSR	38	242	280	7.60	0.00
D06B	LV9296	P494	17565R15ASPSR	38	242	280	7.60	0.00
A10A	LV8590	P520	P17570R13F600	42	208	250	7.70	0.00
A10B	LV8590	P520	P17570R13F600	42	208	250	7.70	0.00
B05A	LV8923	BM01819	18565R15WIN2	33	237	270	8.25	0.00
B05B	LV8923	BM01819	18565R15WIN2	33	237	270	8.25	0.00

Nota: Bridgestone Costa Rica

Mantenimiento preventivo.

Se cuenta con este mantenimiento, el cual se realiza una vez que el bladder alcance las 100 llantas vulcanizadas. Esta tarea se la dividen entre el cambia bladder, el operador del montacargas y el coordinador del turno. Para saber a cuál máquina le corresponde el ajuste se debe verificar el sistema, en la

Figura 26 observa un fragmento de lo que indica el sistema.

Figura 26. Reporte de aplicación de 3%

Reporte de cargas para bladders (Vida útil)**Planta Costa Rica**

<u>Prensa</u>	<u>GTC</u>	<u>Tipo Bladder</u>	<u>Tamaño de llanta</u>	<u>Conteo para retiro</u>	<u>Cargas usadas</u>	<u>Cargas de vida útil</u>	<u>Tiempo restante</u>	<u>Horas 3%</u>
D03A	LV9622	BM01819	P20555R16WIN2	117	113	230	25.35	0.52
D03B	LV9622	BM01819	P20555R16WIN2	117	113	230	25.35	0.52
C12A	LV9726	B225R16	22565R17ASPSR	207	113	320	65.55	0.67
C12B	LV9726	B225R16	22565R17ASPSR	207	113	320	65.55	0.67
G02B	LV9589	B205R14	21570R16WINT2	143	107	250	28.60	1.96
C11B	LV9636	16GP388XA	23555R17WINT2	212	108	320	63.60	2.29
H09B	LV7191	P491	T16580R17TRR	244	106	350	61.00	2.46
F13B	LV4848	P494	T13580R16	390	100	490	65.00	2.85
A09A	LV8848	BM01819	205R14CV5000	136	104	240	45.33	4.20
A09B	LV8848	BM01819	205R14CV5000	136	104	240	45.33	4.20
F05A	LV8970	P529	LT26570R17TRAN	115	105	220	44.08	4.23
F05B	LV8970	P529	LT26570R17TRAN	115	105	220	44.08	4.23
C08A	LV9622	B205R14	P20555R16WIN2	222	98	320	51.80	4.28
E13B	LV7191	P491	T16580R17TRR	254	96	350	59.27	5.00
D07A	LV5627	P521	18565R14FH900	157	93	250	34.02	5.46
G07B	LV9145	B205R14	20560R16WINT2	158	92	250	31.60	5.52
E02B	LV8464	P529	26565R17ATREVO	153	97	250	51.00	6.39
H07B	LV8800	P493	P18565R14F600	214	86	300	46.37	6.86
E03B	LV5900	BM03706	31X10.5R15DEST	154	96	250	53.90	7.03
F04A	LV5900	BM03706	31X10.5R15DEST	155	95	250	54.25	7.73
H01A	LV8184	P494	18565R15RE760	214	86	300	53.50	8.46
H01B	LV8184	P494	18565R15RE760	214	86	300	53.50	8.46
G09A	LV5782	P492	L19575R14NECST	190	90	280	60.17	8.54
B06B	LV1586	P319	110020T423	54	106	160	45.90	8.85
G09B	LV5782	P492	L19575R14NECST	191	89	280	60.48	8.88

Nota: Bridgestone Costa Rica

Mantenimiento predictivo.

En cuanto a cambio de bladder, la empresa no cuenta con ningún mantenimiento predictivo, ya que en la actualidad solo se realizan las intervenciones para prevenir y para los cambios correctivos cuando la falla es irreparable.

Mantenimiento correctivo.

Se realiza cuando el bladder llega a su vida útil, o es dañado por alguno de los defectos mostrados en la Figura 17. Los cambios por algún tipo de fallos son incontrolables, ya que no se puede predecir de manera estadística en qué momento va a ocurrir. Esto es la principal causa de que existan dos equipos detenidos al mismo instante, sumado con la falta de operadores aumentan los tiempos de paro en hasta 3 horas en el peor de los casos.

Pilares del TPM.

Para la implementación del TPM es necesario contar con estos pilares debidamente desarrollados dentro de la compañía, por lo cual se procede a analizar los puntos que no cumple la organización para crear su debida estrategia.

5s Organización, orden y limpieza del puesto de trabajo.

La compañía cuenta con estándares para monitorear constantemente las 5S, se cuenta con una pizarra de calificación la cual se actualiza semanalmente, esta motiva al personal a continuar en un ambiente de mejora, lo que le permite mejorar sus calificaciones individuales.

Por otra parte, se realizan monitoreos en las presas para evaluar la correcta aplicación de las 5S, además regularmente los gerentes de diferentes áreas realizan monitoreos sobre otros departamentos ajenos a ellos, en busca de oportunidad de mejora. El Departamento de vulcanización lleva una nota de 94% de cumplimiento en lo que concierne a 5S.

Seguridad y entorno.

Uno de los puntos fundamentales, ya que siempre es necesario tener un ambiente seguro para los colaboradores donde se disminuya el riesgo de algún tipo de accidente. Para este apartado la empresa cuenta con su respectivo Departamento de seguridad, que se encarga de verificar que las acciones realizadas por los operadores no sean riesgo de accidente.

Además, brinda las medidas de seguridad necesaria. También, la empresa lleva un indicador de accidentes e incidentes que hayan ocurrido durante el transcurso del año. Es necesario mencionar que cuando ocurre algún imprevisto donde se ponga en riesgo la integridad de algún empleado, inmediatamente el departamento realiza medidas para evitar posibles lecciones futuras.

Mantenimiento áreas de soporte.

No se cuenta con ningún tipo de mantenimiento que permita tener una perfecta comunicación entre los involucrados, lo que ocasiona errores durante las intervenciones. Esto porque el resto de los operadores desconocen las acciones realizadas a las prensas y en reiteradas ocasiones se dejan válvulas cerradas, pues no se comunica a los compañeros las acciones que se realizaron.

Mantenimiento de calidad.

La organización actualmente no cuenta con ningún tipo de recursos para conocer el estado de los equipos, solamente se realizan los mantenimientos programados y los correctivos para volver a poner en funcionamiento las prensas.

Mantenimiento autónomo.

Los operadores encargados del manejo de cada prensa están debidamente capacitados y conocen el estándar de cada intervención, ya sea de menor o mayor dificultad. Los vulcanizadores que son los encargados de operar las máquinas son capacitados constantemente por el entrenador del área, además estos deben cumplir con las buenas prácticas de manufactura. Los operadores de mantenimiento son enseñados por un mecánico con gran experiencia y conocimiento de los métodos, al igual que los compañeros de Set Up los cuales reciben su entrenamiento por un compañero con altos conocimientos.

También, cada operador firma un documento donde da fe de que tiene conocimiento de sus labores y de las consecuencias que estas dejan en caso de que sean mal realizadas. Por todo esto es factible decir que en cuanto al mantenimiento autónomo los operadores se encuentran lo suficientemente entrenados para realizar sus actividades sin problemas.

Mejoras enfocadas.

Bridgestone Costa Rica, desarrolla procesos de mejora continua, en la cual engloba distintas áreas, para lograr un progreso en conjunto con todos los involucrados, en la Figura 27 se aprecia la plantilla con el cual se basan todas las mejoras o Kaizen que se realizan dentro del área.

Con esto se busca realizar mejoras enfocadas en un problema que está afectando y es necesario crear en conjunto con los miembros del equipo una mejora que permita mitigar el daño. Con esta se busca, conocer la situación anterior y la actual en la que se dejó el proceso, además los pasos que se siguieron para mejorarlo.

Figura 27. Platilla de Kaizen

BRIDGESTONE

Departamento: _____ Nombre: _____ Champion: _____ Fecha: _____

Definición

1. ¿Qué tema o problema le gustaría mejorar?
La definición debe ser: Específico, Medible, Alcanzable, Relevante, y definido en el tiempo.

2. ¿Con cual indicador de mejora esta relacionado?

