

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

**Diseño del proceso de estandarización de los servidores de
llanta verde para el área de armado y vulcanización en
Bridgestone de Costa Rica.**

AUTOR

Sofía María Rojas Alfaro

TUTOR

Ing. Alejandro Leiva González

LECTOR

Ing. Marco Aragón Nassar

San José, julio, 2022

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa Bridgestone de Costa Rica, la cual es una de las organizaciones más reconocidas a nivel mundial por la producción de llantas para varios tipos de vehículos. Esta se encuentra en el país desde el año 1967 y ha tenido como filosofía “servir con calidad superior”, por lo que esta se encuentra enfocada en los mejores resultados para garantizar un producto de calidad al cliente final.

Dado lo anterior, la empresa mantiene presente la innovación y mejora continua, por lo que tiene como objetivos el aprovechamiento de los recursos y la reducción de desperdicios. Por esto, se presenta el problema del constante desajuste de los servidores encargados de trasladar las llantas no cocinadas desde el área de armado hasta vulcanización. Se presenta no solo como un problema sino como una necesidad de crear un estándar que permita mantener las mismas medidas de todos los carritos.

Para la elaboración de este proyecto se realizó una división por capítulos. En el primero se presentan las generalidades de la empresa, el planteamiento del problema, los objetivos que serán la línea por seguir del trabajo, así como la justificación, antecedentes y proyecciones. Para el segundo capítulo, se explican todas aquellas definiciones y herramientas que se utilizan tanto en la situación actual como en la propuesta. Como tercer capítulo se desarrolla el marco metodológico y sus componentes que sirven para orientar la investigación.

Se desarrolla en el cuarto capítulo la situación actual, donde se describe el problema presentado con los servidores de llanta verde y las bases donde estos ingresan. En segundo lugar, se analiza el procedimiento de carga de llantas en los servidores y las actividades que realiza el operario a nivel ergonómico, esto para calcular el riesgo a nivel físico que presentan los movimientos. De igual manera se explica el proceso actual de alineamiento de las bases respecto al brazo de la prensa y el efecto del desajuste de estos, lo que trae consigo los reportes de scrap durante el año 2021.

Una vez analizada la situación actual y la aplicación de herramientas de la ingeniería, se presentan las conclusiones y recomendaciones. Seguidamente se elabora la propuesta para crear el estándar de los servidores y que estos cumplan con los parámetros necesarios para trasladar las llantas, sin verse afectada la seguridad humana y que tanto operarios como personal de mantenimiento puedan ser partícipes de una manera más sencilla de la propuesta del nuevo diseño de las bases.

Todo lo anterior se realiza para crear un estándar que permita disminuir los riesgos en la seguridad humana, los niveles de scrap y el costo ligado a este rubro. En la aplicación del estándar, se obtienen

resultados de una disminución del 27,6% de costos por scrap; este siendo analizado el primer cuatrimestre del 2021 con el 2022.

Por último, se establecen los costos necesarios para implementar la propuesta del nuevo diseño de las bases, así como el plan de implementación requerido para llevar a cabo todas las actividades. Del mismo modo, se presenta una plantilla e indicadores para controlar la modificación de estas bases.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
CARTA AUTORIZACIÓN DEL TUTOR	4
RESUMEN EJECUTIVO	9
CONTENIDO.....	11
TABLAS	14
FIGURAS.....	16
GLOSARIO.....	18
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	19
GENERALIDADES DE LA EMPRESA	20
Misión.....	21
Visión.....	21
Valores.....	21
Competencias que posee la empresa.....	21
Productos	23
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
OBJETIVOS.....	25
Objetivo general	25
Objetivos específicos.....	25
JUSTIFICACIÓN	25
ANTECEDENTES.....	26
PROYECCIONES	28
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	29
DEFINICIONES	30
Estandarización.....	30
Inventarios	30
Scrap	30
Ergonomía	30
HERRAMIENTAS PARA DESCRIBIR EL PROBLEMA.....	31
Mapa de procesos	31
Diagrama de flujo	32
Matriz análisis de riesgos.....	34
FODA	35
HERRAMIENTAS PARA MEDIR LAS CONSECUENCIAS.....	36
Diagrama de Causa y efecto	36
Pareto.....	37

	12
Recolección de datos	39
Históricos.....	39
HERRAMIENTAS PARA ANALIZAR LAS CAUSAS.....	39
5 ¿por qué?.....	39
Histograma.....	40
Diagrama de dispersión	41
Gráficos	42
HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO O PROPUESTA.....	43
5s.....	43
Estructura Desglose de Recursos (RBS).....	44
Diagrama de Gantt.....	44
HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE LA PROPUESTA	46
Trabajo estandarizado.....	46
Indicadores.....	46
Listas de chequeo.....	47
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	48
ENFOQUE.....	48
ALCANCE.....	49
Alcance exploratorio.....	49
Alcance descriptivo	49
Alcance correlacional	49
Alcance explicativo	50
DISEÑO	50
VARIABLES.....	51
MUESTRA	52
INSTRUMENTOS	53
RECOLECCIÓN DE DATOS.....	54
MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	55
CRONOGRAMA	57
EDT	57
Diagrama de Gantt.....	58
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN.....	59
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	59
Diagrama de Flujo del proceso de carga de la llanta	67
Matriz de Análisis de Riesgos	69
Proceso actual de alineamiento.....	76
Análisis FODA	80
MEDICIÓN DE LAS CONSECUENCIAS	82

Diagrama de Causa y Efecto.....	82
Diagrama de Pareto	86
ANÁLISIS DE LAS CAUSAS	89
Análisis de 5 por qué	89
Histograma.....	91
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES.....	98
CAPÍTULO VI PROPUESTA	100
PROPUESTA	100
Proceso de carga y descarga de servidores	108
Matriz de Análisis de Riesgos	110
Propuesta de diseño de bases.....	116
Análisis de Scrap en el 2022.....	122
ANÁLISIS ECONÓMICO	125
Capacitación al personal de mantenimiento	127
Mano de obra en taller por día.....	127
Mano de obra en taller al mes.....	128
Materiales requeridos por prensa.....	128
Materiales requeridos por el total de prensas por aplicar diseño.....	129
Personal de mantenimiento a realizar trabajos	130
Costos totales por implementar en 4 meses	130
Beneficios de la propuesta	132
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	132
APÉNDICES	141
REFERENCIAS	153

TABLAS

Tabla 1. Variables	51
Tabla 2. Muestra.....	53
Tabla 3. Instrumentos	54
Tabla 4. Recolección de datos.....	55
Tabla 5. Métodos de análisis	56
Tabla 6. Tipos de procesos de la empresa Bridgestone.....	60
Tabla 7. Situación de las bases resumen	65
Tabla 8. Puntuación del elemento tiempo	72
Tabla 9. Puntuación de la carga de trabajo.....	73
Tabla 10. Postura con la posición de la carga	73
Tabla 11. Condiciones de trabajo.....	74
Tabla 12. Evaluación total del análisis.....	75
Tabla 13. Evaluación aproximada del riesgo	75
Tabla 14. Herramientas necesarias para alineamiento de base	80
Tabla 15. Cantidad de registros de scrap en el área de vulcanización en el 2021.....	83
Tabla 16. Principales registros de scrap en el área de vulcanización 2021.....	85
Tabla 17. Datos y valores para realizar diagrama de Pareto	86
Tabla 18. Reportes de scrap en el área de vulcanización en el año 2021.....	91
Tabla 19. Reportes de scrap y el peso registrado	93
Tabla 20. Medidas del estándar de los servidores.....	101
Tabla 21. Puntuación del elemento tiempo	113
Tabla 22. Puntuación de la carga de trabajo.....	113
Tabla 23. Postura con la posición de la carga	114
Tabla 24. Condiciones de trabajo.....	115
Tabla 25. Evaluación total del análisis.....	115
Tabla 26. Evaluación aproximada del riesgo	116
Tabla 27. Reportes de scrap del primer cuatrimestre 2022.....	122
Tabla 28. Comparación de scrap 2021-2022 en el primer cuatrimestre.....	123
Tabla 29. Costo pérdida en cuatro meses del 2021	125
Tabla 30. Costo pérdida en cuatro meses del 2022.....	126

Tabla 31. Rubros de las cargas sociales	126
Tabla 32. Costos de capacitación al personal de mantenimiento	127
Tabla 33. Costo de mano de obra de empresa contratista (diario)	127
Tabla 34. Costo de mano de obra de empresa contratista (mensual)	128
Tabla 35. Costo de materiales por prensa vulcanizadora	128
Tabla 36. Costo de materiales requeridos por el total de 32 prensas	129
Tabla 37. Costo del personal de mantenimiento a realizar trabajos (diario).....	130
Tabla 38. Costos totales por 4 meses	130
Tabla 39. Flujo de caja (datos para el VAN y el TIR)	131
Tabla 40. Resultados del VAN y TIR	131
Tabla 41. Indicadores propuestos para el control del estándar y diseño de bases.....	139
Tabla 42. Apéndice I inventario de servidores de llanta verde	141

FIGURAS

Figura 1. Método de mapeo.....	29
Figura 2. Simbología del diagrama de flujo.....	33
Figura 3. Matriz de análisis de riesgos.....	35
Figura 4. Matriz FODA.....	35
Figura 5. Diagrama de causa-efecto.....	37
Figura 6. Pareto.....	38
Figura 7. 5 ¿por qué?.....	40
Figura 8. Histograma.....	40
Figura 9. Diagrama de dispersión.....	42
Figura 10. 5s.....	43
Figura 11. Estructura de Desglose de Recursos (RBS).....	44
Figura 12. Diagrama de Gantt.....	45
Figura 13. Estructura Desglosada de Trabajo.....	57
Figura 14. Diagrama de Gantt.....	58
Figura 15. Mapa de procesos de Bridgestone.....	61
Figura 16. Rieles guía de las armadoras.....	62
Figura 17. Bases de las prensas.....	63
Figura 18. Situación actual de la base de las prensas vulcanizadoras.....	64
Figura 19. Anclaje de las bases de las prensas vulcanizadoras.....	64
Figura 20. Problemas presentados en servidores.....	66
Figura 21. Proceso de carga de servidores con llantas.....	68
Figura 22. Matriz de Análisis de Riesgos.....	69
Figura 23. Análisis ergonómico de las actividades del operario.....	70
Figura 24. Diseño actual de las bases.....	76
Figura 25. Proceso actual de alineamiento de bases respecto al servidor y brazo de la prensa.....	77
Figura 26. Colocación del cable con plomo en el centro del brazo.....	78
Figura 27. Alineamiento del plomo respecto al centro del servidor.....	79
Figura 28. Modificaciones en la base de la prensa.....	79
Figura 29. Análisis FODA de las bases y servidores de cuatro niveles.....	81
Figura 30. Diagrama de Ishikawa de la no estandarización de los servidores.....	82

Figura 31. Análisis de 5 ¿por qué?	90
Figura 32. Medidas del estándar de servidores de llanta verde.....	101
Figura 33. Ayuda visual del estándar de servidores para usar en taller	103
Figura 34. Calcomanía con código de identificación de servidores.....	105
Figura 35. Posición de las llantas de los servidores estandarizados.....	106
Figura 36. Marcaje lateral de los servidores estandarizados	106
Figura 37. Servidor estandarizado e identificado.....	107
Figura 38. Resumen del estado de los servidores estandarizados	108
Figura 39. Diagrama de flujo proceso de carga de servidores con llantas propuesto	109
Figura 40. Análisis de riesgos con aplicación de propuesta.....	110
Figura 41. Análisis ergonómico de las actividades del operario con propuesta implementada...	111
Figura 42. Diseño actual de las bases.....	117
Figura 43. Propuesta de biselado de la base.....	118
Figura 44. Diseño de propuesta de diseño de la base.....	118
Figura 45. Diseño aplicado a las bases.....	119
Figura 46. Anclaje de guía del centro	120
Figura 47. Base pintada y marcada	120
Figura 48. Resumen de aplicación de nuevo diseño de bases	121
Figura 49. Diagrama de proceso de propuesta de diseño de las bases	133
Figura 50. Diagrama de Desglose de Recursos.....	136
Figura 51. Ayuda visual del procedimiento del nuevo diseño de las bases	137
Figura 52. Diagrama de Gantt de plan de implementación.....	138
Figura 53. Lista de chequeo de modificación de bases de las prensas de vulcanización	139

GLOSARIO

BATO LA: Bridgestone Latin America Tire Division.

Bladder: El bladder es una cámara elástica expansible que complementa al molde y que se utiliza en los departamentos de vulcanización para dar forma por dentro a las cubiertas.

BS-LAN: Bridgestone Latinoamérica Norte.

BSAM: Bridgestone Americas Inc.

BSCR: Bridgestone de Costa Rica.

Checklist: lista de chequeo.

FIFO: First In First Out, o sus siglas en español Primera en Entrar Primeras en Salir (PEPS).

Llanta verde: llanta que no ha pasado por el proceso de cocción.

Paletas: dispositivo instalado en los servidores para sujetar las llantas.

Roda cargas: vehículo que transporta carretas o servidores.

Scrap: Llantas que no cumplen con las especificaciones de curado.

SDCA: Ciclo SDCA (Estandarizar, Hacer, Chequear, Actuar).

Shapping: pulso de preformado de la llanta para mantenerla en una posición fija, lo cual facilita la adherencia al molde en el proceso de cierre de la prensa.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

Tooling: accesorios o herramientas intercambiables en la máquina para permitir la capacidad de producir diferentes tipos de medidas.

VAN: Valor Actual Neto.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La empresa Bridgestone es el líder productor de neumáticos y caucho en el mundo, la misma se enfoca en atender constantemente la demanda mundial de sus productos y en mantener los estándares de calidad en su fabricación. Por esto, sus estándares están orientados en la producción de alta calidad con la menor cantidad de desperdicios en su proceso productivo.

Debido a lo anterior, la empresa requiere definir, analizar y disminuir las causas del scrap en el proceso de producción de la llanta. Actualmente, Bridgestone presenta resultados de scrap que provienen de diferentes departamentos, sin embargo el área a trabajar son armado y vulcanización; por lo tanto este proyecto se ejecuta bajo la línea de investigación en el diseño, desarrollo y mejoramiento de sistemas productivos, ya que la producción de las llantas se ve afectada por el scrap causado por el diseño de los servidores de llanta verde.

Del mismo modo, surge la necesidad de crear un estándar definitivo de los servidores de llanta verde, que permitan ser trasladados y utilizados en cada una de las máquinas armadoras y prensas vulcanizadoras. Por eso, es necesario que todos los carros (servidores de llanta verde) presenten las mismas medidas, con las mismas características y con un método estandarizado, para que el personal de mantenimiento pueda realizarle ajustes sin presentar modificaciones que vayan a afectar el ingreso de cada servidor en las máquinas.

La estandarización de los servidores tiene como beneficios la disminución de scrap, la reducción de costos y con esto la disminución del riesgo en la seguridad humana, ya que los operarios realizan manipulaciones en la llanta para que el servidor pueda colocarse en la posición correcta y así el brazo que toma la llanta no tenga problemas para sujetarla.

Este trabajo está compuesto por seis capítulos, que conforman el cuerpo de la investigación, a continuación se muestran los siguientes:

- Capítulo I: Se expone el planteamiento del problema a analizar, se detallan las generalidades de la empresa, se definen el objetivo general y los objetivos específicos de la investigación. Del mismo modo, se establecen las proyecciones para definir lo que se espera del proyecto.

- Capítulo II: Lo compone el marco teórico, en el cual se mencionan todos los conceptos y metodologías que tienen relevancia con el tema, tomados desde las diferentes perspectivas de los autores.
- Capítulo III: En este se detalla el marco metodológico que indica el método utilizado para la recopilación de información, así como el análisis causa y efecto de la problemática. Del mismo modo, se detallan las etapas del proceso analizado para el cumplimiento de los objetivos y describe las metodológicas empleadas para la obtención de los resultados.
- Capítulo IV: En este se describe la situación actual de la empresa, donde se tomarán en cuenta los aspectos involucrados en el proceso para identificar los aspectos críticos de la empresa en los que se trabajará.
- Capítulo V: En este se detallan las conclusiones obtenidas una vez analizado el problema, y se brindan las recomendaciones a la empresa para la mejora de su proceso.
- Capítulo VI: Se desarrolla y se explica la propuesta que contribuyen al cumplimiento de los objetivos.

Generalidades de la Empresa

Bridgestone de Costa Rica (BSCR) es una filial que forma parte de la unidad de negocios Bridgestone Latinoamérica Norte, BS-LAN, a su vez subsidiaria de Bridgestone Latin America Tire Division, (BATO LA) y Bridgestone Americas, Inc., (BSAM) con sede en Nashville, Tennessee. BSCR se estableció y construyó su primer neumático en 1967 en la Ribera de Belén, en la provincia de Heredia. La compañía emplea a más de 1000 colaboradores y manufactura llantas de pasajeros, neumáticos radiales de camiones ligeros; camiones y autobuses. BSCR tiene bajo su responsabilidad las ventas para América Central y las islas del Caribe y también apoya las operaciones de ventas en Norteamérica y Sudamérica. (Bridgestone, 2016)

Bridgestone Costa Rica inició operaciones en 1967 en la provincia de Heredia, bajo el nombre de Firestone de Costa Rica. Al principio laboraban en esta empresa 200 asociados que producían 425 llantas cada día. En 2009, la empresa cambió su razón social a Bridgestone de Costa Rica (BSCR), y con ello inició una rápida escalada de crecimiento y productividad hasta llegar a la operación actual. Bajo la visión de servir a la sociedad con calidad superior, Bridgestone se ha destacado en Costa Rica por la amplia gama de modelos y categorías de llantas que ofrece al mercado de Centroamérica y el Caribe. (Bridgestone, 2016)

Misión

“Servir a la sociedad con calidad superior”. (Bridgestone, 2016)

Visión

“Como entendemos que "Servir a la Sociedad con Calidad Superior" es nuestro legado y nuestra misión, y como aceptamos la responsabilidad que tenemos con las generaciones futuras por ser líder global en nuestras industrias, Bridgestone y sus colaboradores en todo el mundo utilizan la innovación y la tecnología para mejorar la forma en que nos movemos, vivimos, trabajamos y jugamos.” (Bridgestone, 2016)

Valores

La esencia Bridgestone, la filosofía corporativa, los guía para construir no solo mejores productos, sino también mejores comunidades, esto por medio de los fundamentos, que se refiere a los principios y valores que todos los asociados aportan a su trabajo.