Seguridad	Calidad	Producción	Costos	Ambiente	Mantenimiento	3s	Otros
-----------	---------	------------	--------	----------	---------------	----	-------

3. Trate de responder a las siguientes preguntas.

a) Hace cuanto se presenta el problema? _____

b) En donde ocurre el problema? _____

c) En que circunstancias se presenta el evento? _____

d)Cuál es la frecuencia de ocurrencia? _____

Use fotos o gráficas de tendencia que sirvan de evidencia.

4. Haga una lista de todas las causas que le impiden ver buenos resultados. Realice una lluvia de ideas.

CAUSA	EFEECTO
Máquina	EFEECTO
Material	
Método	
Ambiente/5S	
Estándares	
Gestión	

5. Marque en un círculo las posibles causas potenciales. Paso 6.

Análisis II

6. Continúe preguntando ¿Por qué?, hasta llegar a la causa raíz más baja.

Causa Principal:	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Causa Principal:	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?

7. ¿Cuales son los planes para solucionar las causas raíz determinadas en el punto anterior? (IIP de trabajo)

Fecha de Inicio	Tarea/Actividad	Responsable	Progreso (%)
			25 50 75 100
			25 50 75 100
			25 50 75 100

8. Demuestre resultados de las mejoras realizadas a la causa raíz. Explique.
Utilice: fotos de la mejora, gráficos de control o tendencia, diagrama espagueti, etc.

9. ¿Que controles pondrá para evitar que el problema se presente de nuevo?

Fecha de Inicio	Tarea/Actividad	Responsable	Progreso (%)
			25 50 75 100
			25 50 75 100

10. ¿En cuanto pudo mejorar el indicador relacionado?

11. Documente el A3 en el sistema

Medición

Mejora

Análisis I

Control

Nota: Javier Rojas Herrera

Las 6 grandes pérdidas

El principal objetivo que busca el TPM, es erradicar las 6 grandes pérdidas, para ello se procede a analizar cómo se encuentra la empresa.

Averías.

Fallas inesperadas por falta de mantenimiento u otras causas, el equipo en ocasiones se detiene por bladder roto, lo cual es una avería no programada ante la cual no se puede estar preparado por ser una causa asignable.

Puesto a punto y ajuste.

Falta de operadores, pues se presentan más fallas de las que se pueden atender inmediatamente. Ausencia de materiales para realizar la intervención.

Micro paradas.

Son las paradas que no requieren de los operadores de mantenimiento, estas son conocidas en la empresa como Shokoteis (problemas menos de 5 minutos), estas se dan por distracciones de los operadores.

Velocidad reducida.

Se producen por el desgaste de la máquina, falta de mantenimiento, para esto el personal de mantenimiento junto con el de mejora continua trabajan en un proyecto para mejorar la apertura y cierre de la prensa y aumentar la velocidad.

Rechazos en el arranque.

Tiempos perdidos: después de cada cambio de bladder se deben realizar calentamientos para poder reiniciar nuevamente la prensa, lo que disminuye el tiempo productivo.

Rechazos de producción.

Cuando existe una mala comunicación entre los diferentes compañeros de mantenimiento se producen errores que impiden el arranque de la prensa y se debe realizar una nueva intervención.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se logró evidenciar que el Departamento de Set Up no cuenta con los operadores suficientes para cumplir con las labores básicas del cambio de bladder y los ajustes de 3% y otra actividad adicional que surja durante el turno, lo cual genera el aumento del tiempo y la cantidad de máquinas detenidas simultáneamente.

El análisis de tiempos muestra que el promedio por cambio de bladder se encuentra fuera del estándar corporativo planteado por la casa matriz. Lo cual evidencia gran variabilidad y problemas en el proceso productivo.

No es posible predecir el momento en el que una máquina se vaya a detener por un defecto en el bladder. Esto provoca no tener exactitud de cuántas máquinas extras vayan a estar en paro, lo cual impide calcular la cantidad de operadores exactos extras que se necesitan para cubrir las fallas adicionales.

Existen variables incontrolables que suman una importancia muy grande para la programación de las labores, como el bladder roto que suma un 21.7 % de las causas por las que se interviene la prensa.

No contar con los bladder pre-armados le aumenta en promedio al cambio de bladder 26 minutos, esto ya que el operador debe esperar a que se arme para poder instalarlo en la prensa. A pesar de que el armador cuenta con los bladder y los anillos necesarios para tener las piezas pre armadas. Estas son demoras innecesarias que si al operador se le inculca tener las herramientas listas se pueden evitar y agilizar el proceso.

La compañía no cuenta con ningún tipo de Mantenimiento Productivo Total documentado e implementado en el proceso de cambio de bladder, lo que impide que se cumpla el principal objetivo de este en el proceso, el cual es según Rajadell & Sánchez “asegurar que el equipo de fabricación se encuentre en perfectas condiciones y que continuamente produzca componentes de acuerdo con los estándares de calidad en un tiempo de ciclo adecuado”.

Recomendaciones

La contratación de una persona adicional por turno para cubrir todas las necesidades del proceso y disminuir el tiempo de paro de las diferentes prensas considerablemente, así como los pendientes para el siguiente turno.

Es preciso desarrollar el estudio pertinente para encontrar la ubicación idónea de los operadores. Esto para cubrir la mayor cantidad de trabajos durante el turno.

Es necesario el diseño, documentación e implementación del mantenimiento productivo total. Para evitar las diferentes fallas, pérdidas de tiempo innecesarias y ausencia de información sobre cómo y cuándo realizar un mantenimiento, así como los responsables de dicha tarea.

Es importante realizar un mapeo de todos los procesos que se realizan en el Departamento de set up, esto para verificar que se encuentran adecuadamente divididas las cargas de trabajo de los operarios disponibles.

Se debe crear un plan de capacitación que funcione como instructivo, para el entrenamiento de nuevos colaboradores. Esto asegura que todos sigan un estándar con el cual se disminuyan los errores del método.

Es crucial demarcar un espacio para que el encargado de ensamblar los bladder tenga un lugar preestablecido para el acomodo de estos, a su vez se debe hablar con el armador para empezar a dejarlos pre-armados y agilizar el proceso del cambio, ahorrándose un tiempo considerable.

Es indispensable la creación de un manual que facilite los pasos, los involucrados y los recursos necesarios para el Sistema de Mantenimiento Productivo Total. Se debe llevar toda la documentación necesaria que permita mejorar progresivamente la implementación del TPM.

CAPÍTULO VI DISEÑO

En este apartado final, se desarrollan todas las propuestas que permitan el cumplimiento de los objetivos planteados, así como mejorar todos los males encontrados en el capítulo de diagnóstico. Para cubrir estos vacíos en el proceso se van a realizar las siguientes propuestas.

Es necesaria la inclusión de un nuevo operador, así como un plan de acción de las funciones que debe seguir en el proceso para agilizar las tareas diarias, por otra parte, se deben indicar los pasos para la capacitación del personal por contratar.

También, es necesario pre establecer un espacio dentro de la planta para colocar los bladder que se deben empezar a pre-armar para agilizar el proceso de cambio. Ya que en el armado se dura un tiempo valioso que el cambia bladder lo puede utilizar para realizar de manera más rápida la intervención y disminuir el tiempo de paro.

Quizá el punto más importante es el diseño del mantenimiento productivo total, ya que este “trata de asegurar que el equipo de fabricación se encuentre en perfectas condiciones y que continuamente produzca componentes de acuerdo con los estándares de calidad en un tiempo de ciclo adecuado.” (Rajadell & Sánchez, 2010).

A continuación, se muestra el desarrollo del diseño para el éxito del proyecto:

Contratación de personal

Como se logró evidenciar el proceso tiene una deficiencia de personal, ya que excede la capacidad de los colaboradores, por lo cual no es posible cubrir todas las actividades. Por otra parte, esto ocasiona que se tenga que lidiar con más de una máquina detenida al mismo tiempo, lo que genera una disminución en las llantas producidas por día.

Por esto es importante la contratación de un nuevo operador para agilizar los cambios en diferentes máquinas al mismo tiempo. Para ello se necesita una persona por turno de 12 horas lo que equivale a 4 colaboradores por semana, pues los jueves hay cambio de cuadrilla. Las funciones van a ser las siguientes:

Tabla 16. Funciones del puesto

Puesto	Funciones	Turno	Personas por día	Horarios /Días	Horarios /Horas
Cambias para BOM	Cambiar Bladder de la BOM	2	1 personas por turno (total 4)	Lunes a Domingo	12 horas 4 cuadrillas
	Montacarga				
	Montar tapones para pruebas de fugas				
	Ajustar altura de Bladder				
	Baja y Monta Bladder Agrícolas				
	Ajuste 3%				
	Dopado RU028				

Nota: Javier Rojas Herrera

En la Tabla 16 se detallan las funciones que tendrá que realizar el nuevo empleado que se necesita contratar, dichas actividades son de apoyo para el operador que ya se encuentra en el proceso de cambio de bladder. Esto acelerará la capacidad de cambios del proceso y disminuirá las prensas detenidas por falta de personal, aumentando la producción.

Perfil de puesto.

Para la contratación del personal es muy importante que el colaborador cumpla unos requisitos mínimos para no entorpecer el proceso y durar más del tiempo estimado en la capacitación. Además, es importante que se cuente con algunos conocimientos básicos para el puesto.

Resumen del puesto.

Dar manteniendo mecánico correctivo, preventivo y predictivo a los sistemas o componentes de maquinaria y equipo utilizado, además de realizar los cambios de medidas que se requieran para el proceso productivo de Firestone Industrial Products de CR.; cumpliendo siempre con los programas de salud ocupacional, seguridad física y estándares de calidad ambiente.

Experiencia.

Al menos un año de experiencia en áreas relacionadas con el mantenimiento industrial (deseable).

Estudios y formación académica.

1. Técnico en alguna de las siguientes ramas: precisión, eléctrico, electricidad, electromecánica o mecánica. (Indispensable)

Otros requisitos.

1. Alto sentido de trabajo en equipo y servicio al cliente.
2. Disponibilidad para trabajar fines de semana y feriados.
3. Capacidad de escucha y comunicación.
4. Disponibilidad para seguir lineamientos de su superior inmediato, demás mandos de la compañía y clientes internos.
5. Disponibilidad de trabajar en horarios rotativos.
6. Capacidad para participar en proyectos de mejora continua.

7. Dispuesto a trabajar bajo presión.
8. Responsabilidad e iniciativa.
9. Excelentes relaciones interpersonales.

Plan de capacitación.

Es importante tener un plan de acción para tener un rumbo claro cuando se contrate un nuevo colaborador. De esta manera, se asegura la inclusión más rápida y efectiva.

Una vez en la compañía primeramente el operador recibe una capacitación de dos días para conocer las ISO de la empresa, código de ética, temas de seguridad ocupacional y el funcionamiento de los distintos departamentos de la empresa. Es importante aclarar que el operador es evaluado y debe lograr calificación arriba de 90 en los exámenes que se le asignan.

Por otra parte, luego de superar la prueba anterior, se procede al entrenamiento dentro del proceso. Este proceso es llevado a cabo por un operador experimentado y debidamente capacitado del Departamento de Set Up.

Esa capacitación dura aproximadamente 3 meses, dependiendo de la evolución del colaborador. Durante todo ese lapso será evaluado por el jefe del Departamento y el encargado de capacitar. De esta manera se aseguran que el operador conoce los métodos adecuadamente para trabajar de manera individual sin la supervisión.

Para la contratación del personal necesario para apoyar las labores de cambio de bladder, es posible contratar los 4 operadores al mismo tiempo para iniciar con el proceso de capacitación, el encargado de realizar esa tarea, durante ese periodo, solo se dedica a enseñar a los nuevos trabajadores con el fin de lograr el mejor resultado.

Pre-armado de bladder

Para disminuir el tiempo de paro de las máquinas, es necesario contar con los bladder pre ensamblados esto agiliza el proceso, ya que el Set Up no necesitaría de esperar al menos 15 minutos a que se tenga pre-armado. En la Figura 28 se evidencia la espera del montacarguista a que el armador culmine su trabajo.

Para esto es necesario inculcar esta conducta de cambio a los armadores, ya que actualmente no se está realizando por diversas situaciones. Para este proceso de ensamble se cuenta con 3 armadores por día de lunes a viernes, ya que cada uno trabaja un turno de 8 horas y el domingo se trae dos Set Up, en el cual cada uno trabaja un turno de 12 horas como se explica en la Tabla 17.

Figura 28. Espera de operador por bladder



Nota: Javier Rojas Herrera

Tabla 17. Cantidad de Armadores por semana

Puesto	Funciones	Turno	Personas por día	Horarios /Días	Horarios /Horas
Armador	Armar Anillos de bladder	2	3 por día y 2 el domingo	Lunes a Sábados	6am-2pm/2pm-10pm/10pm-6am Domingos Extras 2 de 12 horas

Nota: Javier Rojas Herrera

Espacio para bladder pre-armados

Como se ha mencionado a lo largo del desarrollo del proyecto, una necesidad importante para el Departamento de Set Up es la disposición de un espacio para tener los bladder listos para

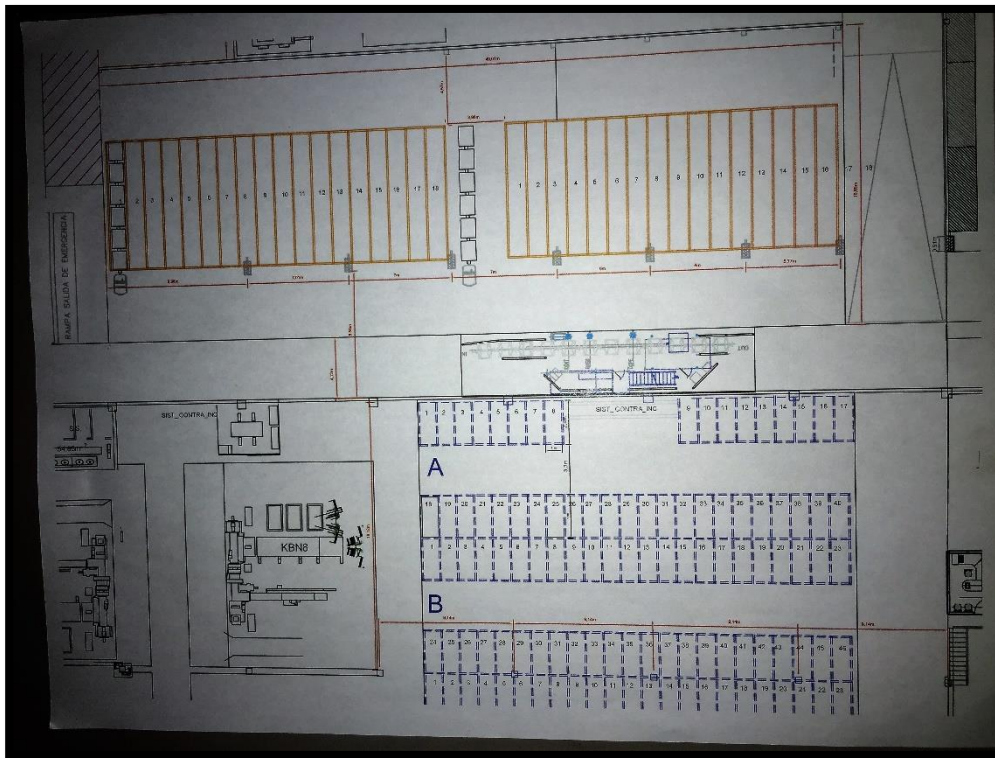
agilizar el proceso de cambio, en la Figura 29 se muestra el espacio que destino el Departamento de ingeniería industrial. Para que este se encuentre listo para su uso se debe adecuar con la respectiva demarcación y señalización para mantener el orden dentro del Departamento.

Figura 29. Espacio para bladder



Nota: Javier Rojas Herrera

Figura 30. Plano de espacio para bladder pre armados



Nota: Ingeniería Industrial

La Figura 30, muestra el plano de la planta del apartado donde se agregó el espacio para el almacenado de los bladder. Gracias a esta sección que se aparta para el Departamento de Set Up es posible tener pre-armados los bladder necesarios durante el turno para cubrir las necesidades, ya que el espacio necesario no es mucho, por ello se destinaron 12 metros cuadrados.

Es indispensable reunirse con los operadores y darles seguimiento para que estos adopten la política de armar los bladder, ya que según las preguntas realizadas a ellos y lo observado a lo largo del proceso, el personal evaluado en el turno uno, se opone a mantener los bladder ensamblados por razones meramente operativas que son fáciles de cambiar con charlas y seguimiento.

Es importante hacerles saber a los empleados la importancia de tener listos los bladder para el momento en que deben ser utilizados por las máquinas. De esta manera, se van a sentir más incluidos dentro del proceso productivo y van a tener una actitud más colaborativa.