- Integridad y trabajo en equipo (Seijitsu-Kyocho): creemos en la adhesión a los principios morales y éticos en todas nuestras acciones. Este énfasis en la integridad fomenta una cultura empresarial que respeta la diversidad de habilidades, conocimientos y experiencias en la vida.
- Creatividad pionera (Shinshu-Dokuso): nunca nos conformamos con mantenernos igual "Status Quo". Constantemente nos retamos para desarrollar innovaciones que respondan a las necesidades del cliente y que beneficien aun más a la sociedad.
- Toma de decisiones informadas (Genbutsu-Genba): creemos en invertir el tiempo y esfuerzo necesarios para verificar los hechos. Utilizamos estas observaciones para tomar decisiones informadas que nos llevan a los mejores resultados posibles.
- Planificación cuidadosa y acciones decisivas (Jukuryo-Danko): nuestro compromiso con la excelencia nos lleva a considerar todas las opciones y posibilidades, antes de tomar un curso de acción. Posteriormente, avanzamos sin dudar. (Bridgestone, 2016)

Competencias que posee la empresa

En los últimos años, el anhelo de construir negocios sostenibles ha ganado espacio en la economía y se ha convertido en una alternativa de crecimiento y desarrollo en donde se busca que las empresas minimicen sus impactos negativos y potencien los positivos. Tal es el caso de

Bridgestone, empresa que unifica todos sus esfuerzos para alcanzar la meta de ser sostenible en el tiempo y cumplir con las expectativas de sus grupos de interés.

El enfoque de negocio sostenible lo constituye la actividad económica en la que se ofertan bienes y servicios desarrollados bajo una filosofía de responsabilidad social empresarial, incorporando buenas prácticas ambientales, sociales y económicas, con enfoque de ciclo de vida de producto y contribuyendo a la conservación del ambiente como capital natural que soporta el desarrollo.

Para fomentar un modelo de negocio sostenible, Bridgestone ha establecido su compromiso global de Responsabilidad Social Nuestra Manera de Servir, el cual implica que su gestión estratégica se basa en criterios de sostenibilidad, esto desde el desarrollo de productos, la elección de materias primas y el proceso productivo, hasta la responsabilidad por un uso seguro del producto y la correcta disposición de las llantas de desecho.

Otras acciones que se destacan es la fabricación de llantas más amigables con el ambiente como su línea Ecopia, la implementación de normas de calidad que garantizan la seguridad de los neumáticos y la incorporación de la mejora continua para optimizar sus procesos de producción y reducción de costos.

La eficiencia de los recursos es primordial para la empresa, por lo que ha desarrollado diferentes estrategias ambientales que le han permitido disminuir el uso de agua en su proceso productivo y alcanzar el 95% de índice de reciclaje de los residuos de su planta. La implementación de energías limpias, además de la inversión en programas para el tratamiento y eliminación de residuos, son también parte de los esfuerzos de la compañía.

En el área de comercialización de productos, Bridgestone se rige por políticas de competencia justa, y además desarrolla diversos programas que buscan educar al consumidor acerca del uso adecuado del producto y su correcta disposición después de que finalice la vida útil.

Las alianzas estratégicas con sus distribuidores, el gobierno local, organizaciones sin fines de lucro, entre otras, también les permiten un mayor alcance a sus programas de voluntariado y responsabilidad social. Iniciativas de recolección de llantas, le han permitido a la empresa recuperar alrededor de 170 toneladas de neumáticos en sus dos últimas ediciones del programa Llantatón, mientras que sus proyectos de seguridad vial dirigidos a niños, jóvenes y adultos han llegado a cientos de personas.

Productos

Bridgestone desarrolla, fabrica y comercializa una gran variedad de diseños de llantas de calidad para diferentes medios de transporte, bajo los nombres de Bridgestone, Firestone y otras marcas asociadas que brindan seguridad y eficiencia de combustible a un precio muy competitivo.

- Automóvil: con las marcas Bridgestone y Firestone se fabrican llantas para consumo masivo en vehículos livianos. En este segmento también se producen neumáticos (Potenza, Turanza, Ecopia, Dueler) de equipo original para las marcas Toyota, Chrysler y Volkswagen.
- Camión: las marcas Bridgestone y Firestone manufacturan llantas para consumo de camiones y vehículos pesados, que son más gruesas y de mayor tamaño. Mercado Desde Costa Rica, Bridgestone atiende un total de 21 países en donde comercializa sus productos por medio de la figura de distribuidores (clientes directos de la empresa). Ellos trabajan con consumidores finales, flotas corporativas y gubernamentales. BRIDGESTONE COSTA RICA G4-4 G4-6, G4-8, G4-24, G4-25, G4-26, G4-27
- Agrícola: Bridgestone Costa Rica desarrolla llantas para vehículos utilizados por el sector agrícola, como tractores y otro tipo de maquinaria que circula fuera de la carretera.
- Reencauche: Bridgestone participa en la industria del renovado de neumáticos para camión de alto kilometraje, brindando tecnología, asesoría y soporte al mercado del transporte de carga y pasaje, por medio de su marca Bandag. El sistema de renovado de neumáticos aumenta su vida útil, por lo que juega un papel fundamental en el medio ambiente, ya que evita que cientos de llantas sean arrojadas a los ríos o basureros. Asimismo, representa un apoyo económico para los consumidores porque reduce los costos de manera importante. Además, en 2016 se introdujeron tres nuevos productos: F600, CV5000 y Fuzion.

Planteamiento del Problema

El área de armado y vulcanización de Bridgestone tienen diferentes tipos de máquinas, armadoras y prensas vulcanizadoras respectivamente. Estas máquinas están diseñadas de tal forma que, el método de carga o descarga de llantas es por medio del ingreso de servidores (de 4 niveles) guiados por un riel o la colocación de estos carritos frente a la máquina en unas bases metálicas que les brinda soporte, estabilidad y fijación.

Los servidores de llanta verde son los encargados de transportar desde al área de armado hasta vulcanización o área de FIFO las llantas que no han sido vulcanizadas (proceso donde se cocina la llanta), por lo que estos llevan llantas de diferente tamaño, de tal manera que su diseño debe adaptarse a los distintos diámetros.

Las armadoras (llamadas módulos) y las prensas, tienen la característica de que las llantas son cargadas o descargadas por medio de un brazo. Este brazo tiene un movimiento vertical, de tal forma que, toma la llanta de cada uno de los niveles del servidor y la coloca en el molde de la prensa, o toma la llanta de la armadora y la coloca en el carrito.

Actualmente se ha presentado que los servidores se encuentran: desajustados, con diferentes medidas, con paletas quebradas, con problemas en las llantas o con inclinación. Esto se debe a que las bases metálicas donde se colocan los carritos se van desajustando con el paso del tiempo, y esto irá causando que el brazo que toma las llantas baje y choque con los bordes de esta, que tome mal la llanta y la coloque en diferente posición sobre el molde de la prensa o que no tome del todo la llanta.

Dado lo anterior, tanto personal de mantenimiento como operarios han encontrado como “solución temporal” modificar cada servidor. Estos mueven los postes de los carritos, ya sea expandiéndolos o haciendo más pequeña la distancia entre estos, causando que los servidores no funcionen en todas las máquinas, ya que su forma, al verse alterada no servirá para colocarse en alguna otra prensa. Del mismo modo, los operarios han incurrido en tener que cambiar la posición de las llantas para que el brazo pueda tomarla de la forma correcta; provocando un trabajo adicional, lo que puede causar alguna lesión a largo plazo o afectaciones musculares.

Dadas las observaciones presentadas anteriormente; tanto las modificaciones que se realizan de los servidores y los esfuerzos realizados por el personal son problemas que van siendo partícipes del problema mayor que es: la generación de scrap y aumento de costos. El aumento del scrap se ve reflejado en los problemas mencionados anteriormente, debido a que, una de las razones por las que ha incrementado es por cargarse mal la llanta en los moldes de las prensas. Todo esto a raíz de la no estandarización de los servidores.

Lo descrito anteriormente es la razón por la que surge la idea de estandarizar los servidores de llanta verde. Por lo tanto, ¿cómo deberá ser el diseño del proceso de estandarización para lograr la disminución de scrap, reducción de costos y mitigar el riesgo en la seguridad humana?

Objetivos

A continuación, se describe el objetivo general del proyecto y los objetivos específicos, los cuales serán la estrategia como guía para desarrollar la investigación.

Objetivo general

Diseñar el proceso de estandarización de los servidores de llanta verde en el área de armado y vulcanización de Bridgestone; para la disminución de scrap y riesgo en la seguridad humana.

Objetivos específicos

1. Definir el estado actual de los servidores de llanta verde utilizados en el área de armado y vulcanización.
2. Establecer las medidas óptimas de los servidores de llanta verde para el cumplimiento de requisitos.
3. Determinar la cantidad de servidores que no cumplen con las medidas requeridas según los requisitos.
4. Diseñar el proceso de estandarización de los servidores de llanta verde de acuerdo con los parámetros establecidos.
5. Establecer indicadores que permitan el cumplimiento del estándar propuesto; respecto a niveles de scrap generados, costos por scrap y riesgo en la seguridad humana.

Justificación

Estandarizar los equipos que se utilizan en una empresa son una característica importante, más si estos se encuentran en contacto directo con el producto. Por esta razón, Bridgestone requiere que todos los carros utilizados para transportar las llantas verdes se encuentren con las mismas medidas, mismas características e indicaciones para poder identificarse en caso de realizarse desajustes.

Dado lo anterior, diseñar el proceso de estandarización y por ende lograr estandarizar los servidores de llanta verde, traerá consigo la disminución del scrap causado por las modificaciones (no supervisadas) de los carros, además de la reducción de costo por re-trabajos, así como la identificación y control de cada uno de estos que se encuentran en la empresa. El estándar no solo busca lograr la reducción de scrap, sino el aumento de la productividad del operario y del proceso de ajuste de carritos.

Antecedentes

El presente estudio tiene como propósito contribuir en el proceso de elaboración para el proyecto que abarca la investigación actual, mediante el aporte de artículos científicos y tesis de autores que ayudarán al conocimiento en estandarización, ergonomía y productividad.

Escalante, M., Núñez, M., y Izquierdo, H. (2018) en su artículo titulado Evaluación ergonómica en la producción. Caso de estudio: Sector Aluminio, publicado en la revista Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, se evalúan las condiciones ergonómicas de la producción de aluminio, así como la detección de los riesgos que se presentan en el proceso. Desarrollaron este artículo con un enfoque descriptivo y de campo, en el que consideran métodos como; REBA (Rapid Entire Body Assessment) y el método OWAS (Ovako Working Posture Analysis System). Se concluye que la evaluación ergonómica contribuye hacia la adecuación de los puestos de trabajo y la calidad de vida del trabajador.

Fontalvo, T., De La Hoz, E., y Morelos, J. (2018) en su artículo La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional, publicado en la revista Dimensión Empresarial, en este se analiza el significado y los componentes de la productividad, identificado cuáles son los factores externos e internos que determinan los niveles de productividad en las organizaciones y la relación importante de la empresa con aspectos como son los costos y la gestión de calidad. En este concluyen que la productividad es importante como indicador acerca de los recursos que se están consumiendo para alcanzar los objetivos empresariales.

Gutiérrez, M., Chacón, M., Rico, M., y Castañeda, M. (2018) en su artículo Estandarización de procesos, para la reducción de SCRAP en una empresa dedicada a la fabricación de tornillos para el sector automotriz, publicado en la Revista de Operaciones Tecnológicas, proponen la reducción del scrap mediante técnicas exploratorias y descriptivas, así como la estandarización de procesos mediante la aplicación de herramientas de calidad. En este emplearon actividades de checklist por medio de parámetros establecidos. Se concluye que hubo una baja del scrap gracias a estandarización de manuales de operación e instructivos de trabajo.

Bonilla, S. (2018) en su artículo de tesis titulada Análisis de manejo de materiales sobrantes en el área de armado de la empresa Bridgestone Costa Rica, planta manufactura durante el segundo semestre de 2017 y propuesta de implementación durante el 2018, para optar por el grado de licenciatura en ingeniería en procesos y calidad en la Universidad Técnica Nacional, realiza el

análisis de materiales sobrantes en el área de armado, así como su propuesta para el manejo de estos. Se concluye que las dos terceras partes de la población indican que el consumo de sobrantes es alto o muy alto, por lo que necesita controlar y mejorar la gestión de estos.

Astúa, Y. (2018) en su artículo de tesis titulada Reducción del tiempo en el cambio de molde segmentado mediante el método DMAIC y la herramienta SMED en la empresa Bridgestone Costa Rica, en el periodo de enero hasta agosto del 2018, para optar por la licenciatura en ingeniería industrial en la Universidad Latina de Costa Rica, en esta utiliza la metodología DMAIC y SMED para la disminución de tiempos por cambio de molde de una máquina. En este concluye que los tiempos lograron disminuirse en un 60%, por lo que superan la propuesta de un 40% propuesto.

Moyolema, P. (2018) en su artículo de tesis titulada Estandarización de los procesos productivos en la empresa Lincoln, para optar por el título de ingeniería industrial en la Universidad Nacional de Chimborazo, en este propone la estandarización de los procesos productivos por medio de técnicas de ingeniería de métodos, mediante diagramas en cada línea. En este se concluye que la estandarización permitió la reducción de tiempos, así como la aplicación de la metodología SLP para la determinación de las áreas y el espacio factible. Del mismo modo, la confección de un manual de procedimientos e instructivos de trabajo.

Fazinga, W., Saffaro, F., Isatto, E., y Lantelme, E. (2019) en su artículo titulado Implementación del trabajo estandarizado en la industria de la construcción, publicado en la revista ingeniería de construcción, en este se implementa el Standard Work (SW) el cual se enfoca en la reducción de desperdicios en base a tres elementos conceptuales: takt-time, secuencia de trabajo y trabajo en proceso. Se concluye que la participación del trabajador en la definición del estándar se volvió más relevante, logrando así la estandarización.

Ferreira M., Ramos A., Careniro P. y Gonçalves M. (2019) en su artículo Ergonomic Analysis in Lean Manufacturing and Industry 4.0-A Systematic, publicado en la revista Lean Engineering for Global Development, en el que revisa el conocimiento del impacto de la adopción de LPS (Lean Production Systems) utilizado para aumentar la competitividad mediante la creación de más valor para los clientes con menos recursos en empresas manufactureras desde el punto de vista ergonómico. En este concluyen que la integración de la ergonomía en la implementación Lean tiene un alto potencial de incrementar la productividad y simultáneamente mejorar las condiciones del trabajo.

Caycho, J., Mendoza, C. (2019) en su artículo de tesis titulada Estandarización de procesos para mejorar la productividad en una línea de ensamble de una empresa fabricante de baterías automotrices, para optar por la licenciatura en ingeniería industrial en la Universidad Ricardo Palma, en esta se desarrolla la estandarización de procesos para mejorar la productividad en la línea de ensamble por medio del ciclo de estandarización o ciclo SDCA. En este concluye que la productividad logró aumentarse, alcanzando reducir el tiempo estándar de ensamble de 53,52 segundos en un 44,45 segundos.

Realyvásquez, A. (2020) en su artículo de tesis titulada Metodologías de estandarización del trabajo, diseño antropométrico y 8Ds como estrategia de mejora de procesos de manufactura, para optar por el doctorado en ingeniería industrial en la Universidad de la Rioja, en la que aplica herramientas de ingeniería industrial como la estandarización del trabajo, estudio de tiempos y movimientos, balanceo de líneas. Esto con el fin de aumentar la productividad y optimizar el bienestar de los trabajadores. Este concluye que por medio de la estandarización se requieren menos operadores en la línea de ensamblaje, específicamente en un 20%, por lo que la empresa instaló una línea de ensamblaje más.