Sistema de Gestión del Mantenimiento Productivo Total

En la Figura 31 se aprecia el sistema de gestión del TPM

Figura 31. Sistema de gestión del TPM



Nota: Javier Rojas Herrera

El sistema de TPM, cubre como principal objetivo asegurar que los equipos se encuentren en las mejores condiciones, mediante los mantenimientos de calidad y constantes que permitan a largar la vida del equipo considerablemente.

El sistema incluye cada uno de estos factores que unidos conforman la perfecta implementación del TPM dentro de la compañía, es necesario ampliar cada elemento para su mejor entendimiento.

Fiabilidad.

Según el autor (Sols, 2000) la fiabilidad se define como:

“A mayor fiabilidad, menor mantenimiento correctivo necesario; el mantenimiento preventivo necesario (ámbito y frecuencia de ejecución) depende mayormente del tipo de sistema y sus perfiles de utilización.”

Es necesario contar con la capacidad de trabajar constantemente durante un periodo determinado sin tener que detener el equipo para una intervención. Para esto, se debe contar con un adecuado mantenimiento preventivo. Ya la compañía cuenta con el mantenimiento programado, este indica el tiempo en el cual se debe realizar la intervención.

También se deben realizar capacitaciones constantes al equipo ya que, aunque se realicen las intervenciones en el tiempo adecuado, es importante que se hagan de la manera correcta en la cual se puede asegurar el buen funcionar durante un periodo adecuado hasta el siguiente mantenimiento.

Mantenibilidad.

Según Creus Sole, (2005) se define como:

“El conjunto de factores o elementos (medios de verificación, personal, tiempo empleado, calibración, documentación, repuestos, etc.) de que se dispone para realizar el mantenimiento de un sistema. La mantenibilidad está relacionada con la fiabilidad; cuanto más difícil sea realizar las tareas de mantenimiento (manuales defectuosos, equipo de difícil accesibilidad), tanto más probable será de que aparezcan nuevas averías y disminuya la fiabilidad del sistema” (pág. 95).

Para aumentar la mantenibilidad es necesario contar con las herramientas debidamente rotuladas para evitar tiempos muertos por repuestos o cualquier otro equipo perdido durante la intervención, además es necesario inculcar a los operadores una filosofía de mantenimiento constante en la cual están encargados de mantener libre de polvo y suciedad las diferentes prensas.

Logística del mantenimiento.

Según Sacristán se define como:

“Una estrategia técnica de gestión de las actividades de la ingeniería de planta que conduce a satisfacer las necesidades de fabricación y mantenimiento, poniendo a disposición los equipos de producción y los complementos necesarios para un mantenimiento y explotación eficaces (pág. 291)”

Para alcanzar explotar las capacidades de las prensas sin necesidad de constantes paros e intervenciones es necesario que los operarios llámense vulcanizadores y el equipo de mantenimiento trabajen de una manera conjunta ayudándose mutuamente para alargar la vida del equipo, para ello se indica un plan que se muestra en la Figura 32.

Estas actividades planteadas muestran una pequeña propuesta de las acciones que deben realizar los colaboradores, dependiendo de su área de trabajo, así mejoran la mantenibilidad que va ligado con la confiabilidad de los equipos.

Estos pequeños aportes como la limpieza, ajustes que son fáciles de desarrollar por los involucrados generan gran ayuda, ya que si las máquinas se cuidan adecuadamente se evita tener que realizar cambios de bladder por motivos innecesarios. Por otra parte, se eliminan algunas causas indirectas que pueden aumentar la rapidez con la que se debe realizar dicho cambio.

Figura 32. Actividades en un sistema con TPM

REPARTO POSIBLE DE ACTIVIDADES EN UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO CON TPM			
ACTIVIDAD	TIPO	PERSONAL PRODUCCIÓN	PERSONAL MANTENIMIENTO
Producción	Preparación	■	
	Ajustes	■	
	Operación	■	
Mantenimiento Primer Nivel	Limpieza	■	
	Engrase	■	
	Reaprietes	■	
	Inspecciones diarias	■	
Mantenimiento Preventivo de Segundo Nivel	Inspecciones y MOC		■
	Operaciones de Seguridad y Normativa		■
	Grandes Operaciones		■
Mantenimiento Correctivo	Averías reparables desde el puesto de trabajo	■	
	Averías no reparables desde el puesto de trabajo		■
Modificaciones y Mejoras	Operativas	■	■
	Automatizaciones		■
	Reflotamientos y actualizaciones		■

Nota: Ernesto Andrés López Arias

Mantenimiento Productivo Total

Quizás la parte más importante del desarrollo de este proyecto es el desarrollo del TPM, ya que se busca mejorar la calidad del proceso, por medio de la eliminación de errores, tanto mecánicos como operativos y además de ello impactar otras áreas dentro de la compañía como se muestra en la Figura 33.

El TPM, no solamente se basa en mantenimientos y prevención de fallas, también ayuda e integra diversos puntos de la compañía. Beneficia al personal, ya que este incluye a todos los colaboradores, desde la alta gerencia hasta los mandos bajos, esto facilita la combinación de ideas y la resolución de problemas de una manera integrada.

Cuando el equipo es intervenido adecuadamente y en el tiempo justo, este tiene un aumento en su productividad, desempeño y disponibilidad, ya que los cambios de bladder siempre se deben realizar. Los equipos se deben detener para la labor, pero realizando un previo mantenimiento y un adecuado método se elimina la probabilidad de fallas durante el proceso de uso de la prensa, lo cual disminuye la cantidad de equipos detenidos por mal manejo.

Además de esto, se mejora el proceso asegurando el funcionamiento óptimo, esto va de la mano de la disminución de los defectos, lo que a su vez aumenta la calidad. Por todo lo anterior mencionado, es vital la integración adecuada del TPM, ya que es una herramienta muy poderosa para la empresa.

Figura 33. Áreas de impacto del TPM

<u>PROCESO</u>	<u>GENTE</u>
Apoyo al jit asegurando el funcionamiento óptimo del equipo.	Incrementa la motivación de habilidades. Involucra apropiadamente a todos los niveles. Se vale de grupos pequeños internacionales.
<u>CALIDAD</u>	<u>EQUIPO</u>
Provee estrategias para lograr cero defectos.	Incrementa la disponibilidad y el desempeño. Reduce los costos mediante mejoras diseñadas. Aumenta el ciclo de vida.

Nota: Ing. Miguel Hortiales

Para la integración del Mantenimiento Productivo Total, es fundamental tomar en cuenta objetivos, metas responsables para lograr integrar el sistema dentro de la organización, para ello se procede a explicarlo a continuación.

Objetivos del Sistema TPM

Asegurar que el equipo de fabricación se encuentre en perfectas condiciones y que continuamente produzca componentes de acuerdo con los estándares de calidad en un tiempo de ciclo adecuado. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos sea una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. El lean manufacturing exige que cada máquina esté lista para empezar a trabajar en cualquier momento en respuesta a los requerimientos de los clientes (Rajadell & Sánchez, 2010, págs. 139-140).

Es necesario diseñar un sistema capaz de coordinar todas las funciones de la compañía y que a su vez busque alcanzar la excelencia. Es necesario cumplir con el objetivo mencionado, de esta manera asegura el buen funcionamiento de la empresa.

Actividades necesarias para la eliminación de las 6 grandes pérdidas

Existen 5 actividades que se deben aplicar para mitigar las 6 grandes pérdidas las cuales fueron analizadas en el capítulo anterior.

Estas actividades son:

1. **Mejorar la efectividad de cada equipo.** Es necesario formar equipos interdisciplinarios en los que existan colaboradores de diferentes labores dentro del departamento, con los cuales se puedan generar nuevas estrategias para eliminación de actividades innecesarias.
2. **Implantar la mantención autónoma por los operadores.** Fomentar a los empleados encargados de la operación de los equipos que mantengan estos en buen estado, limpios, lubricados y no excediendo sus capacidades, lo que ponga en riesgo los mecanismos de las prensas.
3. **Implantar un buen sistema de administración de la mantención.** Ya se cuenta con un sistema en bodegas que se encarga de abastecer las herramientas necesarias y los repuestos para evitar cualquier paro por falta de materiales. También el Departamento de ingeniería de procesos se encarga del abastecimiento de los bladder para eliminar cualquier faltante y que haya que improvisar para no tener los equipos en paro.

4. **Definir e implementar programas de capacitación.** Se capacita el personal periódicamente, además estos deben actualizar su certificado de buenas prácticas de manufactura.
5. **Establecer un sistema para diseñar y producir equipos o componentes.** El Departamento de Set Up, genera los propios componentes para sus equipos, de esta manera se asegura la calidad de los repuestos que se utilizan en las prensas. Por otra parte, disminuyen el costo del abastecimiento de repuestos.

Encargado del sistema TPM

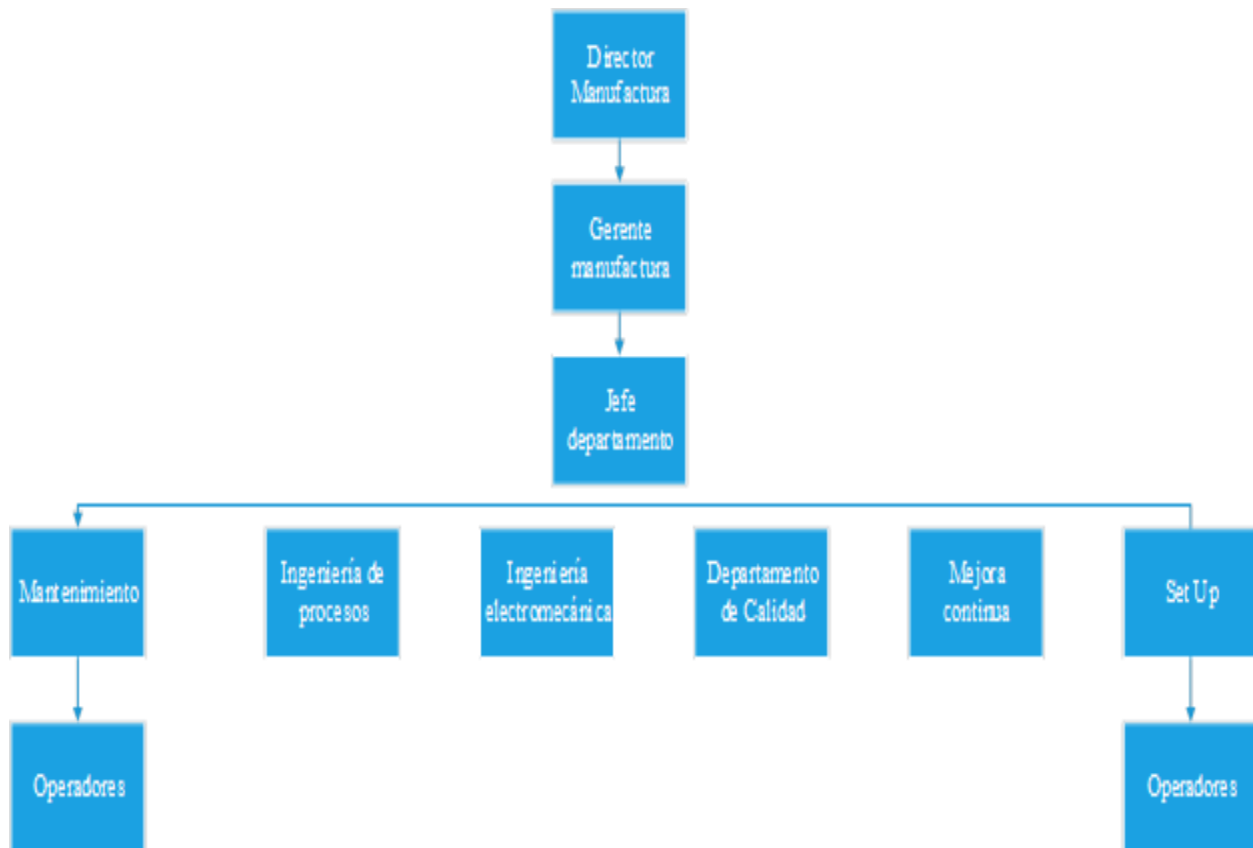
Como en todo proyecto, se debe tener un responsable que dirija al grupo de trabajo, por la magnitud del sistema TPM, es necesario involucrar tanto los mandos bajos como los altos para llegar al éxito. En la Figura 34 se muestra el organigrama planteado para el sistema de TPM, para ello es necesario que cada sección trabaje en conjunto y apoyándose mutuamente para alcanzar el objetivo final.

El organigrama del Departamento de vulcanización cuenta con un director de manufactura, un gerente de manufactura y un jefe de Departamento, el cual tiene bajo su mando dos ingenieros del Departamento de ingeniería de procesos, uno de industrial, el supervisor del área de Set Up, el jefe de mantenimiento, un ingeniero de calidad y otro encargado de mejora continua.

Estos están a cargo de operadores de mantenimiento y vulcanizadores, en todos estos se centra el proyecto. Debido a la gran cantidad de personal es obligatorio tomar 6 meses de tiempo para la implementación del TPM.

El jefe de mantenimiento y la supervisora del Departamento de Set Up son los principales guías para la aplicación del proyecto, ya que en ellos se centra la responsabilidad de guiar y motivar a sus colaboradores mediante charlas en las cuales debe explicarles la necesidad de la empresa de adoptar esta filosofía.

Figura 34. Organigrama



Nota: Javier Rojas Herrera

Pasos para la implementación del TPM.

Previamente a la implementación es necesario contar con un ambiente adecuado, según los japoneses se debe contar con:

Yabuki.

Es primordial motivar al personal, dejar claro que se requiere alcanzar el cambio para mejorar a nivel organizacional, como facilitar las labores que realizan los operadores, por otra parte, es necesario incentivar a involucrarse a los altos mandos de la compañía con la idea de facilitar el desarrollo del TPM. Siempre es ideal dejar en manos de cada jefe de Departamento la

motivación de sus colaboradores, esto porque ellos son la figura de autoridad dentro de los departamentos y es necesario no romper con la línea de respeto dentro de la compañía.

Yaruude.

Contar con personal capacitado, capaz de realizar sus labores con destreza y siendo competitivo, siempre buscando hacia la mejora del proceso.

Yoruba.

Es vital contar con un ambiente amigable donde cada empleado se sienta cómodo en sus labores diarias. Esto facilita la inclusión y permite que los empleados colaboren de una manera más amigable en el proceso de cambio.

Figura 35. Casa TPM



Nota: Javier Rojas Herrera

En la Figura 35 se muestran los pilares en los cuales descansa el TPM, quiere decir que cumpliendo estrictamente cada pilar se asegura el éxito de la implementación.

5s Organización, orden y limpieza del puesto de trabajo.

No es necesario el desarrollo de este punto, ya que la empresa dentro del área de vulcanización cuenta con las pizarras respectivas para evaluar y monitorear a los operadores en términos de 5S. En la Figura 36, se aprecian las calificaciones por monitoreos del mes de noviembre.

Estas calificaciones se realizan semanalmente con la intención de darle un seguimiento al personal a cargo de los equipos. La intención de colocar de manera visible las notas obtenidas es incentivar a cada colaborador a mejorar el mantenimiento de su lugar de trabajo. Además, muestra a cuáles operadores se les debe dar seguimiento y se les debe retroalimentar constantemente para generar una conducta de mejora.

Figura 36. Calificación de monitoreos

1	Departamento	Vulcanización
2	Mes fecha límite	11
3		
4	Promedio de Calif.	Etiqueta
5	Etiquetas de fila	Nombre Operador
6	Prensa A01	JUNIA BLEAR MORGAN A 100
7		RANDALL LÓPEZ ALVARADO D 100
8		RANDALL MESÉN MORALES B 80
9	Prensa C01	GEOVANNI RAMÍREZ BADILLA B 100
10		MICHAEL PORRAS CUBERO C 100
11		ROGER FALLAS RODRÍGUEZ A 100
12	Prensa E01	CARLOS ROJAS ZUÑIGA A 100
13	Prensa G04	CARLOS ROJAS ZUÑIGA A 100
14		HERNAN CORRALES SEGURA D 75
15		LUIS LEÓN ARGUEDAS C 83,33
16	Prensa G07	CARLOS ROJAS ZUÑIGA A 100
17		HERNAN CORRALES SEGURA D 83,33
18		PABLO CENTENO CASTRILLO B 100
19		LUIS LEÓN ARGUEDAS C 66,67
20	Prensa H03	HERNAN CORRALES SEGURA D 100
21		EDUARDO GONZÁLEZ LÓPEZ D 100
22		LUIS LEÓN ARGUEDAS C 80
23		DODANÍN JOSUE NICARAGUA LÓPEZ B 80
24		MIGUEL CARVAJAL DELGADO A 100
25	Prensa G02	HERNAN CORRALES SEGURA D 83,33
26		PABLO CENTENO CASTRILLO B 83,33
27		
28		

Nota: Bridgestone Costa Rica

Seguridad y entorno.