Proyecciones

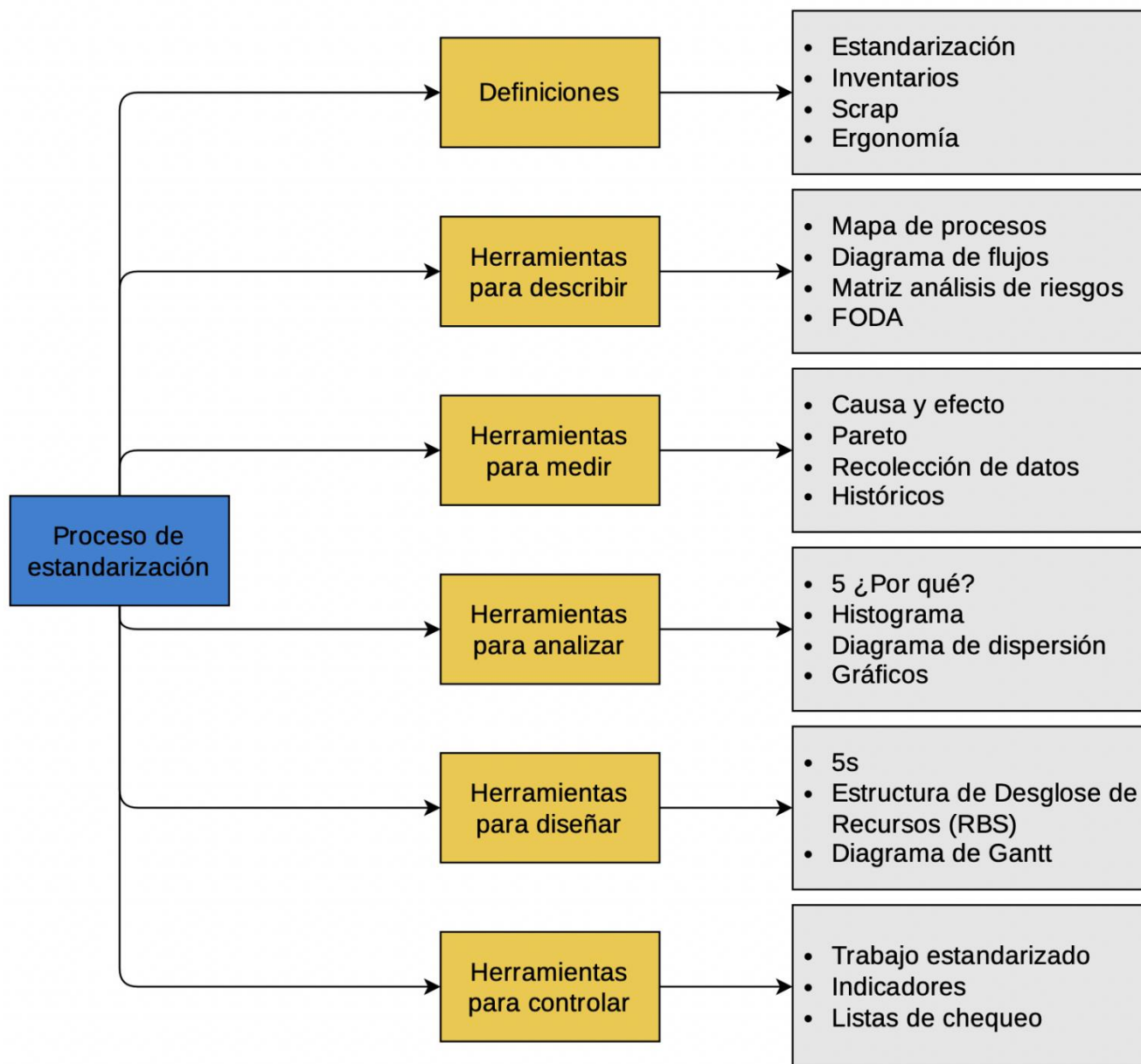
Para este proyecto se establecieron las siguientes proyecciones:

- Realizar un inventario de los servidores de llanta verde que se utilizan en la empresa.
- Determinar un estándar de medidas del servidor.
- Realizar una tabla de priorización de servidores que requieren intervención inmediata, de acuerdo con las medias establecidas.
- Realizar un procedimiento del proceso de reparación y ajuste de servidores.
- Establecer indicadores que permitan comparar los niveles de scrap generados en los años 2021 y 2022.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

A lo largo de este capítulo se explican algunos de los términos involucrados dentro del contexto de estandarización de procesos, así como las herramientas que serán necesarias para la elaboración de la investigación. A continuación, en la Figura 1 se muestra el método de mapeo con el contenido del marco teórico:

Figura 1. Método de mapeo



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Definiciones

Estandarización

Gutiérrez; et al (2018) definen estandarización como:

La manera que tenemos para registrar todo lo concerniente a nuestro trabajo, en los estándares escribimos como se hace un trabajo, como se lleva a cabo un ajuste, o una inspección, en fin, todo aquello que hacemos todos los días. Podemos decir que es la brújula que nos orienta como se hace el trabajo para realizarlo bien todos los días mientras no se nos ocurra una mejor forma de hacerlo. (p.18)

Inventarios

Según Baca (2014) en el libro titulado Introducción a la Ingeniería Industrial, define inventarios de la siguiente manera:

Los inventarios son las reservas (o stock) de materias primas, de productos en proceso o productos terminados y de materiales con que cuenta una empresa para soportar los procesos de producción, las actividades y las demandas de los clientes. Los inventarios se clasifican de acuerdo con su flujo en: materias primas, productos en proceso o semiterminados, productos terminados, distribución y mantenimiento, reparación y operaciones de soporte. (p.62)

Scrap

Gutiérrez ; et al (2018) definen scrap como: “una palabra inglesa que se traduce como chatarra o residuo. En el contexto industrial, Scrap refiere a todos los desechos y/o residuos derivados del proceso industrial”. (p.18)

Ergonomía

Según Baca (2014) en el libro titulado Introducción a la Ingeniería Industrial, define ergonomía de la siguiente manera:

La ergonomía surge del concepto de que la actividad laboral no es el individuo o la máquina solos, o el individuo manipulando la máquina, o bien el individuo en su entorno, sino más bien la investigación mancomunada para encontrar la concordancia entre las posibilidades físicas de la máquina y las propiedades físicas,

psicológicas y fisiológicas del individuo en su entorno laboral, cualquiera que éste sea. La ergonomía se ha formado por la confluencia de una serie de disciplinas, cuyo fin, sin lugar a dudas, es examinar al individuo en el trabajo desde diferentes puntos de vista, como su comportamiento, su resistencia física a cargas de trabajo, las condiciones de su medio ambiente y la adecuación para que él se sienta confortable y seguro en su lugar de trabajo. (p.340)

Del mismo modo, Baca (2014) comenta que la ergonomía consta de dos elementos principales:

- Una parte técnica que se refiere a los aspectos prácticos de optimización de puestos de trabajo, máquinas y herramientas; ésta también es llamada ergonomía aplicada. (p.340)
- Una parte humana, relacionada con la descripción y el conocimiento de las características físicas y fisiológicas del hombre, en términos de medidas, reacciones, necesidades, capacidades y limitaciones. (p.340)

Herramientas para Describir el Problema

A continuación, se describen las herramientas de la ingeniería que se utilizarán para describir el problema de la investigación. Se definirán conceptos y se establecerá el paso a paso para la confección de estas.

Mapa de procesos

Según Mayo (2010) en su publicación, define mapa de procesos de la siguiente manera:

Se entiende por mapa de procesos cualquier descripción gráfica que permite visualizar un proceso entero e identificar sus áreas con las fortalezas y debilidades. El mapa ayuda a reducir la duración y los defectos de un ciclo a la vez que reconoce el valor de las contribuciones individuales. Entonces el mapa de procesos es una representación esquematizada de los procesos que conforman una organización.

Normalmente, en el mapa de procesos figuran los procesos clasificados por su finalidad: estratégicos, clave u operativos y de apoyo o soporte. Cuando un proceso es muy largo o complicado suele simplificarse, bien en varios subprocesos o mejorando su representación y simplificando los pasos o el propio proceso para producir una mejora continua e incremental de los procesos. (p.12)

Gama (2021) en su publicación menciona los pasos para realizar un mapa de procesos:

1. Establecer el punto de partida: Tienes que definir varios aspectos en función de las características de tu empresa y el mercado en el que se mueva.
2. Seleccionar los procesos clave: Son los que responden a la pregunta “¿a qué se dedica tu empresa?”, los que proporcionan un valor al cliente, y en torno al cual se articulará todo lo demás.
3. Identificar los procesos de apoyo: Son los que, en sí mismos, no aportan valor al cliente, pero son imprescindibles para que los procesos clave detectados antes puedan completarse con éxito.
4. Definir los procesos estratégicos: En esta categoría se incluyen los que no tienen la consideración de procesos productivos, pero aun así tu empresa los necesita para poder funcionar.
5. Detallar las tareas que incluye cada proceso: Esto incluye tanto la importancia jerárquica como el orden en que se han de desarrollar.
6. Colocar los procesos en el mapa y establecer relaciones entre ellos: Este paso es la creación del mapa de procesos propiamente dicho, mientras que los anteriores eran etapas previas para saber qué poner en él y en qué lugar debe ir cada uno.

Diagrama de flujo

Según Baca (2013) en su libro titulado Evaluación de proyectos, define el diagrama de flujo de la siguiente manera:



Es un método usado para representar gráficamente los procesos donde se usa una simbología internacionalmente aceptada para representar las operaciones efectuadas. Dicha simbología es la siguiente:

1. Operación: se efectúa un cambio o transformación en algún componente del producto.
2. Transporte: es la acción de movilizar de un sitio a otro algún elemento en determinada operación o hacia algún punto de almacenamiento o demora.
3. Demora: se presenta generalmente cuando existen cuellos de botella en el proceso y hay que esperar turno para efectuar la actividad correspondiente.

4. Almacenamiento: tanto de materia prima, de producto en proceso o de producto terminado.
5. Inspección: es la acción de controlar que se efectúe correctamente una operación, un transporte o verificar la calidad del producto.
6. Operación combinada: ocurre cuando se efectúan simultáneamente dos de las acciones mencionadas. (p.113)

La Figura 2 muestra la simbología utilizada en el diagrama de flujo mencionada anteriormente:

Figura 2. Simbología del diagrama de flujo

Significado	Símbolo
Operación	
Inspección	
Actividad combinada	
Transporte	
Almacenamiento	
Demora	

Nota: Google imágenes, 2022

Para realizar un diagrama de flujo, el autor recomienda que deben tomarse en cuenta los siguientes pasos:

1. Empezar en la parte superior derecha de la hoja y continuar hacia abajo, y a la derecha o en ambas direcciones.

2. Numerar cada una de las acciones en forma ascendente; en caso de que existan acciones agregadas al ramal principal del flujo en el curso de proceso, asignar el siguiente número secuencial a estas acciones en cuanto aparezcan. En caso de que existan maniobras repetitivas se formará un bucle o rizo y se hará una asignación supuesta de los números.
3. Introducir los ramales secundarios al flujo principal por la izquierda de este, siempre que sea posible.
4. Poner el nombre de la actividad a cada acción correspondiente.

Matriz análisis de riesgos

ISOTools Excellence (2015) en su publicación ¿en qué consiste la matriz de riesgos?, define la matriz análisis de riesgos como:

Una matriz de riesgos es una sencilla pero eficaz herramienta para identificar los riesgos más significativos inherentes a las actividades de una empresa, tanto de procesos como de fabricación de productos o puesta en marcha de servicios. Por lo tanto, es un instrumento válido para mejorar el control de riesgos y la seguridad de una organización.

De igual manera, menciona los pasos para la elaboración de una matriz de riesgos:

1. Identificación de riesgos: el primer paso consiste en la identificación de las actividades principales de una organización y de los riesgos inherentes a estas. De una manera general, se puede entender como riesgos la posibilidad de que a una empresa le sea imposible cumplir con alguno de sus objetivos.
2. Evaluar la probabilidad de que se acabe confirmando el riesgo: el siguiente paso consistiría en determinar la probabilidad de que, efectivamente, el riesgo ocurra, así como un cálculo de los efectos potenciales del mismo.
3. Representación de la matriz de riesgos: la verdadera utilidad de la matriz de riesgos radica en que ofrezca la posibilidad de tener una idea general de los riesgos de una empresa.

A continuación en la Figura 3 se muestra la matriz de análisis de riesgos:

Figura 3. Matriz de análisis de riesgos

Matriz de valoración de riesgos		Consecuencias			
		Insignificante	Moderado	Dañino	Extremo
Probabilidad	Muy alta	Medio	Alto	Crítico	Crítico
	Alta	Medio	Alto	Alto	Crítico
	Media	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Baja	Bajo	Bajo	Medio	Medio

Nota: Google imágenes, 2022

FODA

Talancón (2007) en su artículo, define la matriz FODA de la siguiente forma:

Estas siglas provienen del acrónimo en inglés SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats); en español, aluden a Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. El análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que, en su conjunto, diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa, es decir, las oportunidades y amenazas. También es una herramienta que puede considerarse sencilla y que permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada. (p.114)

A continuación en la Figura 4 se muestra la estructura de la matriz FODA:

Figura 4. Matriz FODA

	Positivos	Negativos
Internos (factores de la empresa)	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Externos (factores del ambiente)	OPORTUNIDADES	AMENAZAS

Nota: Google imágenes, 2022

Del mismo modo, el autor define una serie de pasos para elaborar una matriz MAFE que es un derivado de la matriz FODA:

1. Integrar una lista de las oportunidades claves.
2. Integrar una lista de amenazas claves.
3. Integrar una lista de las fuerzas internas.
4. Integrar una lista de las debilidades internas.
5. Adecuar las fuerzas internas a las oportunidades externas registrando las estrategias FO resultantes en la celda adecuada.
6. Adecuar las debilidades internas a las oportunidades externas, registrando las estrategias DO en la celda adecuada.
7. Adecuar las fuerzas internas a las amenazas externas registrando las estrategias FA en la celda adecuada.
8. Adecuar las debilidades internas a las amenazas externas registrando las estrategias DA en la celda correspondiente.

Herramientas para Medir las Consecuencias

A continuación, se describen las herramientas de la ingeniería que se utilizarán para medir las consecuencias de la investigación. Se definirán conceptos y se establecerá el paso a paso para la elaboración de estas.

Diagrama de Causa y efecto

Según Baca (2014) en su libro, define el diagrama de causa y efecto como:

El diagrama de causa y efecto, también conocido como diagrama de Ishikawa, es reconocido como una herramienta práctica, cuyos objetivos esenciales son:

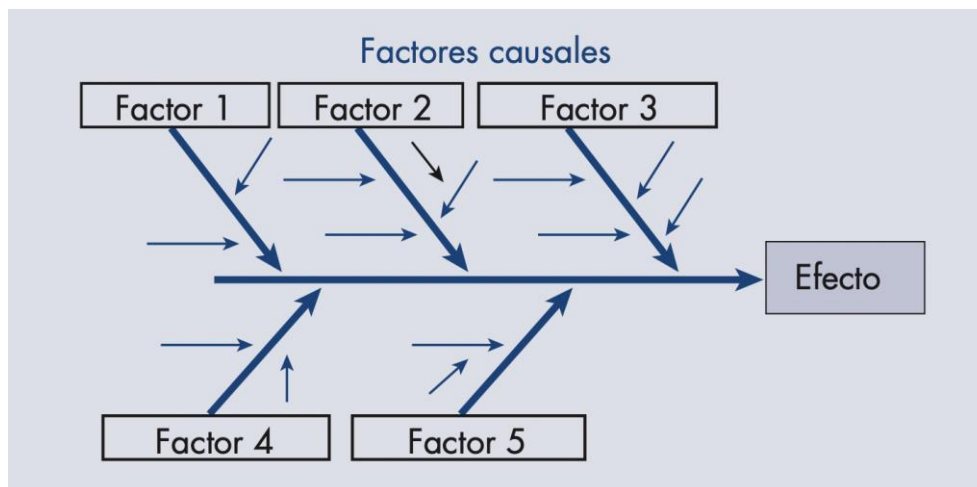
- La detección de soluciones a problemas.
- La detección de causas raíces.
- Las propuestas de mejora en algún proceso.

El diagrama de Ishikawa puede ser utilizado y aplicado en el análisis de cualquier proceso (administrativo, operativo, etc.), pues tiene una estructura genérica. La base para realizar un diagrama de Ishikawa es la estatificación de la información, ya que

esta representará la entrada del diagrama y, con base en ella, se analizarán los posibles factores causales de un efecto determinado. (p.119)

A continuación en la Figura 5 se muestra la estructura del diagrama de causa y efecto:

Figura 5. Diagrama de causa-efecto



Nota: Gabriel Baca, 2014

Existen varios pasos que deben seguirse en la elaboración de un diagrama de Ishikawa:

1. Definir qué problema o efecto se quiere resolver.
2. Conformar un equipo de personas que habrán de solucionar el problema.
3. Estratificar la información de acuerdo con la naturaleza del problema. Esta etapa es la que define cuáles son las causas que originan el problema, así como los componentes de dichas causas.
4. Proponer ideas de solución para cada una de las posibles causas del problema, considerando la estratificación previamente realizada.
5. Proponer soluciones al problema, considerando el análisis hecho en las cuatro etapas anteriores.

Pareto

Baca (2014) define en su libro la herramienta Pareto como:

Es una herramienta que sirve para determinar el orden de importancia de las causas de un efecto determinado; en otras palabras, proporciona información sobre las causas más importantes que provocan un problema. El diagrama de Pareto es una

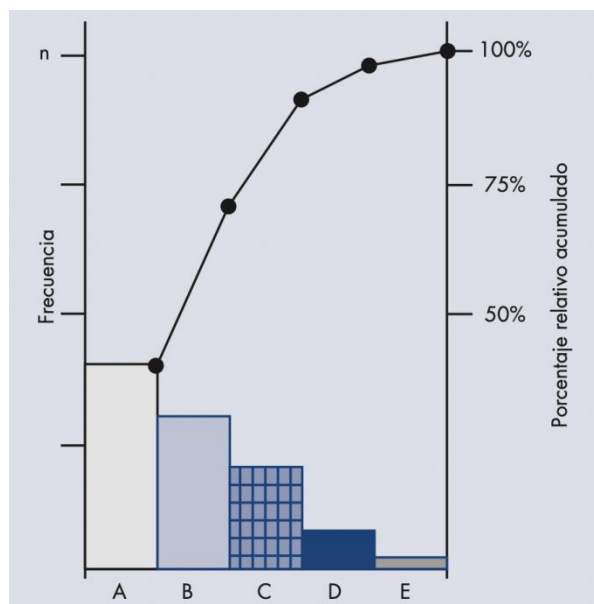
gráfica de barras combinada con una curva de tipo creciente que indica el porcentaje que representan los datos graficados en las barras. (p.124)

Del mismo modo, plantea que para la construcción de un diagrama de Pareto, se siguen estos pasos:

1. Elegir un problema que se quiera resolver y detectar las causas más comunes que provocan dicho problema.
2. Clasificar las causas detectadas de acuerdo con el número de veces que dichas causas ocasionaron el problema (frecuencia).
3. Ordenar las frecuencias de mayor a menor y calcular los porcentajes para cada una. Después, calcular los porcentajes de frecuencias acumuladas.
4. Graficar, en el eje de las x, las causas más comunes, iniciando, de izquierda a derecha, con la de mayor frecuencia. Terminar de graficar las causas y en seguida graficar los porcentajes que cada una de estas representa, según su frecuencia acumulada.
5. Analizar el diagrama para poder resolver las causas de los problemas que se consideren necesarios atacar. (p.124)

En la Figura 6 se muestra un ejemplo de un diagrama de Pareto:

Figura 6. Pareto



Nota: Gabriel Baca, 2014

Recolección de datos

De Paz (2008) en su publicación sobre las técnicas de recolección de datos, definen este como:

La recolección de datos se refiere al proceso de obtención de información empírica que permita la medición de las variables en las unidades de análisis, a fin de obtener los datos necesarios para el estudio del problema o aspecto de la realidad social motivo de investigación. (p.6)

Asimismo, se debe mencionar, cualquiera que sea la técnica seleccionada para la recolección de los datos, el investigador, en todo estudio, siempre recurre a las otras técnicas como medios auxiliares para completar la información empírica necesaria para el análisis del problema motivo la investigación. Por tanto, en toda investigación, se selecciona una técnica principal o predominante y otras técnicas auxiliares o secundarias para el proceso de recolección de los datos. (p.7)

Históricos

ArcGis (2022) define en su publicación el término históricos de la siguiente manera: “los datos históricos son datos estáticos o casi en tiempo real. Podría tratarse de cualquier información, desde registros recopilados en los últimos dos minutos hasta miles de millones de registros y observaciones recopilados durante las últimas décadas”.