En este pilar no es necesario desarrollar ningún documento, ya que se cuenta con ayudas visuales que se pueden verificar en el SFD de la compañía, además si se desea ampliar más la información se hace referencia a la norma ISO 14001, la cual explica sobre los sistemas de gestión ambiental.

También cuenta con INTE/OSHAS 18001, esta es la norma de prevención de riesgos laborales. Gracias a estas normas es válido decir que la empresa cubre ampliamente el pilar de seguridad y entorno.

Mantenimiento áreas de soporte.

En este pilar, se busca eliminar cualquier falla que se pueda producir por falta de comunicación o coordinación. Esto se presenta en algunas ocasiones en donde los involucrados realizan intervenciones de las prensas y estos no se comunican las acciones realizadas y se cometen fallos operativos.

Para deshacer esto, es fundamental coordinar y crear una línea de comunicación donde no se haga ningún trabajo en las prensas sin ser comunicado a los otros Departamentos. Para ello se procede a asignar al supervisor de turno para realizar esta labor.

Prevención del mantenimiento.

Como se indicó en la situación actual de la compañía, se muestra que ya se cuenta con el mantenimiento preventivo, el cual se realiza a las 100 cargas del bladder. Este consiste en subir la altura de los pistones de este para contrarrestar el estiramiento y evitar que se produzcan llantas con arruga de bladder.

Mantenimiento de calidad.

Se buscan verificar las condiciones del equipo, para ello se presenta un mapa de prensas donde es necesario que el operador indique el estado de la prensa y si es necesaria su rápida intervención, de esta manera transmitir esta información a los involucrados.

Por otro lado, la idea de este ejercicio es controlar cuáles prensas tienen cero defectos y por ende, copiar cualquier condición que permita tener otras prensas con estas características.

Para ello en Figura 37 se muestra el mapa de prensas con el fin de que los operadores puedan marcar con un check las que se encuentren en óptimas condiciones.

Esto es necesario hacerlo semanalmente con la idea de eliminar las diferentes fallas que pueden disminuir la producción de llantas.

Figura 37. Mapa de prensas

								J01 NAF 40.5	J02 NAF 40.5	J03 NAF 40.5	J04 NAF 40.5		0 % GAS					
									I01 KOBE GAS 45"	I02 KOBE GAS 45"	I03 KOBE GAS 45"	I04 KOBE GAS 45"	100 % GAS					
									SENSOR T	H07 NAF 46	H08 NAF 46	H09 NAF 46	H10 NAF 46	60 % GAS				
								H01 KOBE GAS 45"	H02 KOBE GAS 45"	H03 KOBE GAS 45"	H04 KOBE GAS 45"	H05 KOBE GAS 45"	H06 KOBE GAS 45"					
								G01 KOBE GAS 45"	G02 KOBE GAS 45"	G03 KOBE GAS 45"	G04 KOBE GAS 45"	G05 KOBE GAS 45"	G06 KOBE GAS 45"	G07 KOBE GAS 45"	G08 KOBE GAS 45"	G09 NAF 46	G10 NAF 46	80 % GAS
F01 MHIA 52"	F02 MHIA 52"	F03 MHIA GAS 52" BARI	F04 MHIA GAS 52" BARI	F05 MHIA GAS 52" BARI	F06 MHIA GAS 52" BARI	F07 MHIA GAS 52" BARI	F08 MHIA GAS 52" BARI		F11 NAF 40.5	F12 NAF 40.5	F13 NAF 40.5		55 % GAS					
E01 MHIA 52"	E02 MHIA 52", sin lub	E03 MHIA GAS 52"	E04 MHIA GAS 52"	E05 MHIA GAS 52"	E06 MHIA GAS 52"	E07 MHIA GAS 52"	E08 MHIA GAS 52"	E09 MHIA GAS 52"	E10 MHIA GAS 52"	E13 NAF 40.5	E14 NAF 40.5		66 % GAS					
D01 NAF 40.5	D02 KOBE GAS 45"	D03 KOBE GAS 45"	D05 NAF 46	D06 NAF 46	D07 NAF 46	D08 NAF 46	D09 NAF 46	D10 NAF 46	SENSOR T	D11 BOM 52"	D12 BOM 52"	D13 BOM 52"	16.7 % GAS					
SENSOR T	C01 BOM 47"	C02 BOM 47"	C03 BOM 47"	C04 BOM 47"	C05 BOM 47"	C06 BOM 47"	C07 BOM 47"	C08 BOM 47"	C09 BOM 47"	C10 BOM 47"	C11 BOM 47"	C12 BOM 47"	0 % GAS					
B01 BOM 55"	B02 BOM 48"	B03 BOM 48"	B04 DOMO 55"	B05 KOBE GAS 45"	B06 DOMO 63.5"	B07 KOBE GAS 45"	B08 KOBE GAS 45"	B09 KOBE GAS 45"	B10 KOBE GAS 45"	B11 KOBE GAS 45"	B12 BOM 48"		50 % GAS					
A01 BOM 47"	A02 DOMO 48"	A03 DOMO 55"	A04 DOMO 55"	A05 AG DOMO 78" 	A06 AG DOMO 78" 	A07 AG DOMO 85" 	A08 AG DOMO 85" 	A09 BOM 47"	A10 KOBE GAS 45"				10 % GAS					

Nota: Javier Rojas Herrera

Mantenimiento planificado.

En cuanto a mantenimientos planificados la compañía cuenta con el sistema de CCM (sistema de control y visualización), el cual brinda las horas faltantes para la intervención en la prensa y qué tipo de arreglo debe realizarse.

Mantenimiento autónomo.

Aunque ya la compañía realiza un esfuerzo grande por aumentar la calidad de su sistema, es necesario convencer a los operadores de ayudar al equipo de mantenimiento, para esto se necesita bastante tiempo, pues es bastante difícil tratar de convencer a las personas inmediatamente.” *Se dice quien está convencido no se anima a participar y quien no lo esta es tu enemigo”.*

Por esto mencionado es necesario crear formas de motivar a los colaboradores a realizar el cambio de manera voluntaria para que estos apoyen y no se opongan al cambio.

Mejoras enfocadas.

Ya la compañía cuenta con un sistema de mejoras enfocadas en los cuales se involucra a todo el equipo para que estos generen ideas que puedan ser provechosas para el mejoramiento de la calidad del proceso. Para esto se recomienda la creación de un manual de implementación del TPM.

Plan de implementación

Es crucial tener un plan de implementación, que facilite a los miembros encargados del proyecto guiarse. De esta manera es más factible desarrollar paso a paso cada actividad, conociendo el tiempo meta o establecido que se debe durar en el progreso del proyecto.

Por otra parte, les concede a los miembros encargados tener una idea inicial de las personas que deben integrarse durante el proceso. Siempre es necesario contar con un horizonte o un plan que evidencie las actividades necesarias para el éxito del proyecto.