Herramientas para Analizar las Causas

A continuación, se describen las herramientas de la ingeniería que se utilizarán para analizar las causas de la investigación. Se definirán conceptos y se establecerá el paso a paso para la elaboración de estas.

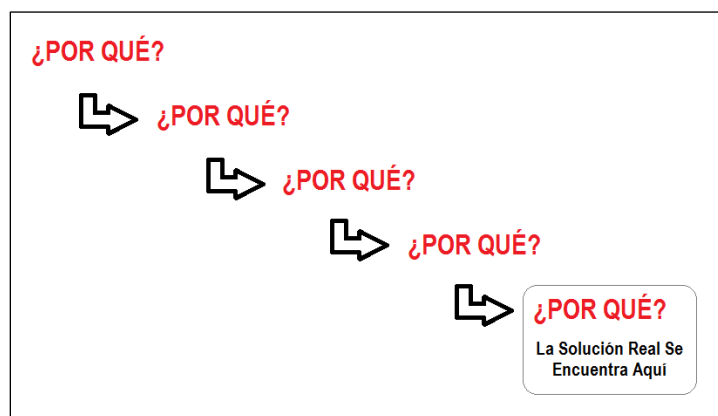
5 ¿por qué?

Ovalles; et al (2017) definen en su artículo la herramienta 5 ¿por qué? de la siguiente forma:

Los 5 porqués típicamente se refieren a la práctica de preguntar 5 veces por qué el fallo ha ocurrido, a fin de obtener la causa o las causas raíz del problema. Ninguna técnica especial o forma es requerida, pero los resultados deben ser capturados en una hoja de trabajo. Los 5 porqués es una excelente técnica para abordar un simple análisis de causa raíz. (p.6)

En la Figura 7 se muestran la metodología de los 5 porqué:

Figura 7. 5 ¿por qué?



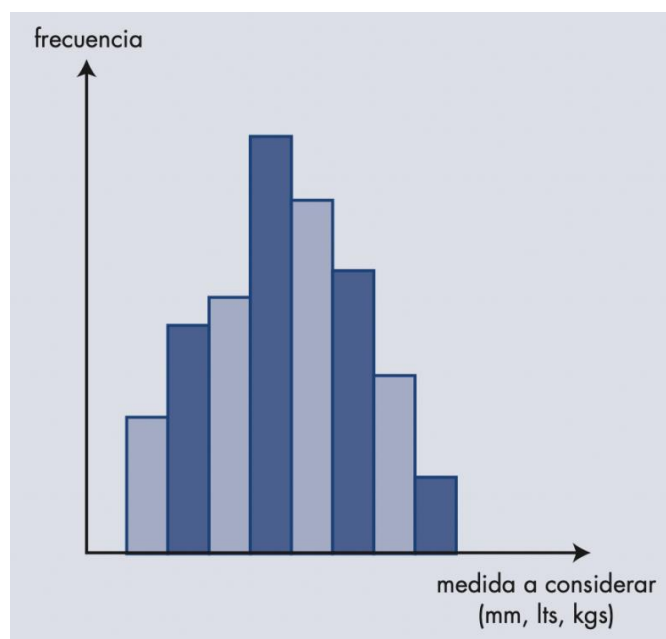
Nota: Google imágenes, 2022

Histograma

Baca (2014) en su libro define la herramienta histograma de la siguiente forma: “la herramienta que ayuda a observar la distribución de un conjunto de datos de un proceso se conoce como histograma, que es una gráfica de barras que indica de qué manera y con qué frecuencias se distribuyen los datos”. (p.121)

En la Figura 8 se muestra la representación gráfica de un histograma:

Figura 8. Histograma



Nota: Gabriel Baca, 2014

Del mismo modo, el autor presenta los pasos para confeccionar un histograma:

1. Recolectar los datos de la muestra que se va a analizar (estos no deben ser menores a 50) y preferentemente colocarlos dentro de una hoja de datos que facilite su lectura y análisis.
2. Seleccionar el valor más pequeño ($X_{\text{mín}}$) y el valor más grande ($X_{\text{máx}}$) de todos los datos.
3. Restar el valor mínimo al valor máximo. El resultado de esta resta se conoce como rango (R).
4. Después de calcular el rango de los datos es conveniente saber en cuántas barras se dividirá el histograma. Para ello se calculan las clases (C) que indican el número de barras que se deben dibujar.
5. Para saber qué datos ubicar en cada una de las clases (C) ya definidas, se calcula la anchura de clases (A).
6. Una vez que se ha definido la anchura de clase (A), se deben establecer los límites para cada una y así poder agrupar los datos dentro de las mismas. El dato inferior de la primera clase es el valor mínimo de los datos ($X_{\text{mín}}$) y el límite superior de la clase se calcula sumando a $X_{\text{mín}}$ el valor de la amplitud de clase (A). Para las clases posteriores, el límite inferior se considerará el superior de la anterior y se sumará a éste la amplitud de clase (A) para calcular el límite superior. Esta operación se realiza una y otra vez hasta considerar el número superior ($X_{\text{máx}}$) dentro de una clase.
7. Cuando ya se tienen las fronteras de cada clase, es recomendable elaborar una hoja de datos que indique la manera en que se distribuirán los datos dentro de las clases ya calculadas.
8. Finalmente, con los datos obtenidos en la hoja de datos, se construye el histograma considerando los cálculos anteriores.

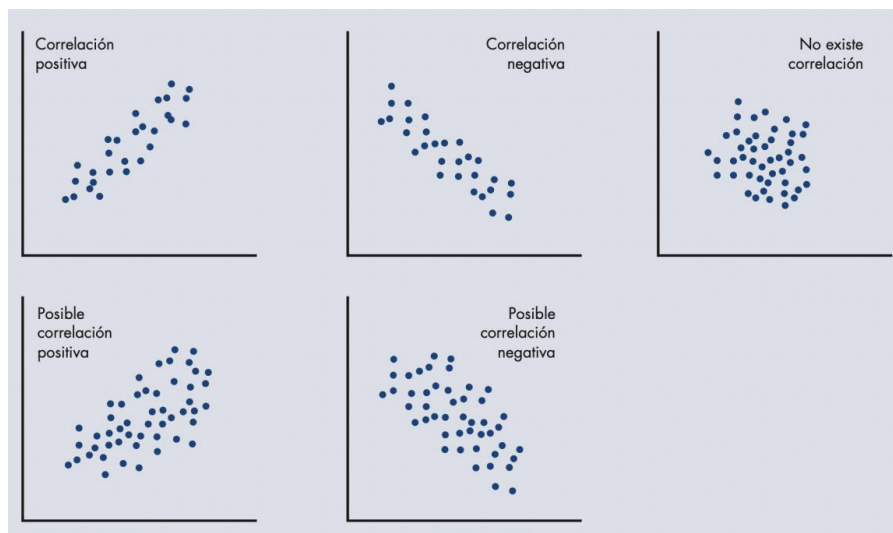
Diagrama de dispersión

Baca (2014) en su libro titulado Introducción a la ingeniería industrial, define el diagrama de dispersión: “estos diagramas sirven para medir el grado de relación que existe entre una pareja de

datos y representan una buena herramienta para saber si existe relación de causa y efecto entre dos variables de calidad”. (p.125)

Los diagramas de dispersión tienen la siguiente forma como se muestra en la Figura 9:

Figura 9. Diagrama de dispersión



Nota: Gabriel Baca, 2014

Gráficos

Según Arteaga; et al (2016) en su artículo mencionan los gráficos estadísticos como:

Los gráficos estadísticos son parte de la cultura estadística necesaria en la sociedad actual. Además, son un instrumento esencial en el análisis estadístico, pues permiten obtener información no visible en los datos, mediante su representación sintetizada. Ello siempre que se elija un gráfico adecuado y no se introduzcan errores en su construcción, pues dichos errores pueden llevar a conclusiones incorrectas en el análisis estadístico posterior. (p.16)

Del mismo modo, los autores mencionan los pasos necesarios para la construcción de gráficos:

1. El título y las etiquetas, que aportan información sobre el contenido contextual del gráfico y las variables representadas.
2. El marco del gráfico, que incluyen los ejes, las escalas y las marcas de referencia en cada eje, y que proporciona información sobre las unidades de medida de las magnitudes representadas.
3. Los especificadores o elementos usados para representar los datos.

Herramientas para el Diseño o Propuesta

A continuación, se describen las herramientas de la ingeniería que se utilizarán para realizar el diseño o propuesta de la investigación. Se definirán conceptos y se establecerá el paso a paso para la elaboración de estas.

5s

Piñero; et al (2018) definen las 5s de la siguiente forma:

Las 5S se derivan de las palabras japonesas Seiri , Seiton, Seiso. Seiketsu y Shitsuke. Masaaki. El nombre de la metodología de las 5S, proviene de los términos japoneses de los cinco elementos básicos del sistema: Seiri (selección), Seiton (sistematización), Seiso (limpieza), Seiketsu (normalización) y Shitsuke (autodisciplina). Seiri (seleccionar). Seleccionar lo necesario y eliminar lo que no lo es. Seiton (orden). (p.102)

El método 5S es una herramienta para mejorar continuamente los procesos de gestión bajo el enfoque de manufactura esbelta, cuya tarea es crear un ambiente de trabajo altamente eficiente, limpio y ergonómico. Las 5S es una metodología que permite organizar el lugar de trabajo, mantenerlo funcional, limpio y con las condiciones estandarizadas y la disciplina necesaria para hacer un buen trabajo. (p.113)

En la Figura 10 se muestra el ciclo del 5s:

Figura 10. 5s



Nota: Google imágenes, 2022

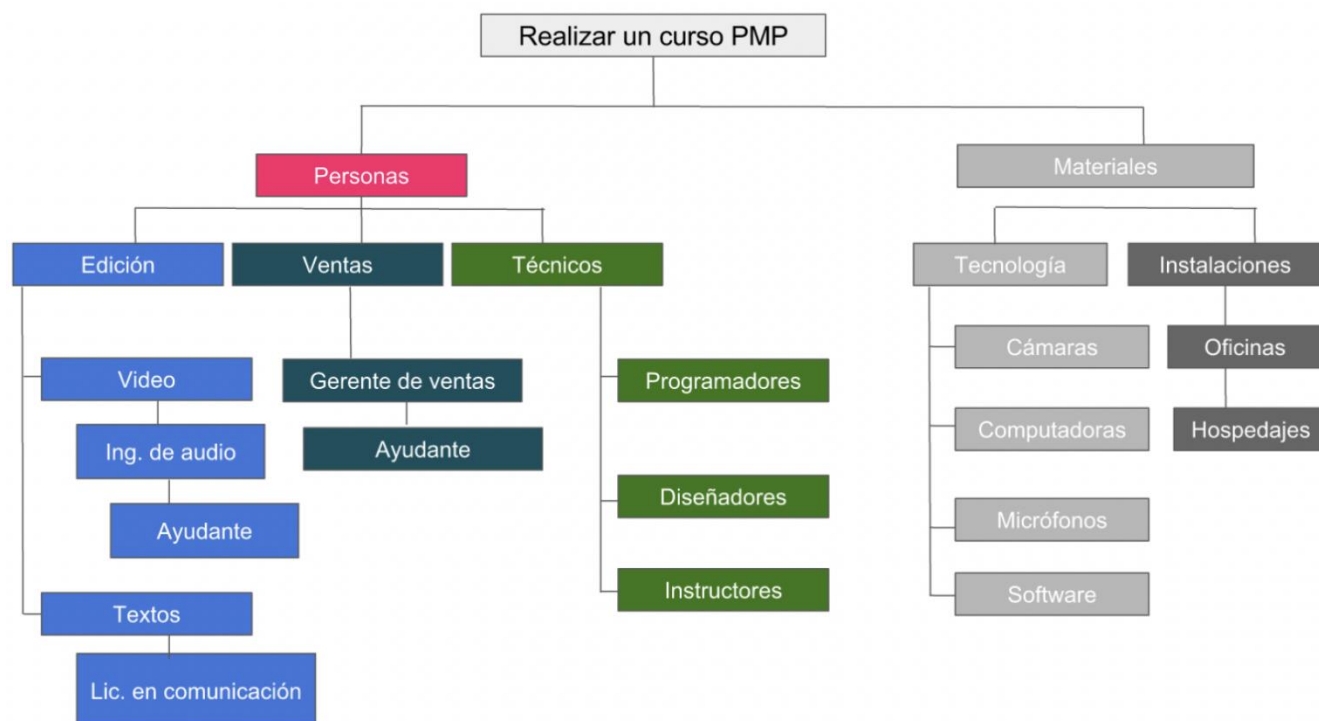
Estructura Desglose de Recursos (RBS)

Hernández (2017) en su publicación define RBS de la siguiente forma:

RBS es una lista jerárquica de los recursos, relacionados por categoría y tipo de recurso, que se utiliza para facilitar la planificación y el control del trabajo del proyecto. La estructura de desglose de recursos es útil para realizar el seguimiento de los costos del proyecto y se puede alinear con el sistema contable de la organización.

En la Figura 11 se muestra un ejemplo de Estructura de Desglose de Recursos:

Figura 11. Estructura de Desglose de Recursos (RBS)



Nota: Google imágenes, 2022

Diagrama de Gantt

Pérez (2022) define en su publicación diagrama de Gantt de la siguiente forma:

El diagrama de Gantt es una herramienta de gestión que sirve para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado. Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y control del

progreso de cada una de las etapas de un proyecto y, además, reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto.

Del mismo modo, el autor detalla una serie de pasos para confeccionar un diagrama de Gantt:

1. Hacer una lista de todas las actividades que puede requerir un proyecto. Puede que, como resultado, obtengamos una lista demasiado larga. Sin embargo, a partir de esto definiremos tiempos para la realización de cada tarea, prioridades y orden de consecución. Además, agruparemos las actividades por partidas específicas para simplificar al máximo la gráfica.
2. El diseño del diagrama de Gantt debe ser lo más esquemático posible. Debe transmitir lo más importante, ya que será consultado con frecuencia.
3. Si se desea, se puede crear y mantener actualizada otra versión más detallada para la persona que ejecuta el proyecto. Gracias al diagrama de Gantt, es posible una monitorización clara del progreso para descubrir con facilidad los puntos críticos, los períodos de inactividad y para calcular los retrasos en la ejecución.
4. Finalmente, cabe decir que, por su sencillez, facilidad de uso y bajo costo se emplea con mucha frecuencia en pequeñas y medianas empresas.

A continuación en la Figura 12 se ejemplifica un diagrama de Gantt:

Figura 12. Diagrama de Gantt



Nota: Google imágenes, 2022

Herramientas para el Control de la Propuesta

A continuación, se describen las herramientas de la ingeniería que se utilizarán para controlar la propuesta de la investigación. En esta se definirán conceptos para la elaboración de estas.

Trabajo estandarizado

Fazinga; et al (2019) comentan en su artículo científico el trabajo estandarizado como:

Un principio ampliamente utilizado en la producción masiva. En este contexto, se han establecido estándares por medio de estudios de tiempo y desplazamiento desarrollados por ingenieros industriales, basados en la idea de que habría una mejor manera de desempeñar el trabajo. La estandarización adquiere un significado diferente, no está enfocado en el proceso o el producto, como en los sistemas de gestión de calidad, sino en las operaciones, es decir, en las actividades que realizan los trabajadores. Por ende, en este contexto, recibe una denominación específica: trabajo estándar (TE). (p.288)

Quesada (2019) en su publicación sobre el trabajo estandarizado comenta los 3 elementos clave para el desarrollo de este:

1. Takt Time: es la velocidad a la cual los clientes demandan sus productos. El propósito del TAKT time es precisamente igualar la producción con la demanda.
2. Secuencia: se refiere al orden en el cual un operador realiza un número de actividades dentro del Takt Time.
3. SWIP (standard work in progress): es el mínimo inventario requerido para alcanzar la demanda del cliente y mantener el proceso trabajando de forma uniforme.

Indicadores

ISOTools Excellence (2022) en su publicación, define los indicadores de la siguiente forma:

Los KPI (Key Performance Indicators) o Indicadores Clave de Desempeño miden el nivel del desempeño de un proceso determinado, enfocándose en el “cómo” e indicando que tan efectivos son los procesos, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado. Los KPIs son métricas financieras o no financieras, utilizadas para

cuantificar objetivos que reflejan el rendimiento de una organización, y que generalmente se recogen en su plan estratégico.

Del mismo modo, ISOTools Excellence (2017) en su publicación establece los siguientes pasos para desarrollar los indicadores:

1. Elegir los indicadores a poner en funcionamiento de acuerdo con las particularidades de cada organización.
2. Establecer la denominación del indicador, es decir, sobre qué se lleva a cabo la medida.
3. Determinar el método a seguir para su cálculo, esto es, la fórmula a utilizar.
4. Definir la forma en que va a ser presentado, definiendo el medio a través del cual se divulgará.
5. Indicar quién será el responsable o responsables de cada uno de los indicadores seleccionados.
6. Establecer los umbrales necesarios para el análisis de los resultados arrojados por los indicadores, es decir, determinar cuáles son sus parámetros.

Listas de chequeo

ISOTools Excellence (2018) define en su publicación sobre los checklists lo siguiente:

Los listados de control, listados de chequeo, checklist u hojas de verificación, siendo formatos generados para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de un listado de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de manera sistemática. Se utilizan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante.

Del mismo modo, el autor menciona aspectos a considerar para realizar las listas de chequeo:

1. ¿Qué tiene que controlarse o chequearse?
2. ¿Cuál es el criterio de conformidad o no conformidad?
3. ¿Cada cuánto se inspecciona?
4. ¿Quién realiza el chequeo y cuáles son los procedimientos aplicables?

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

El siguiente capítulo muestra las diferentes metodologías de investigación, así como el enfoque, lo que significan para el proyecto y la forma en que se utilizan. Así mismo se plantea el alcance que tiene el proyecto y la explicación de la muestra, variables a utilizar, los instrumentos empleados, los procesos de recolección de datos, los métodos de análisis y el cronograma con las fechas y actividades de cada uno. Todo lo anterior para poder desarrollar de una forma orientada los objetivos específicos y así plantear la propuesta.

Enfoque

Hernández, Fernández y Baptista (2017) en su libro titulado Metodología de la investigación exponen que las investigaciones pueden tener tres tipos de enfoques; tanto el enfoque cuantitativo, como el enfoque cualitativo y el mixto. Estos emplean procesos metódicos y empíricos, los cuales pueden utilizarse en diferentes estrategias similares y relacionadas entre sí. Estas estrategias son las siguientes:

- Llevan a cabo la observación y evaluación de fenómenos.
- Estableces suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas.
- Demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento.
- Revisan tales suposiciones o ideas sobre la base de las pruebas o del análisis.
- Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar y fundamentar las suposiciones e ideas o incluso para generar otras.

Dado lo anterior, Hernández; et al (2017) definen el enfoque cuantitativo: “enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (p.4)

De igual manera, Hernández; et al (2017) definen el enfoque cualitativo de la siguiente manera: “enfoque cualitativo utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación”. (p.7)

Así como los anteriores, Hernández; et al (2017) definen el enfoque mixto de la siguiente forma: “enfoque mixto es la combinación del enfoque cuantitativo y el cualitativo”. (p.3)

Para este proyecto se selecciona un enfoque cuantitativo para la recolección de datos que permitan un análisis para la toma de decisiones, ya que a través de este se define el problema, los objetivos por alcanzar y su respectiva recolección de información (datos) para plantear una propuesta que permita tomar decisiones.

Alcance

Hernández; et al (2017) exponen en su libro sobre el alcance que deben de tener las investigaciones, ya que estas dependen para establecer la estrategia a llevar a cabo. Por lo que en estos exponen y definen los diferentes tipos de estudios de alcances (exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo) presentes en las investigaciones de la siguiente manera:

Alcance exploratorio

Se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. (p.91)

Alcance descriptivo

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 estas. (p.92)

Alcance correlacional

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones solo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. (p.93)

Alcance explicativo

Van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (p.95)

Para este proyecto se utiliza el alcance de estudio explicativo, ya que con este se puede responder las causas del problema planteado para así determinar un entendimiento que permita elaborar una propuesta de solución, adecuada a los objetivos planteados mediante una estructura.

Diseño

Hernández; et al (2017) definen en su libro titulado Metodología de la investigación el término diseño como: “un plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento”. (p.128) Las investigaciones con enfoque cuantitativo dispone de dos tipos de diseño, los cuales poseen sus características y este se seleccionará de acuerdo con el planteamiento del problema, alcance de estudio y las hipótesis formuladas. (p.129)

De acuerdo con los autores anteriormente mencionados, estos establecen dos tipos de diseño de la investigación, tanto la experimental como la no experimental, las cuales se definen a continuación:

Diseño experimental como estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. (p.129). Por otro lado, define el diseño experimental como un estudio que se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos. (p.152)

Dado lo anterior, se requiere definir los tipos de diseños no experimentales, para catalogar esta investigación. Según Hernández, et al (2017) definen la investigación transeccional: “recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado”. (p.154). Del mismo modo definen diseño

longitudinal: “recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. Tales puntos o periodos generalmente se especifican de antemano”. (p.159)

Para el desarrollo de este proyecto se selecciona el diseño no experimental transeccional, ya que se recolectan datos en un momento determinado (datos mensuales del año 2021), así como los datos de medidas de los servidores de llanta verde del área de armado y vulcanización de la empresa Bridgestone Costa Rica.

Variables

Hernández, Fernández y Baptista (2017) definen en su libro titulado Metodología de la investigación el término variables como: “una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Las variables adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría”. (p.105)

A continuación, en la tabla 1 se muestran las variables del proyecto de acuerdo con los objetivos específicos planteados, así como sus respectivos criterios de medición y su método o instrumento para la recolección de datos.

Tabla 1. Variables

Objetivos Específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Definir el estado actual de los servidores de llanta verde utilizados en el área de armado y vulcanización.	Servidores de llanta verde	Transportes de la llanta sin vulcanizar. (Bridgestone, 2016)	Cantidad de servidores desajustados por día transcurrido	- Registro de servidores
Establecer las medidas óptimas de los servidores de llanta verde para el cumplimiento de requisitos.	Medidas óptimas	Medidas que se requieren para cumplir un estándar. (Bridgestone, 2016)	Cantidad de servidores ajustados / Total de servidores	- Requerimientos de calidad
Determinar la cantidad de servidores que no cumplen con las medidas requeridas según los requisitos.	Servidores no estandarizados	Transportes de la llanta que no cumplen un estándar. (Bridgestone, 2016)	Cantidad de servidores desajustados / Total de servidores	- Hojas de recolección de datos

Diseñar el proceso de estandarización de los servidores de llanta verde de acuerdo con los parámetros establecidos.	Proceso de estandarización	Proceso en el que se registra la forma de hacer un trabajo. (Gutiérrez, Chacón, Rico y Castañeda, 2018)	Cantidad de servidores que cumplen estándar / Total de servidores	- Ayuda visual - Estándar de trabajo - Procedimientos
Establecer indicadores que permitan el cumplimiento del estándar propuesto; respecto a niveles de scrap generados, costos y riesgo en la seguridad humana.	Scrap	Llantas que no cumplen con las especificaciones de curado. (Pérez, 2005)	Cantidad de scrap generado por llanta mal cargada / Total de scrap	- Hojas de recolección de datos - Reportes diarios de scrap

Nota: Sofía Rojas Alfaro.

Muestra

Hernández, Fernández y Baptista (2017) definen en su libro titulado Metodología de la investigación el término muestra como: “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”. (p.153). Los autores establecen que estas se categorizan en dos ramas: muestras no probabilísticas y las muestras probabilísticas.

Se definirán los dos tipos de muestras según los autores Hernández, Fernández y Baptista (2017):

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 (...) En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. (p.175-176)

Para este proyecto se utiliza el tipo de muestra probabilística poblacional, la cual utilizarán los datos de scrap registrados mensualmente, por lo que se usará el histórico del año 2021; así como la cantidad real existente de servidores. Dado lo anterior, se determinará con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Para ello, al presentarse scrap de una llanta; se ingresa al

sistema con las características necesarias que indican la causa del scrap. Para determinar el tamaño de muestra se utiliza la fórmula de la tabla 2 mostrada a continuación.

Tabla 2. Muestra

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Cantidad de servidores desajustados por día transcurrido	Probabilística con población finita, aleatoria simple	Servidores desajustados al día	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * N * p * q}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * p * q + NE^2}$
Cantidad de servidores ajustados / Total de servidores	Probabilística con población finita, aleatoria simple	Servidores ajustados	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * N * p * q}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * p * q + NE^2}$
Cantidad de servidores desajustados / Total de servidores	Probabilística con población finita, aleatoria simple	Servidores desajustados	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * N * p * q}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * p * q + NE^2}$
Cantidad de servidores que cumplen estándar / Total de servidores	Probabilística con población finita, aleatoria simple	Servidores que cumplen el estándar	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * N * p * q}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * p * q + NE^2}$
Cantidad de scrap generado por llanta mal cargada / Total de scrap	Probabilística con población finita, aleatoria simple	Scrap causado por la llanta mal cargada	$n = \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * N * p * q}{Z_{\frac{\alpha}{2}}^2 * p * q + NE^2}$

Nota: Sofía Rojas Alfaro.

Instrumentos

De igual manera, los autores Hernández, Fernández y Baptista (2017) exponen que los instrumentos de medición registran datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente. (p.199) Así como estos definen el concepto medición de la siguiente forma: “el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos, el cual se realiza mediante un plan explícito y organizado para clasificar (y

con frecuencia cuantificar) los datos disponibles (los indicadores), en términos del concepto que el investigador tiene en mente”. (p.199)

En la siguiente tabla 3, se muestran los indicadores planteados, así como los instrumentos utilizados para la respectiva medición de los indicadores planteados, los recursos requeridos.

Tabla 3. Instrumentos

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos
Cantidad de servidores desajustados por día transcurrido	- Hojas de registro - Inventario de servidores	- Cinta métrica - Nivel - Herramienta Excel - Humanos
Cantidad de servidores ajustados / Total de servidores	- Hojas de registro - Inventario de servidores	- Cinta métrica - Nivel - Herramienta Excel - Humanos
Cantidad de servidores desajustados / Total de servidores	- Hojas de registro - Inventario de servidores	- Cinta métrica - Nivel - Herramienta Excel - Humanos
Cantidad de servidores que cumplen estándar / Total de servidores	- Hojas registro - Hojas de observación	- Humanos - Taller de reparación
Cantidad de scrap generado por llanta mal cargada / Total de scrap	- Registros - Informes	- Equipo informático - Herramienta Excel

Nota: Sofía Rojas Alfaro.

Recolección de Datos

Hernández, Fernández y Baptista (2017) consideran que la recolección de datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico. (p.198). Para esto, se requiere definir de acuerdo con los objetivos específicos los indicadores necesarios en la investigación.

La siguiente tabla 4 presenta detalladamente la información anteriormente, donde se presentan los indicadores que se establecieron anteriormente planteados (con objetivos específicos), la fuente

donde se toman los datos, así como la forma de recolección; para establecer los beneficios que contribuyan con el proyecto y la empresa.

Tabla 4. Recolección de datos

Indicador	Fuente de datos	Método de recolección de datos	Beneficios esperados
Cantidad de servidores desajustados por día transcurrido	- Hojas de control en Excel - Hojas de observación	Se utilizará la herramienta Excel para determinar los servidores que no cumplan las medidas, y se llevarán a taller de reparación diariamente.	Conocer los servidores desajustados que se encuentran por día en planta.
Cantidad de servidores ajustados / Total de servidores	- Hojas de control en Excel - Hojas de observación	Herramienta Excel para establecer un formato condicional con las medidas óptimas.	Conocer cuáles servidores se encuentran ajustados y dentro del estándar.
Cantidad de servidores desajustados / Total de servidores	- Hojas de control en Excel - Hojas de observación	Herramienta Excel para establecer un formato condicional con las medidas óptimas.	Conocer cuáles servidores requieren intervención y ajustes.
Cantidad de servidores que cumplen estándar / Total de servidores	- Hojas de control en Excel - Hojas de observación	Herramienta Excel para determinar el porcentaje del estándar (progreso).	Conocer el porcentaje del total de servidores que ya no requiere modificaciones.
Cantidad de scrap generado por llanta mal cargada / Total de scrap	- Datos manejados por el Departamento de Procesos	Registros diarios de scrap en la empresa.	Control del scrap por llanta mal cargada, causado por el desajuste de servidores.

Nota: Sofía Rojas Alfaro.

Métodos de Análisis

Según Hernández, Fernández y Baptista (2017), al analizar los datos cuantitativos se debe tener presentes lo siguiente : “los modelos estadísticos son representaciones de la realidad, no la realidad misma; y segundo, los resultados numéricos siempre se interpretan en contexto”. (p. 270). Para este proyecto los datos brindados por la empresa se analizan por medio de la herramienta Excel, el

cual permite observar los datos del año 2021 respecto al scrap y las causas de este; así como hojas de cálculo para el manejo de datos y gráficos.

En la tabla 5 se muestran los métodos de análisis de acuerdo con los indicadores planteados, los cuales indican cómo se analizarán, su programa para el análisis y el uso que se le da cada uno de ellos en el proyecto.

Tabla 5. Métodos de análisis

Indicador	Análisis a realizar	Programa	Uso
Cantidad de servidores desajustados por día transcurrido	Fórmulas condicionales de acuerdo con el inventario que se realice.	- Herramienta Excel para definir formatos condicionales.	Determinar la cantidad de servidores que no se encuentren estandarizados.
Cantidad de servidores ajustados / Total de servidores	Fórmulas condicionales de acuerdo con las medidas óptimas.	- Herramienta Excel para definir formatos condicionales.	Determinar la cantidad de servidores que no requieren ajustes.
Cantidad de servidores desajustados / Total de servidores	Fórmulas condicionales de acuerdo con las medidas óptimas.	- Herramienta Excel para definir formatos condicionales.	Determinar la cantidad de servidores que requieren ajustes y el tipo de ajuste.
Cantidad de servidores que cumplen estándar / Total de servidores	Fórmulas para determinar cumplimiento de medidas.	- Herramienta Excel para determinar progreso de estándar.	Definir el porcentaje del cumplimiento del estándar.
Cantidad de scrap generado por llanta mal cargada / Total de scrap	Gráficos que muestren el comportamiento de los datos.	- Herramienta Excel para definir el comportamiento de los datos y su impacto respecto al total de scrap.	Determinar el scrap generado por la variable de interés (llanta mal cargada).

Nota: Sofía Rojas Alfaro.

Cronograma

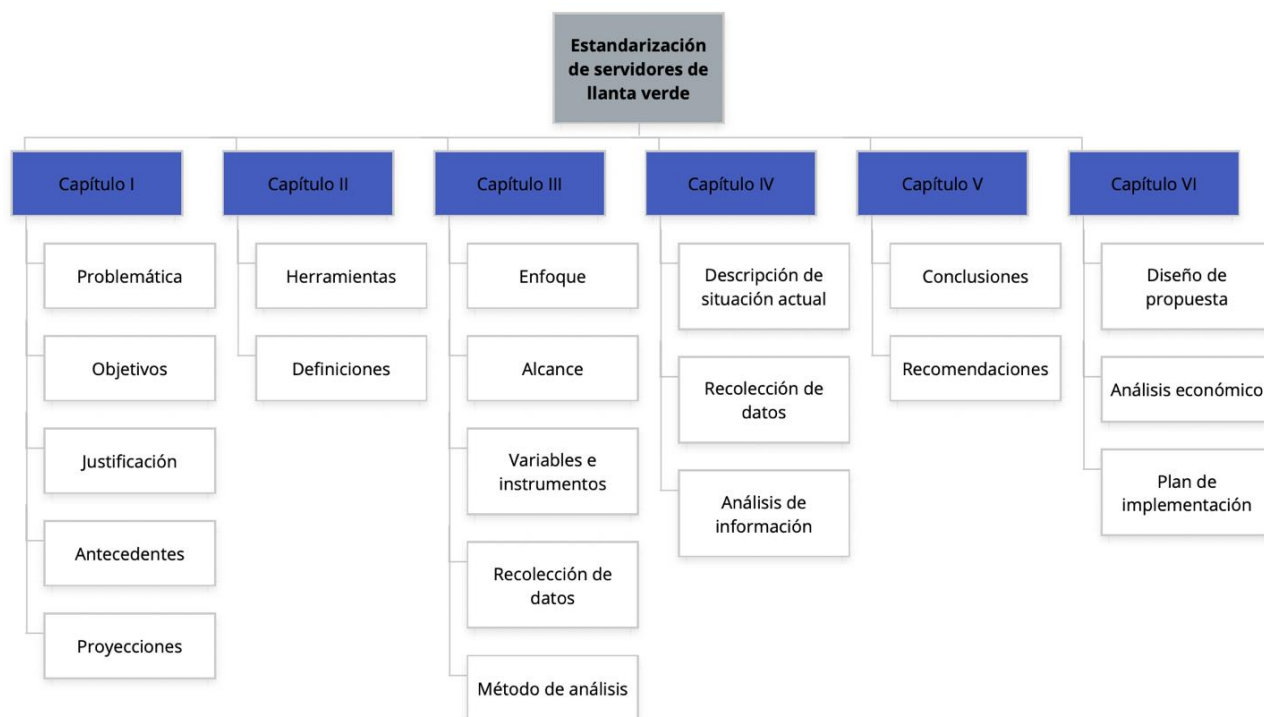
En esta sección se detalla la estructura que contiene el proyecto, esto por medio de un EDT y de un diagrama de Gantt, los cuales muestran las actividades que se llevan a cabo y la duración de estas.