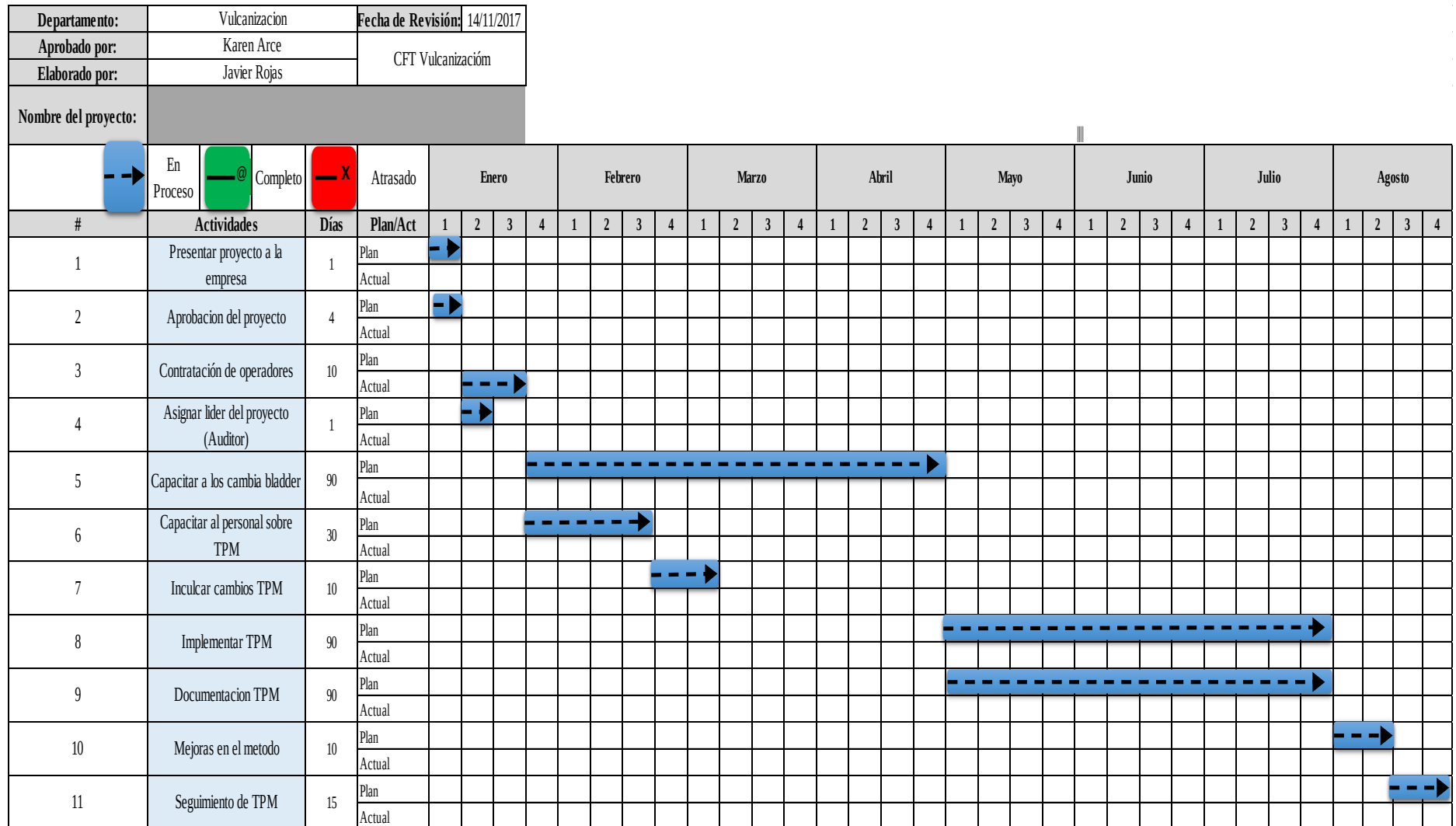
A continuación, en la Figura 38 se encuentra el cronograma de implementación detallado con la duración y actividades por realizar para disminuir el tiempo de los cambios de bladder. Es

muy importante seguir el orden lógico de las actividades para evitar perder el horizonte hacia el cual se quiere llegar.

Por la complejidad del proyecto se estableció un tiempo de 8 meses, ya que para la implantación del TPM es necesario contar con la ayuda de cada departamento de la empresa, así como ir mejorando cada detalle. Y este proceso puede verse interrumpido por diversos factores, por ello se plantean un tiempo pesimista que sea flexible por cualquier interrupción.

Los pasos vitales sin duda son la contratación del personal, se debe ser lo más objetivo posible para eliminar cualquier problema que se pueda generar por la contratación de personal no capacitado. Segundo, la implementación del TPM. Es vital comunicarlo a cada miembro del equipo, así como a los mandos altos para que estos comuniquen la importancia y lo necesario de realizar el proyecto.

Figura 38. Cronograma de implementación



Nota: Javier Rojas Herrera

Factores críticos para el éxito del proyecto

Existen diversos factores que son vitales para lograr la meta y los objetivos planeados, algunos de ellos se explican a continuación:

Apoyo de la alta dirección.

Es crucial contar con el apoyo de los mandos altos de la compañía, de esta manera es más sencillo avanzar con el cambio. Esto porque los demás empleados ven el compromiso de toda la empresa.

Trabajo en equipo.

Es necesario contar con una armonía de equipo, para generar nuevas ideas y una mayor facilidad en el momento de realizar las tareas asignadas.

Personal adecuado.

Es obligatorio tener personal capacitado, así no se tiene ningún atraso por colaboradores que no saben realizar sus funciones o generan errores por su mal desempeño. Por esto, se debe contar con un delicado sistema de contratación y constante capacitación.

Comunicación y coordinación.

Es crucial antes de dar inicio al proyecto comunicarles a los operadores para mantenerlos enterados y que se sientan parte del proceso. A su vez, se les debe preguntar su punto de vista con la idea de buscar alguna disconformidad que pueda ser solucionada de inmediato. También obtener puntos de mejoras, ya que como es sabido ellos son los dueños del proceso y son los expertos, por lo que cualquier idea puede ser tomada en cuenta.

Resistencia al cambio.

Se debe hablar con los empleados e inculcarles una conducta de cambio para mostrarles la importancia de mejorar el proceso, ya que esto beneficiará tanto a la organización como a ellos.

Análisis económico

Es fundamental contar con un análisis económico que muestre si es factible seguir adelante con el desarrollo del proyecto, es sabido por muchos que los números hablan por sí solos. Por esto se muestra a continuación el estudio económico.

Tabla 18. Salario mensual por operador

Ocupación	Salario 2017	Salario 2016
Técnico de educación superior	¢ 428.138,90	¢ 423.313,13
Técnico de educación superior	¢ 428.138,90	¢ 423.313,13
Técnico de educación superior	¢ 428.138,90	¢ 423.313,13
Técnico de educación superior	¢ 428.138,90	¢ 423.313,13

Nota: Apéndice 7. Tabla de salario

La Tabla 18 muestra el salario mensual aproximado por mes según el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, además muestra el leve aumento que tuvo con respecto al año 2016 el cual fue de 4825,9 colones. Para el 2018 se estima un aumento de un 3% lo que equivale a 12 844.14,00 colones por mes. Es necesario indicar que para término del desarrollo de este proyecto no se utilizaron los salarios reales de la compañía por términos de privacidad, lo cual amerita utilizar el salario publicado hasta al momento por el Ministerio de Trabajo.

Las cargas sociales se muestran en la Tabla 22, las cuales se calcularon de acuerdo con el monto establecido por la Caja Costarricense del Seguro Social, estas representan un 26.33% sobre el salario base estimado por mes para cada uno de los 4 trabajadores por contratar. El desglose de las respectivas cargas se encuentra en el Apéndice 8.

Tabla 19. Gastos de proyecto

Gasto	Monto (Colones)
Resma de papel	6.590,00
Caja de lapiceros	2.600,00
Tabla de aluminio	5.590,00
Cronometro	7.200,00
Total	21.980,00

Nota: Javier Rojas Herrera

En la Tabla 19 se muestran los gastos varios para cubrir el proceso de documentación y la obtención de la información necesaria para desarrollar el proyecto de la manera más cómoda. Para esto el gasto es de 21.980,00 colones, este es un gasto único ya que solo se debe incurrir al inicio del proyecto.

Tabla 20. Ganancias en llantas

Costo promedio por llantas	Venta promedio por llantas	Ganancia	Cantidad promedio de llantas	Ahorro Colones
25.650,00	36.500,00	10.850,00	37	401.450,00

Nota: Javier Rojas Herrera

Reduciendo el tiempo de cambio de bladder bajo un escenario del cual de 91 horas perdidas se disminuye a 78 en promedio por día; se tiene una ganancia de 37 llantas extras vulcanizadas, lo que genera un aumento de las ganancias en 401.450,00 colones por día, como lo indica la Tabla 20.

Además, se muestra el costo neto de producir una llanta versus el valor promedio por el cual se vende en el mercado. Esto para extraer la ganancia total por cada llanta extra que se logre vulcanizar, el cual es de 10.850,00 colones.

Tabla 21. Ganancia por año

Ganancia por día	Ganancia por mes	Ganancia por año
401.450,00	12.043.500,00	144.522.000,00

Nota: Javier Rojas Herrera

En la Tabla 21 se observa el desglose en colones que se va obtener si se aplican los procedimientos adecuadamente.

Tabla 22. Evaluación económica año 2018

Detalle	Salida	Entrada
Operadores (4)	20.319.030,24	
Gastos proyecto	21.980,00	
Ingeniero a cargo del proyecto	1.200.00,00	
Cargas sociales	5.350.000,00	
Total Gastos	26.891.010,24	
Llantas vulcanizadas		144.522.000,00
Ganancia esperada	117.630.989,24	

Nota: Javier Rojas Herrera

Tabla 22 evidencia las ganancias netas que se van a obtener si la compañía aplica el proyecto con éxito y siguiendo los pasos aquí designados, esta va tener una ganancia extra de 117.630.989,24 lo cual es una suma bastante significativa. Esto motiva a continuar con el proceso de aplicación del TPM para reducir los tiempos de cambio de bladder.