EDT

Según Calle (2019) en su publicación, comenta lo siguiente “la Estructura Desglosada de Trabajo (EDT), también conocida como WBS (*Work Breakdown Structure*) es una técnica que ayuda en la comunicación al ser un gráfico en el cual se indican de forma visual y fácil de comprender todos los entregables que el proyecto deberá desarrollar. Este permite ver cuál es el alcance de todo el proyecto en una solo gráfico facilitando la comprensión del alcance para cualquier persona”.

A continuación en la Figura 13 se muestra el EDT del proyecto, en esta se menciona el proceso a seguir en este proyecto y la relación existente entre las partes.

Figura 13. Estructura Desglosada de Trabajo



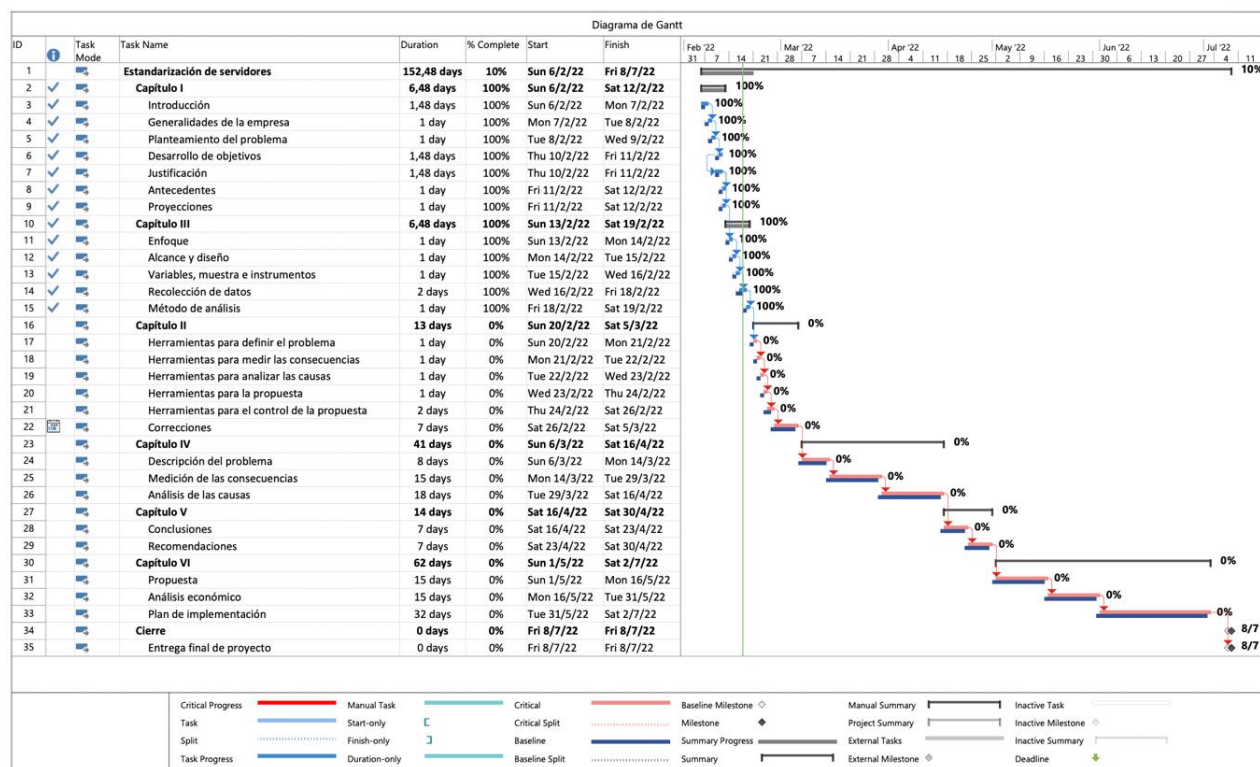
Nota: Sofía Rojas Alfaro.

Diagrama de Gantt

Según Baca (2014) en su libro titulado introducción a la ingeniería industrial, define el diagrama de Gantt como: “una forma en que el administrador de proyectos coloca en el eje vertical las actividades, las tareas y los trabajos que conforman un proyecto; en el eje horizontal dibuja una escala de tiempo adecuada. Por medio de barras horizontales, representa el tiempo que espera dure cada actividad. Esta es una forma fácil de observar las relaciones entre las distintas actividades y saber si algunas necesitan que finalicen otras para ser comenzadas”. (p.147)

En la Figura 14 se muestra el diagrama de Gantt realizado para este proyecto, el cual tiene una duración de 25 semanas, este contempla todas aquellas actividades que se desarrollan durante la elaboración del proyecto, mostrando así el porcentaje de avance, cumplimiento, la mejor línea de avance y las fechas de inicio y conclusión de cada una de las actividades.

Figura 14. Diagrama de Gantt



Nota: Sofía Rojas Alfaro.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

En este capítulo se desarrolla con detalle la situación actual de la empresa Bridgestone de Costa Rica, de los servidores de llanta verde utilizados en el área de armado y vulcanización. Se analizan los procesos actuales, los problemas presentados y los riesgos a los que se enfrentan los operarios al momento de cargar las llantas en los carritos. Mediante la aplicación de herramientas cuantitativas y de enfoque en ingeniería, se identificarán las oportunidades de mejora para realizar la estandarización de servidores y su correcto ingreso en las bases de las prensas vulcanizadoras.

Descripción del Problema

Las herramientas que se utilizan a continuación contribuyen para describir la problemática de la situación actual de la empresa. Se desarrolla en torno al desajuste de los servidores utilizados en los departamentos de armado y vulcanización, este último con un tipo de base utilizado en las prensas, las cuales tienen como función mantener centrado el servidor del brazo de la prensa. Es por lo anterior que, se explicarán varias herramientas de la ingeniería para describir de la mejor manera el proceso actual que realizan los operarios.

Mapa de Procesos

Para describir de una manera gráfica los procesos de la empresa, se realiza un mapa de procesos. Para poder realizarlo es necesario identificar los procesos que incluirá los tres grandes bloques, como lo son: estratégicos, operativos y de apoyo. De esta forma, podrá realizarse el mapa que muestre la relación entre cada uno de ellos y la importancia que tienen para la organización.

El objetivo de este tipo de mapas es conocer de una forma más detallada y gráfica todos aquellos procesos que dependen uno de los otros, ya que estos contribuyen en la alineación de objetivos, el establecimiento de responsabilidades, el manejo fluido y coherente de la información, así como la identificación de oportunidades de mejora. Es por lo que, los altos mando de la empresa, las personas involucradas en los procesos y todas aquellas que ingresen nuevas a la empresa Bridgestone Costa Rica deben conocer su funcionamiento.

Dado lo anterior, en la siguiente tabla 6 se presentan los procesos de la empresa, así como su respectiva clasificación, ya sean estos procesos de tipo estratégico, operativos o de apoyo.

Tabla 6. Tipos de procesos de la empresa Bridgestone

PROCESO	TIPO DE PROCESO		
	Estratégicos	Operativos	Apoyo
1. Sistemas de Calidad	x		
2. Planificación estratégica	x		
3. Sistema de Dirección	x		
4. Recepción de Materia Prima		x	
5. Mezclado		x	
6. Extrusión		x	
7. Armado		x	
8. Vulcanización		x	
9. Inspección Final		x	
10. Almacenamiento de PT		x	
11. Entrega/Distribución de PF		x	
12. Mantenimiento			x
13. Gestión de Proveedores			x
14. Informática (TI)			x
15. Formación de personal (RRHH)			x

Nota: Sofía Rojas Alfaro

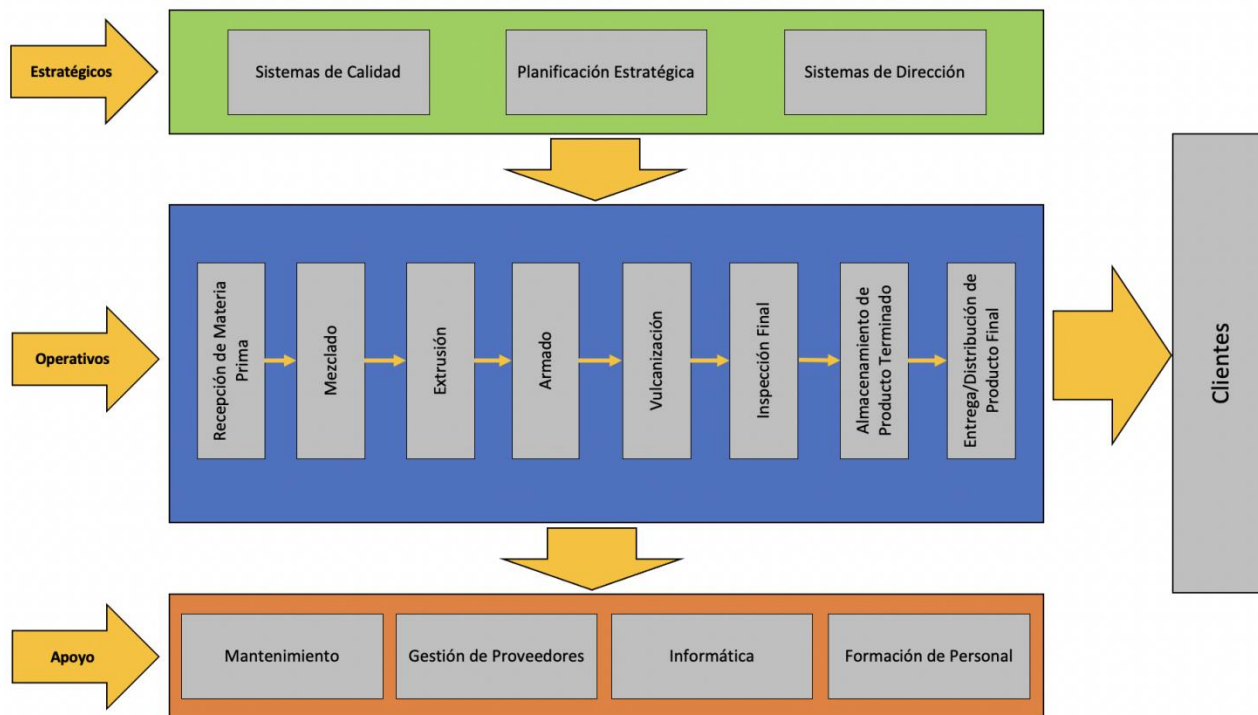
Como se mostraba en la tabla anterior y su respectiva distribución, se identifican los procesos de la siguiente manera:

- **Estratégicos:** sistemas de calidad, planificación estratégica y sistemas de dirección. Estos anteriores siendo los que relacionan a la empresa con su entorno, los cuales contribuyen a definir sus políticas y estrategias, todo esto para poder establecer las directrices y límites para el resto de los procesos.
- **Operativos:** recepción de Materia Prima, mezclado, extrusión, armado, vulcanización, inspección final, almacenamiento de producto terminado y la entrega y distribución del producto terminado. Estos anteriores son los que definen la cadena de valor de la empresa, la cual se orienta a la creación del producto (llantas) para la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes.

- Apoyo: mantenimiento, gestión de proveedores, informática (TI) y la formación del personal por medio de Recursos Humanos. Estos mencionados son los que apoyan los procesos operativos de la empresa.

En la siguiente figura 15 se muestra la representación gráfica del mapa de procesos, utilizando de referencia la tabla 6 mencionada anteriormente:

Figura 15. Mapa de procesos de Bridgestone



Nota: Sofía Rojas Alfaro

A partir de la figura 15 anterior, se puede observar cómo entre los procesos descritos la empresa tiene distribuidos sus procesos operativos y como los estratégicos y los de apoyo contribuyen al cumplimiento final que es la entrega del producto al cliente final.

El enfoque de este trabajo son los servidores utilizados tanto en armado como en vulcanización. En el área de armado es donde se ensambla la llanta por medio de diferentes partes como; rodado, sellante, aros, capa estabilizadora; mientras que en el área de vulcanizado se utiliza la llanta verde (llanta sin cocinar) proveniente de armado para ser ingresada en moldes a presión y temperatura específica (prensas) para cocinarse.

Las llantas provenientes de armado son trasladadas por medio de servidores de 4 niveles, los cuales se colocan en filas de máximo 6 carritos por medio de los roda cargas. Estos servidores se colocan

de diferentes maneras dependiendo de las máquinas de las que provengan; por ejemplo: los servidores se colocan en las armadoras por medio de un riel guía. Estos servidores se colocan en fila tal como se muestra en la siguiente figura 16:

Figura 16. Rieles guía de las armadoras



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Estos servidores al colocarse en fila sujetos unos de los otros, pasan por el centro del brazo para que este cargue cada uno de los cuatro niveles de los carritos. De esta forma los servidores estarán centrados respecto al riel que los frena en el centro del brazo por medio de un pistón. Estos rieles al estar anclados con tornillos no presentan problemas de alineación o desajuste, ya que el servidor ingresa sin golpear la base del riel y este se mantiene centrado con el brazo.

La otra forma en que se colocan los servidores es en el área de vulcanización, estos ingresan a las prensas. Los servidores se colocan sobre unas bases que los mantienen centrados respecto al brazo cargador, estas bases están diseñadas para que el servidor no se mueva de su posición. Los servidores se colocan tal como se muestra en la figura 17 a continuación:

Figura 17. Bases de las prensas



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Estas bases las prensas mostradas anteriormente son las que han presentado problemas debido al desajuste de los servidores. Al encontrarse desajustados los servidores hace que los operarios se vean en la necesidad de mantener un servidor fijo en la prensa y así trasladar de manera manual las llantas, causando así que ellos realicen posturas y movimientos poco ergonómicos. El diseño actual de las prensas genera que los operarios tengan que ingresar el servidor con fuerza, causando el golpeo constante en los topes y de esta forma incrementa el desajuste de las bases.

Este diseño de las bases permite mayor estabilidad al servidor y para que este quede centrado, el problema es que esta al ser una placa que no se encuentra a ras del suelo, la placa se corre con el tiempo e independientemente de los ajustes realizados no se ha logrado evitar el constante desajuste. A continuación, en la figura 18 y figura 19 se muestra el diseño actual de las bases de las prensas que utilizan servidores de 4 niveles y los anclajes que utilizan:

Figura 18. Situación actual de la base de las prensas vulcanizadoras



Nota: Sofía Rojas Alfaro



Figura 19. Anclaje de las bases de las prensas vulcanizadoras



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Tal como se mostraba en las figuras anteriores, la situación actual de las prensas presenta condiciones que pueden mejorarse, por lo que en la siguiente tabla 7 se muestra un resumen de la situación de las bases:

Tabla 7. Situación de las bases resumen

Imagen de referencia	Situación
	<p>El grosor de la placa de la base para que ingresen las llantas delanteras del servidor genera que con la fuerza de ingreso estas se vayan corriendo con el tiempo.</p>
	<p>Las guías que permiten que el servidor se encuentre en línea con las demás partes de la base no se encuentran ancladas respecto al suelo.</p>
	<p>Las bases no se encuentran alineadas respecto al brazo de la prensa, por lo que tampoco hay forma de identificar si se han corrido, ya que no se marcan al momento de alinearse.</p>

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Como se ha mostrado en los anteriores apartados, el diseño de las bases que generan el desalineamiento respecto al brazo de las prensas; es causado también por el desajuste de los servidores, los cuales no cuentan con un estándar de medidas que permitan ser utilizados en todas las prensas. Estos servidores de cuatro niveles se han fabricado con ciertas medidas, pero no cumplen el mismo parámetro, lo que causa que los operarios realicen modificaciones para ajustarlos a la medida de la llanta que esté trabajando en cada prensa.

La no estandarización de los servidores y la modificación manual por medio de los operarios causa que se generen desgastes en los tapones de hule que amortiguan la caída de las paletas, las quebraduras de las paletas, el desgaste de la pintura por falta de mantenimiento y la quebradura de los sujetadores de las ruedas de los carritos. Estas afectaciones se pueden encontrar en la siguiente figura 20:

Figura 20. Problemas presentados en servidores



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Estos problemas mencionados, tanto la no estandarización de servidores y sus problemas que genera, el diseño actual de las bases de las prensas y las modificaciones de los operarios, son razones por las que los operarios tienen que cargar las llantas de manera manual.

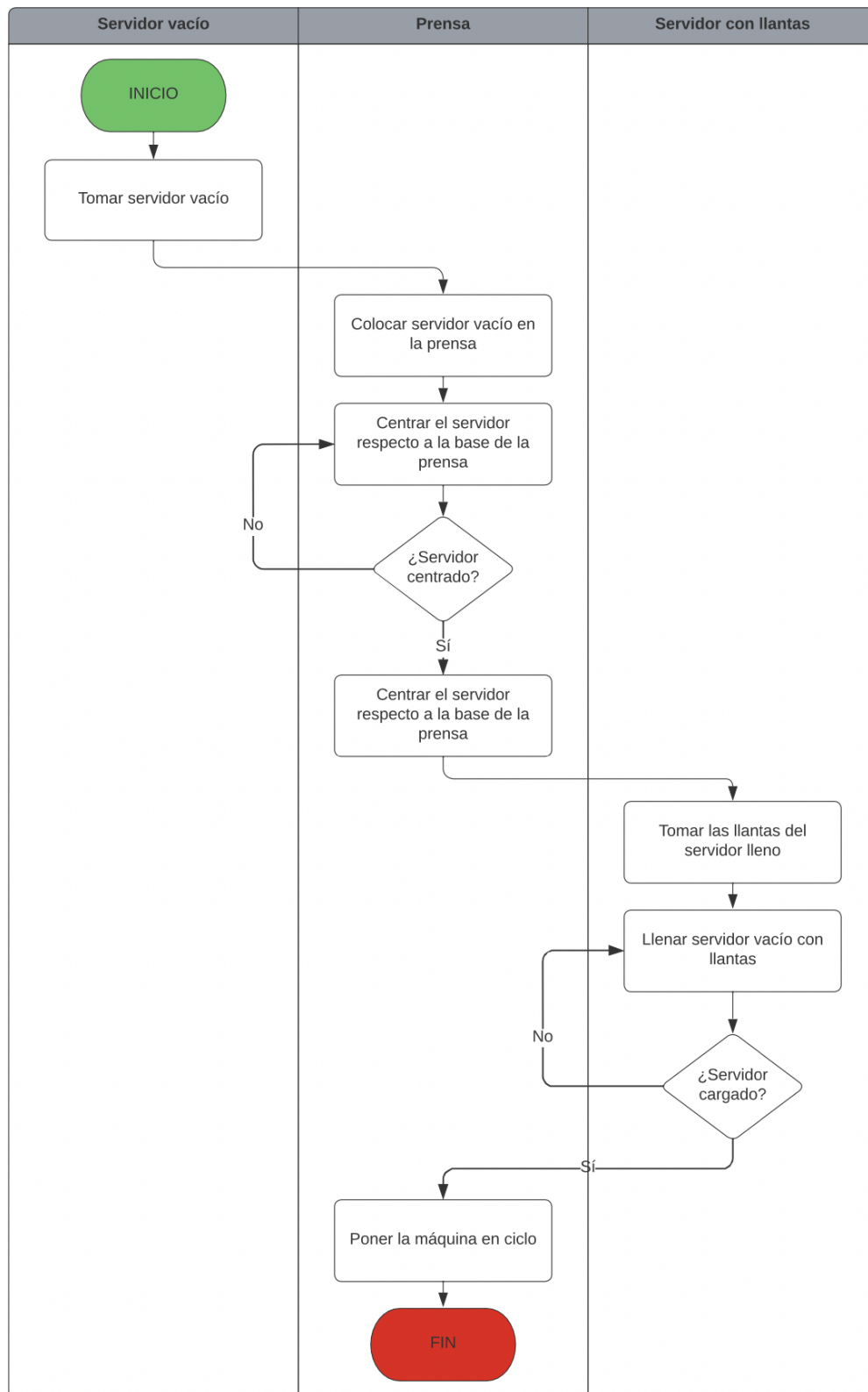
Diagrama de Flujo del proceso de carga de la llanta

El objetivo principal del diagrama de flujo es dar a conocer la secuencia con la que se ejecuta el proceso de carga de llantas de los servidores de las prensas de la empresa Bridgestone de Costa Rica. Este muestra las actividades que realiza el operario para ejecutar el proceso cocción de la llanta.

Del mismo modo, los operarios deben trasladar las llantas de manera manual. En la siguiente figura 21 se muestra como el operario debe tomar el servidor vacío y colocarlo en la base de la prensa, de tal forma que este quede centrado respecto al brazo. Seguidamente, el operario debe tomar las llantas (una por una) y trasladarlas manualmente (alzarlas) y colocarlas en cada uno de los cuatro niveles del carrito. Es importante mencionar que las actividades realizadas por el operario en cada una de las prensas que tengan a cargo.

A continuación en la figura 21 se muestra el diagrama de flujo:

Figura 21. Proceso de carga de servidores con llantas



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Matriz de Análisis de Riesgos

Las actividades descritas anteriormente permiten analizar las acciones realizadas por el personal, ya que este procedimiento trae consigo movimientos poco ergonómicos, los cuales se analizarán de acuerdo con estos pasos descritos y realizados por los operarios al momento de cargar las llantas a los servidores vacíos de las prensas vulcanizadoras.

Dado lo anterior, primero es necesario realizar un análisis de riesgos que indique el análisis de los pasos que realiza el operario. Las actividades como mover las llantas de un servidor a otro, el traslado o empuje de los servidores y el respectivo alineamiento de las bases de las prensas. Para esto, en la siguiente figura 22 se muestra una matriz de Análisis de Riesgos de las actividades mencionadas:

Figura 22. Matriz de Análisis de Riesgos
















Design Phase										Safety Release Phase				
Initial Risk Estimation					Risk Reduction					Validation (test and check)				
Item ID	User - Task	Service/ Maint	Hazard	Initial Risk Level	Urgency	Protective Measure			Description	Target Completion Date	Responsible Person	Residual Risk Level	Acceptable Risk	
1	Operator Mover llantas de un servidor a otro	No	Peso de la llanta Ergonomics, Espalda, brazos, cuello	HIGH	Urgently Elimination	Training	PPE/Eye	PPE/Hearing	PPE/Glove	Risk is reduced by Design out - Elimination, Training and safe work procedures, Eye protection (safety glasses), Hearing protection, Gloves	11/5/22	Sofía Rojas	HIGH	Not acceptable
2	Operator Traslado de servidores	No	Servidor suelto Other - , Cuerpo	HIGH	Urgently Lim.Intera.	PPE/Eye	PPE/Hearing	PPE/Glove	PPE/Shoe	Risk is reduced by Design out - Limiting Interaction, Eye protection (safety glasses), Hearing protection, Gloves, Steel toe shoe	11/5/22	Sofía Rojas	HIGH	Not acceptable
3	Maintenance Alineamiento de las bases de las prensas	No	Brazo de la prensa Lacerations, Brazos	MEDIUM	Soon	PPE/Hearing	PPE/Glove	PPE/Shoe		Risk is reduced by Eye protection (safety glasses), Hearing protection, Gloves, Steel toe shoe	11/5/22	Sofía Rojas	MEDIUM	Not acceptable


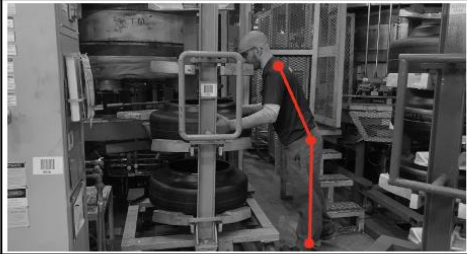





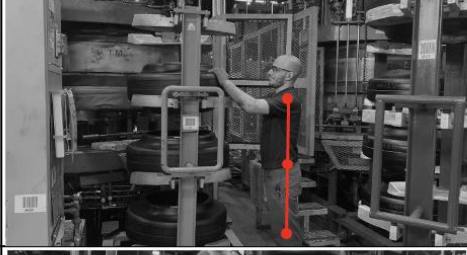





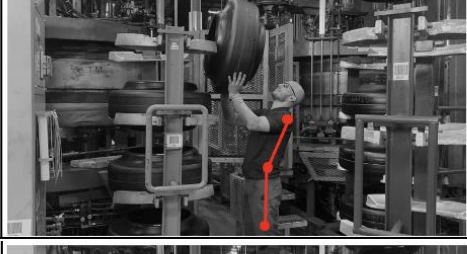




Nota: Sofía Rojas Alfaro con plantilla desarrollada por Bridgestone Costa Rica

Como se observa en la anterior figura, los resultados obtenidos en el análisis de los resultados demuestran un alto riesgo tanto para el operador mover las llantas hacia los servidores, así como el mismo traslado de estos. Mientras que el alineamiento de las bases de las prensas presenta un resultado medio. Es importante mencionar que estas actividades siempre deben realizarse con el Equipo de Protección Personal (EPP) necesario, como lo son los anteojos de seguridad, guantes y los respectivos zapatos de seguridad. Además, la actividad del alineamiento requiere del uso del procedimiento LOTO (Lockout-Tagout) o su significado en español como procedimiento de

bloqueo y tarjeteo. Del mismo modo, se realiza el análisis ergonómico de las posturas del operario al momento de realizar el traslado de las llantas y la forma en que carga en los servidores. A continuación, en la tabla 23 se muestra el análisis ergonómico:

Figura 23. Análisis ergonómico de las actividades del operario

Actividad	Procedimiento	Análisis Ergonómico	Condición
Trasladar el servidor de cuatro niveles con llantas hacia la prensa			
Sacar la primer llanta del servidor para trasladarla al servidor vacío de la prensa			
Colocar la primer llanta en el primer nivel del servidor			
Tomar la segunda llanta del servidor hacia el carrito que se está cargando			
Trasladar (alzar) la segunda llanta en el servidor que se está llenando			

Colocar la segunda llanta en el segundo nivel del servidor que se está llenando			
Tomar la tercer llanta del servidor hacia el carrito que se está cargando			
Colocar la tercer llanta en el tercer nivel del servidor que se está llenando			
Tomar (alzar) la cuarta llanta del servidor hacia el carrito que se está cargando			
Trasladar (alzar) la cuarta llanta en el servidor que se está llenando			
Colocar la cuarta llanta en el cuarto nivel del servidor que se está llenando			

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Así como se realiza el análisis de las posturas de manera gráfica, también se realiza un análisis de la carga postural o posturas forzadas. Este análisis es una combinación entre el método RULA

(Rapid Upper Limb Assessment) y el método OWAS (Ovako Working Analysis System). Según la CCOO de Madrid (2016) definen el objetivo del método RULA y OWAS como:

Evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo. La aplicación de este método comienza con la observación de las diferentes actividades que realiza el operario, para poder seleccionar las actividades y posturas más significativas. (p. 28)

Del mismo modo, el método OWAS (Ovako Working Analysis System), el cual tiene como objetivo es “analizar ergonómicamente la carga postural, el cual proporciona buenos resultados, mejora la comodidad de los puestos y el aumento de la calidad de la producción”. (p. 31)

Dado lo anterior, se procede a realizar este análisis. Este análisis cuenta con tres pasos, los cuales requieren determinar la puntuación del elemento tiempo, la puntuación de la carga, postura y condiciones de trabajo, así como la respectiva evaluación. Esta plantilla es brindada por la empresa.

Paso 1. Determinación de la puntuación del elemento tiempo.

Para este paso debe seleccionarse el tiempo en que debe realizar las actividades en el día, en este caso el operario debe levantar las llantas en lapsos de tiempo de 20-30 minutos cuando deben alimentar las prensas. En la siguiente tabla 8 debe seleccionarse la puntuación del tiempo de las actividades realizadas:

Tabla 8. Puntuación del elemento tiempo

Operaciones de elevación o desplazamiento (<5 s)		Sujeción (<5 s)		Transporte (<5 m)	
Número por día de trabajo	Puntuación Tiempo	Duración total en el día de trabajo	Puntuación Tiempo	Duración total en el día de trabajo	Puntuación Tiempo
< 10	1	< 5	1	< 300 m	1
de 10 a < 40	2	de 5 a 15 min	2	de 300 m a < 1 km	2
de 40 a < 200	4	de 15 min a < 1 h	4	de 1 a < 4 km	4
de 200 a < 500	6	de 1 h a < 2 h	6	de 4 a < 8 km	6
de 500 a < 1000	8	de 2 h a < 4 h	8	de 8 a < 16 km	8
◦1000	10	≥ 4 h	10	◦16 km	10

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

Paso 2. Determinación de la puntuación de la carga, la postura y las condiciones de trabajo.

Para este segundo paso se evalúa la carga neta, la cual es la fuerza real de acción que es necesaria para mover una carga, En la siguiente tabla 9 debe seleccionarse la carga que levantan y trasladan los operarios (peso aproximado de las llantas).

Tabla 9. Puntuación de la carga de trabajo



Carga neta para los hombres	Puntuación carga	Carga neta para las mujeres	Puntuación carga
< 10 kg	1	< 10 kg	1
de 10 a < 20 kg	2	de 5 a < 10 kg	2
de 20 a < 30 kg	4	de 10 a < 15 kg	4
de 30 a < 40 kg	7	de 15 a < 25 kg	7
≥40 kg	25	≥25 kg	25



Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

En el caso del operario del área de vulcanización, este levanta llantas con un peso aproximado a los 36 kilogramos.

Para la siguiente tabla 10 debe seleccionarse las posturas que el operario suele realizar al momento de trasladar manualmente las llantas a los servidores. En este caso y como se mostraba visualmente en la figura 23, el operario realiza posturas en el que se inclina de una manera pronunciada, así como una inclinación ligera hacia adelante con torsión simultánea del tronco.

Tabla 10. Postura con la posición de la carga

Posturas típicas de la posición de la carga	Postura, posición de la carga	Puntuación postura
	<ul style="list-style-type: none"> Parte superior del cuerpo erecta, sin torsión. Al elevar, transportar y descender la carga, esta permanece cerca del cuerpo. 	1
	<ul style="list-style-type: none"> Inclinación o torsión del tronco. Al elevar, transportar y descender la carga, este permanece entre cerca y a media distancia del cuerpo. 	2

	<ul style="list-style-type: none"> • Inclutación pronunciada hacia abajo o hacia adelante. • Inclutación ligera hacia adelante con torsión simultánea del tronco. • Carga lejos del cuerpo o por encima de los hombros. 	4
	<ul style="list-style-type: none"> • Inclutación pronunciada hacia adelante con torsión simultánea del tronco. • Carga lejos del tronco. • Poca estabilidad de la postura cuando se está de pie. • Posición agachada o de rodillas. 	8

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

En la siguiente tabla 11 debe seleccionarse la condición de trabajo en que se realizan las actividades del operario al momento de trasladar las llantas desde el servidor lleno hasta el carrito de cuatro niveles que se encuentra en la prensa. Para esta actividad el personal cuenta con el espacio suficiente, ya que el área está despejada y con la capacidad de manipular las llantas.

Tabla 11. Condiciones de trabajo

Condiciones de trabajo	Puntuación condición de trabajo
Buenas condiciones ergonómicas, como lo son el suficiente espacio, ausencia de obstáculos físicos dentro del espacio de trabajo, suelo sin desniveles y sólido, iluminación suficiente, buenas condiciones de agarre.	0
Espacio restringido para movimiento y condiciones ergonómicas desfavorables, como lo son el espacio restringido para movimiento por una altura demasiado bajo o un área de trabajo inferior a 1,5 m ² o 2 m ² , estabilidad de la postura perjudicial por un suelo con desniveles o blando.	1
Espacio para movimientos fuertemente restringido o inestabilidad del centro de gravedad de la carga.	2

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

Para las condiciones de trabajo se selecciona una puntuación de 0, ya que las condiciones ergonómicas, el espacio y el espacio de trabajo se encuentran en óptimas condiciones y no cuenta con obstáculo físicos.

Paso 3. Evaluación.

Tabla 12. Evaluación total del análisis

	Puntuación de carga (Tabla 9)	7						
+	Puntuación postura (Tabla 10)	4						
+	Puntuación condición de trabajo (Tabla 11)	0						
=	Total	11	x	Puntuación tiempo (Tabla 8)	4	=	Puntos totales de riesgo	44

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

La evaluación de la tabla 12 anterior da como resultado las puntuaciones de la carga, postura, condiciones de trabajo y el tiempo. Estos dan como resultado una puntuación total del riesgo de 44, el cual según la tabla 13 lo coloca en un nivel de riesgo de 3, el cual tiene una situación de gran aumento de carga y que produzca sobrecarga física en el operario.

Tabla 13. Evaluación aproximada del riesgo

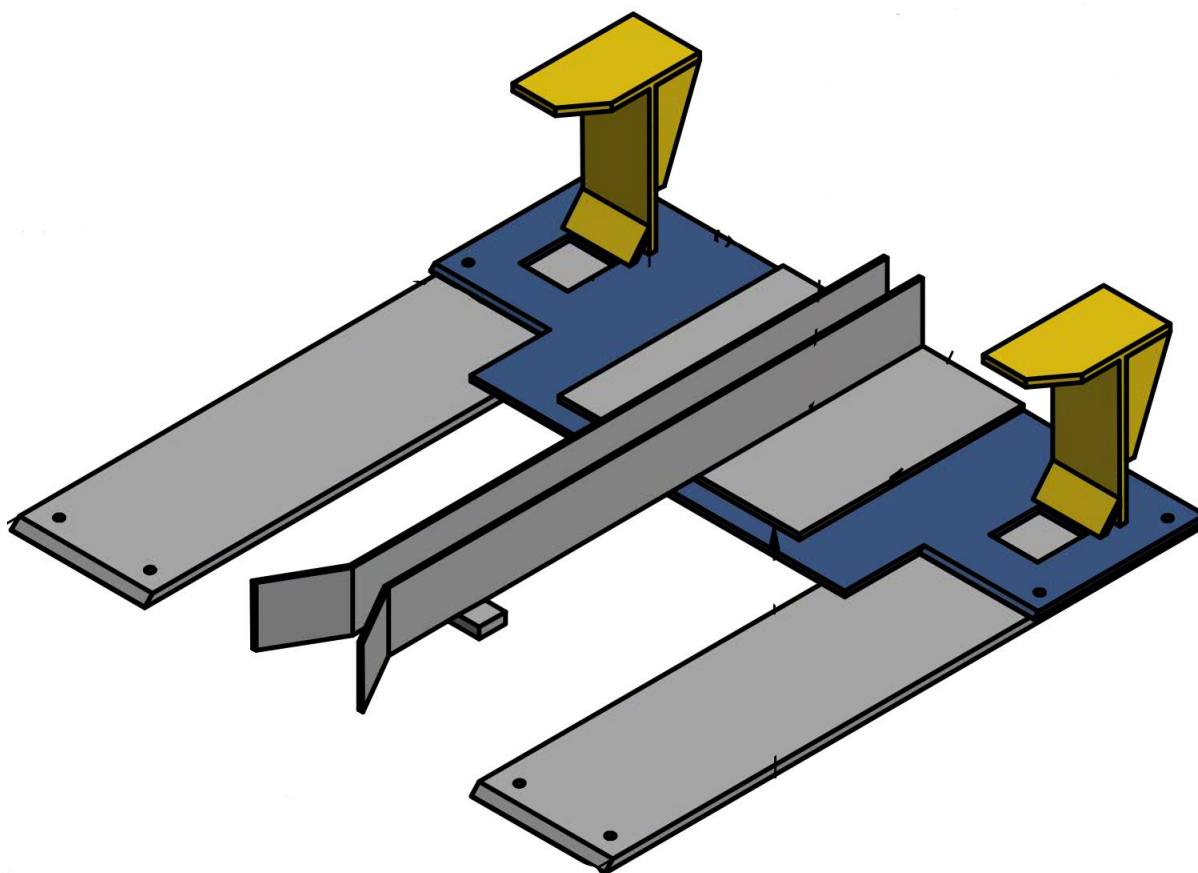
Nivel de riesgo	Escala	Puntuación de riesgo	Descripción
1		< 10	Situación de baja carga, es improbable que se produzca una sobrecarga física
2		de 10 a < 25	Situación de aumento de carga, es posible que se produzca una sobrecarga física en personas menos resistentes. Para este grupo, ayudará un nuevo diseño del lugar de trabajo
3		de 25 a < 50	Situación de gran aumento de la carga, es posible que se produzca sobrecarga física también para las personas con una resistencia normal. Se recomienda volver a diseñar el lugar de trabajo.
4		≥ 50	Situación de carga alta, es probable que se produzca sobrecarga física. Es necesario volver a diseñar el lugar de trabajo.