Trabajos citados

- Acuña, J. (2012). *Control de la Calidad un enfoque integral y estadístico*. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.
- Creus Sole, A. (2005). *Fiabilidad y seguridad*. España: Marcombo.
- Facultad. (2001). *Manual del Ingeniero de Mantenimiento*.
- Fernández de Velasco, J. (2010). *Gestión por Procesos*. España: Alfaomega.
- Fernando, I. (2005). *Análisis y planeamiento*. Costa Rica: EUNED.
- Guido, R. (S.F). *Estudio de cargas de Trabajo*. School of excellence.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad y Productividad Total*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hernández Sampieri, R., Collado, F., & Lucio, B. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación*. España.
- Jacobs, R., Chase, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministro*. México: Mc Graw Hill.
- Jananía, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos ingeniería métodos*. Mexico: Limusa S.A.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. España: Díaz de Santos.

Sacristán, F. R. (2001). *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. FC Editorial.

Sipper, D., & Bulfin, R. (s.f). *Planeación y Control de la Producción*. México: Mc Graw Hill.

Sols, A. (2000). *Fiabilidad mantenibilidad, efectividad un enfoque sistematico*. Madrid: Comillas.

APÉNDICE

Apéndice 1. NOT'S reportados

Resumen	NOTS	2017	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17
1	Green Tire Loss	8,97	10,27	6,86	10,07	12,38	13,94	7,98	8,28	5,12	5,84
2	Bladder Change	2,34	2,72	3,34	2,49	2,17	2,15	2,21	1,80	1,99	2,21
3	Mold Change	1,56	1,69	1,58	1,59	1,41	1,87	1,30	1,61	1,31	1,44
4	Mechanical Failure	1,33	1,56	2,38	1,59	1,65	1,05	1,24	0,99	0,87	0,89
5	Fal.Elec	0,99	0,96	1,00	0,82	2,00	0,56	0,96	1,49	0,65	0,43
Otros	Obj Fat Llanta	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	Obj Fal. Elec	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6,00	Obj Fat Mec	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
1,50	Obj Otros	4,80	5,00	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80
1,50	Target	16,00	16,20	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00

Nota: Bridgestone Costa Rica

Apéndice 2. Tiempos preliminares 3%

Muestras	Tiempos	Tiempo al cuadrado
1	12	144
2	10	100
3	10	100
4	11	121
5	11	121
6	13	169
7	14	196
8	10	100
9	12	144
10	11	121
11	14	196
12	13	169
13	13	169
14	11	121
15	11	121
16	11	121
17	11	121
18	13	169
19	14	196
20	10	100
21	10	100
22	11	121
23	12	144
24	10	100
25	13	169
26	12	144
27	10	100
28	14	196
29	13	169
30	11	121
31	10	100
32	14	196
33	12	144
34	12	144
35	10	100
36	11	121
37	14	196
38	13	169
39	14	196
40	12	144
41	14	196
42	12	144
43	10	100

Muestras	Tiempos	Tiempo al cuadrado
44	10	100
45	10	100
46	11	121
47	10	100
48	11	121
49	10	100
50	10	100
51	10	100
52	10	100
53	14	196
54	12	144
55	10	100
56	10	100
57	13	169
58	10	100
59	10	100
60	10	100
61	11	121
62	10	100
63	13	169
64	13	169
65	11	121
66	11	121
67	11	121
68	11	121
69	14	196
70	14	196
71	13	169
Total	822	9668

Nota: Javier Rojas Herrera

Apéndice 3. Muestras adicionales 3%

Muestras	Tiempos
1	12
2	10
3	11
4	10
5	13
6	13
7	13
8	13
9	13
10	10
11	11
12	10
13	12
14	13
15	14
16	13
17	11
18	11
19	14
20	10
21	14
22	10
23	11
24	14
25	10

Nota: Javier Rojas Herrera

Apéndice 4 Muestras preliminares de cambio de bladder.

Muestras	Tiempos	Tiempo al Cuadrado
1	83	6889
2	92	8464
3	81	6561
4	65	4225
5	51	2601
6	56	3136
7	53	2809
8	47	2209
9	99	9801
10	84	7056
11	57	3249
12	55	3025
13	63	3969
14	76	5776
15	48	2304
16	66	4356
17	79	6241
18	46	2116
19	64	4096
20	54	2916
21	59	3481
22	53	2809
23	115	13225
24	59	3481
25	66	4356
26	80	6400
27	48	2304
28	87	7569
29	49	2401
30	75	5625
31	74	5476
32	80	6400
33	101	10201
34	70	4900
35	51	2601
36	47	2209
37	67	4489

Nota: Javier Rojas Herrera

Apéndice 5. Muestras restantes cambio de bladder

Muestras	Tiempos
1	67
2	66
3	56
4	50
5	82
6	67
7	63
8	54
9	65
10	53
11	49
12	52
13	54
14	61
15	50
16	48
17	47
18	51
19	52
20	56
21	62
22	78
23	116
24	88
25	114
26	105
27	148
28	89
29	117
30	72
31	48
32	83
33	59
34	62
35	85
36	61
37	92
38	79

Muestras	Tiempos
39	59
40	89
41	70
42	108
43	89
44	81
45	79
46	88
47	71
48	81
49	73
50	94
51	73
52	109
53	89
54	145
55	71
56	70
57	104
58	68
59	116
60	67
61	103
62	62
63	58
64	51
65	51
66	54
67	118
68	75
69	48
70	73
71	80
72	69
73	96
74	83
75	99
76	75
77	68
78	100

Muestras	Tiempos
79	70
80	96
81	60
82	67
83	97
84	81
85	100
86	65
87	71
88	55
89	74
90	86
91	56
92	73
93	74
94	61
95	99
96	107
97	83
98	97
99	110
100	91
101	85
102	75

Nota: Javier Rojas Herrera

Apéndice 6. Muestras preliminares armado de bladder

Muestras	Tiempos	Tiempos al cuadrado
1	12	144
2	11	121
3	15	225
4	12	144
5	12	144
6	13	169
7	14	196
8	14	196
9	15	225
10	15	225
11	13	169
12	15	225
13	13	169
14	11	121
15	14	196
16	13	169
17	11	121
18	12	144
19	11	121
20	13	169
21	15	225
22	13	169
23	12	144
24	13	169
25	12	144
26	13	169
27	11	121
28	15	225
29	14	196
30	15	225
31	12	144
32	13	169
33	14	196
34	12	144
35	13	169
36	15	225
37	14	196
38	11	121
39	11	121
40	11	121
41	11	121
42	13	169
43	14	196
44	14	196
45	14	196

Muestras	Tiempos	Tiempos al cuadrado
46	13	169
47	13	169
48	11	121
49	14	196
50	13	169

Nota: Javier Rojas Herrera

Apéndice 7. Tabla de salario

Ocupación	↕ Siglas	↕ Año 2017 *	↕ Segundo Semestre 2016 **	↕ Primer Semestre 2016 ***	↕ Segundo Semestre 2015 ****	↕
Técnico de educación superior*	TEdS	¢ 428.138,90	¢ 423.313,13	¢ 421.207,09	¢ 418.403,78	

Nota: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social

Apéndice 8. Cargas sociales

Caja Costarricense de Seguro Social			
Concepto	Patrono	Trabajador	Monto
SEM	9,25%	5,50%	¢0
IVM	5,08%	3,34%	¢0
TOTAL CCSS	14,33%	8,84%	¢0
Recaudación Otras Instituciones			
Institución	Patrono	Trabajador	Monto
Cuota Patronal Banco Popular	0,25%	-	¢0
Asignaciones Familiares	5,00%	-	¢0
IMAS	0,50%	-	¢0
INA	1,50%	-	¢0
TOTAL OTRAS INSTITUCIONES	7,25%	-	¢0
Ley de Protección al Trabajador (LPT)			
Concepto	Patrono	Trabajador	Monto
Aporte Patrono Banco Popular	0,25%	-	¢0
Fondo de Capitalización Laboral	3,00%	-	¢0
Fondo de Pensiones Complementarias	0,50%	-	¢0
Aporte Trabajador Banco Popular	-	1,00%	¢0
INS	1,00%	-	¢0
TOTAL LPT	4,75%	1,00%	¢0
Total			
	Patrono	Trabajador	Total
PORCENTAJES TOTALES	26,33%	9,84%	36,17%

Nota: Caja Costarricense del Seguro Social