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

Proceso actual de alineamiento

Dadas las modificaciones realizadas por los operarios y los constantes desalineamientos de las bases, el personal de mantenimiento realiza una serie de pasos para alinear las bases de las prensas respecto al centro del brazo. Esto con el diseño presentado anteriormente, el cual puede detallarse más en la siguiente figura 24, el cual muestra las características del diseño y la composición de estas bases:

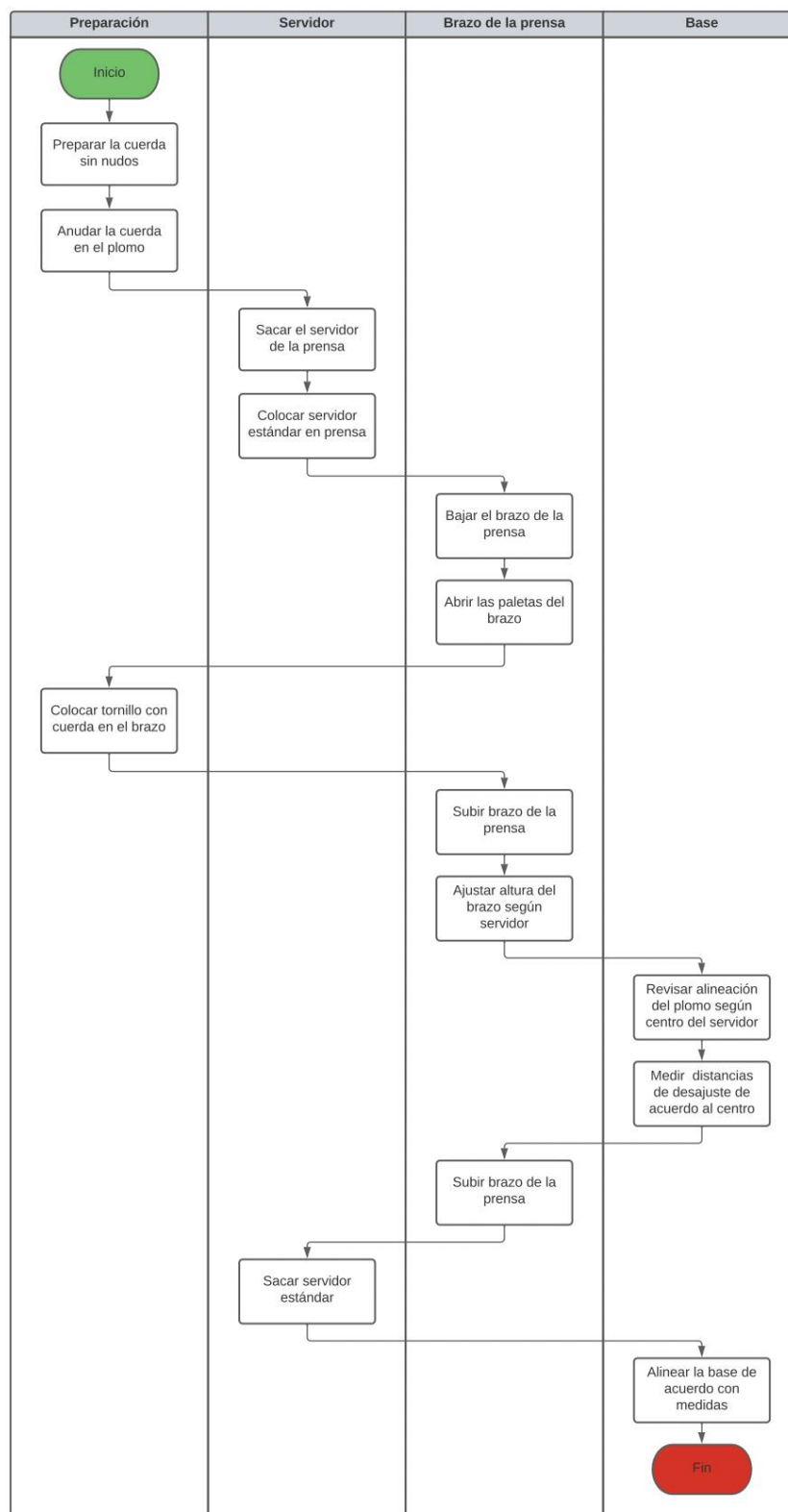
Figura 24. Diseño actual de las bases



Nota: Bridgestone Costa Rica, departamento de Proyectos

Para poder alinear estas bases, actualmente el personal de mantenimiento no cuenta con un plan de implementación o priorización. Estos realizan los trabajos cuando reciben la notificación por parte del operario o cuando los supervisores del área reportan alguna dificultad por parte del operario al momento en que la prensa toma la llanta del servidor. Para explicar el procedimiento realizado por el personal de mantenimiento. A continuación, en la figura 25 se muestra el proceso actual de alineamiento de las bases respecto al centro del servidor y el brazo de la prensa:

Figura 25. Proceso actual de alineamiento de bases respecto al servidor y brazo de la prensa



Nota: Sofía Rojas Alfaro

En la figura 25 anterior se detalla el procedimiento que realiza el personal de mantenimiento, el cual inicia desde la preparación de la cuerda necesaria para colocar el plomo para ser sujeto al brazo de la prensa. Seguidamente, debe sacarse el servidor vacío de la prensa para ingresar el servidor de referencia para centrar el brazo y la base del carrito. Después de esto, la persona de mantenimiento que esté realizando el trabajo debe bajar el brazo (por medio de los botones principales del panel) y amarrar el plomo con la cuerda por medio del tornillo sujeto a esta, tal como se muestra en la siguiente figura 26:

Figura 26. Colocación del cable con plomo en el centro del brazo



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Después de que se coloca el tornillo que está sujeta a la cuerda que carga el plomo, el personal debe subir nuevamente el brazo a una altura que le permita colgar el plomo y que este quede lo más cercano al centro del carrito, esto para poder determinar qué tan desajustado se encuentra el servidor respecto al centro del brazo. Se puede observar este paso en la siguiente figura 27:

Figura 27. Alineamiento del plomo respecto al centro del servidor



Nota: Sofía Rojas Alfaro

El paso mostrado en la figura 27 anterior, permite al personal de mantenimiento calcular qué tan corrida se encuentra la base del centro del brazo y así establecer de qué lado de la base del carro requiere realizarse los ajustes, ya sea correrla hacia adelante o hacia atrás o si requiere del movimiento hacia la izquierda o derecha. Estos ajustes dependerán de lo desalineada que se encuentre la base del centro del brazo, por lo que se muestra en la siguiente figura 28 algunas de las posibles modificaciones que deben hacerse:

Figura 28. Modificaciones en la base de la prensa



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Después de realizar las respectivas modificaciones y alineaciones, el personal debe retirar el servidor utilizado para alinear y volver a colocar el servidor que se encontraba, ya sea con llantas o sin llantas. Del mismo modo retirar todas las herramientas utilizadas en la alineación, las cuales tienen que ser las que porten con antelación para aprovechar el tiempo de ajuste. Estas herramientas son las siguientes mostradas en la tabla 14:

Tabla 14. Herramientas necesarias para alineamiento de base

Herramienta	Cantidad
Taladro	1
Tornillos 1/2	8
Manguera neumática 2m	1
Mazo	1
Llave inglesa 3/4	1
Llave inglesa 9/16	1
Expander 1/2	8
Plomo	1
Cuerda	1

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Las cantidades sugeridas pueden variar, esto dependerá de la cantidad de bases que se vayan a alinear. Estas cifras son las recomendadas para una prensa, por lo que son 2 bases.

Análisis FODA

Mostrado en las herramientas anteriores y en la descripción del problema, el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) ayudarán a describir con brevedad la situación actual de los servidores y las bases de las prensas. Del mismo modo, este análisis podrá usarse como referencia para establecer una ruta de priorización para la propuesta de diseño del trabajo.

En este análisis FODA se detallan aquellas fortalezas que presentan los servidores utilizados tanto en el departamento de armado como de vulcanización. Del mismo modo, aquellas debilidades presentes en las que puede trabajarse para mejorar las condiciones actuales con ayuda de las oportunidades presentadas, todo esto para crear una estrategia de diseño y propuesta que permita

prever y reducir el impacto de las posibles amenazas. A continuación, en la figura 29 se presenta el análisis FODA de los servidores de cuatro niveles y las bases de las prensas vulcanizadoras:

Figura 29. Análisis FODA de las bases y servidores de cuatro niveles

FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Transporta todo tipo de llantas. • Nuevo diseño de paletas resistente. • Son de fácil transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento de carga y descarga de llanta lento. • Procedimiento actual de ajuste/arreglos. • No identificación de carritos. • Desajuste de bases de prensa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de un estándar. • Mejora de materiales de los carritos. • Creación de un inventario de servidores. • Diseño nuevo en bases de prensas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación de los servidores por parte de los operarios. • Aumento de scrap por llanta mal cargada.

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Como se muestra en la anterior figura 29, las fortalezas de los servidores es que su diseño permite transportar todo tipo de llanta, siempre y cuando se realice el ajuste del servidor en caso de agregarse un diámetro diferente a los existentes. Del mismo modo, su diseño de paletas es resistente, así como su facilidad de transportarse debido a que pueden trasladarse en fila conectados unos con otros, como se ha mencionado en otros apartados.

Las debilidades presentes son el procedimiento de carga y descarga de llanta, ya que este se realiza de manera manual, tal como se mencionó en la figura 23 y en el análisis ergonómico realizado de las posturas del operario. De igual manera, el ajuste y modificación de bases y servidores no es efectivo, ya que estos se encuentran sin un estándar (servidores) y sin un procedimiento efectivo de alineamiento (bases de las prensas). Presentado lo anterior, los servidores no se encuentran identificados, por lo que no se les puede dar seguimiento del estado actual de ellos.

La creación de un estándar de servidores, así como un adecuado inventario de estos son parte de las oportunidades de mejora que tienen los carritos de cuatro niveles. Así como la propuesta de un nuevo diseño para las bases contribuiría a que el desajuste de estas no se vea como está sucediendo actualmente. El aprovechamiento de estas oportunidades traería consigo una reducción de las posibles amenazas, como lo es la constante modificación que realizan los operarios, así como la disminución del scrap reportado en el área de vulcanizado.

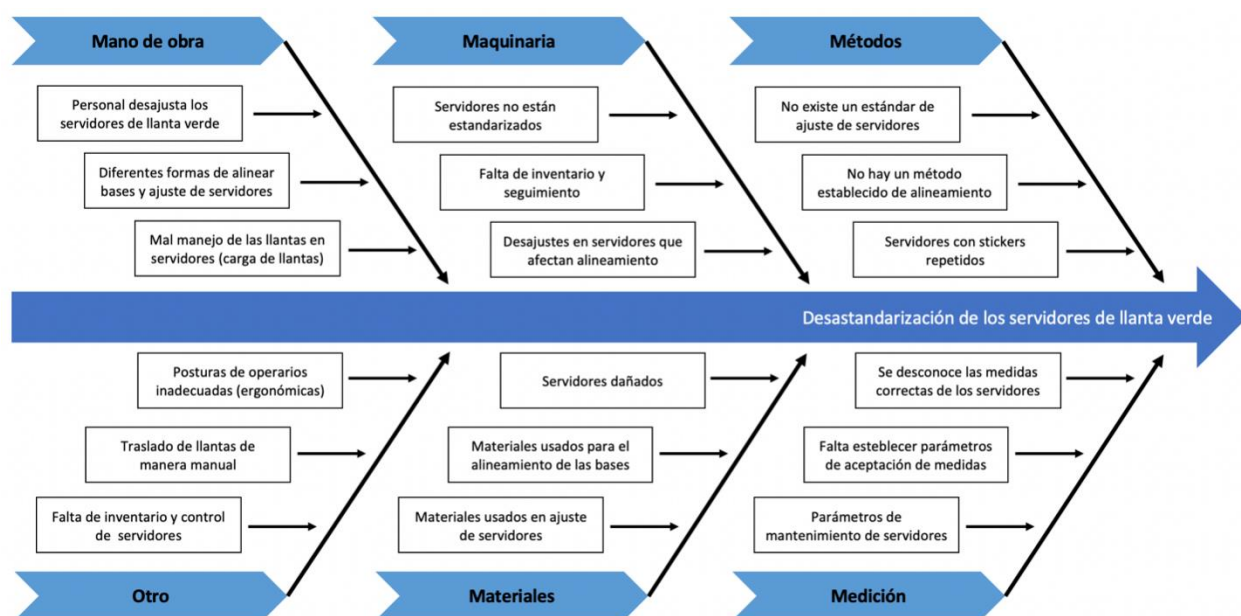
Medición de las Consecuencias

Descrito el problema anteriormente por medio de las herramientas de la ingeniería, se continuará a medir las consecuencias que tiene consigo el problema de no tener un estándar de los servidores de llanta verde de cuatro niveles. En este apartado se desarrollan herramientas como el Ishikawa, diagrama de Pareto y el uso de históricos y datos proporcionados por la empresa para poder determinar y medir las consecuencias del problema del trabajo.

Diagrama de Causa y Efecto

El diagrama de causa y efecto o diagrama de Ishikawa permite definir las causas del problema principal, el cual se centra en el no estándar de los servidores de llanta verde. En este diagrama se muestran las diferentes razones por las que los servidores no cuentan con un estándar definido, los cuales están divididos en diferentes categorías como: mano de obra, maquinaria, métodos, materiales, medición y otros aspectos. El diagrama de Ishikawa se muestra en la siguiente figura 30:

Figura 30. Diagrama de Ishikawa de la no estandarización de los servidores



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Como se muestra en el diagrama anterior de la figura 30, aspectos como la forma en que el personal desajusta los servidores, la forma de alineamiento de las bases, la inexistencia de un estándar, el poco seguimiento de los servidores al no contar con un inventario real son algunos de los aspectos

que están causando el problema con los servidores y que, a su vez, generan problemas como lo son el scrap en el área de vulcanización.

Por medio de este diagrama de Ishikawa observado en la figura 30, se medirán las consecuencias que traen consigo los principales problemas debido al desajuste de servidores y bases, así como no tener un inventario que permita controlar los servidores que requieren intervención y modificaciones. Estas principales consecuencias son los reportes de scrap, porque al no tenerse un estándar claro de medidas de los servidores y un correcto alineamiento de las bases con los brazos de las prensas, los operarios se ven en la necesidad de cargar manualmente las llantas y a su vez colocar lo más centrado posible las llantas respecto a los brazos de la prensa.

Históricos

Para poder medir el impacto de la cantidad de scrap causado por el desajuste de servidores y el desalineamiento de las bases de las prensas, es necesario conocer los datos de la cantidad de scrap y los tipos de scrap. Por esa razón, se muestran los registros de todo el año 2021 de reportes realizados por el departamento de armado. Por cuestiones de privacidad de datos de la empresa Bridgestone de Costa Rica, se muestran estos datos con un factor conocido por la estudiante Sofía Rojas Alfaro. Dado lo anterior, la intención de estos datos es conocer el comportamiento porcentual de las principales causas del scrap.

A continuación, en la tabla 15 se muestran los tipos de defectos que causaron el scrap en el 2021 en el área de armado.

Tabla 15. Cantidad de registros de scrap en el área de vulcanización en el 2021

Tipo de defecto	Cantidad (llantas)	Valor individual	Porcentaje
Otro	1847200	0,56369	56,369%
Bladder roto	200500	0,06118	6,118%
Falla mecánica	188500	0,05752	5,752%
Falla eléctrica	177800	0,05426	5,426%
Arruga del Bladder	138300	0,04220	4,220%
Cuerda expuesta en ceja	106200	0,03241	3,241%
Falla del shapping	105500	0,03219	3,219%
Llanta mal cargada	88300	0,02695	2,695%
Post inflado inadecuado	80100	0,02444	2,444%

Prensada por banda transportadora	74500	0,02273	2,273%
Ceja pinchada	49300	0,01504	1,504%
Pared liviana	48400	0,01477	1,477%
Falla mecánica de Tooling	36500	0,01114	1,114%
Pegada al molde	25600	0,00781	0,781%
Bladder defectuoso	20800	0,00635	0,635%
Rebaba en llanta	18700	0,00571	0,571%
Corte en llanta	14600	0,00446	0,446%
Fuga de gas	11800	0,00360	0,360%
Prensada por anillo	9700	0,00296	0,296%
Dope	9200	0,00281	0,281%
Ceja doblada	8300	0,00253	0,253%
Arruga Bladder en centro de llanta	5700	0,00174	0,174%
Molde sucio	3400	0,00104	0,104%
Fuga en o-ring	3200	0,00098	0,098%
Llanta cargada al revés	1700	0,00052	0,052%
Falta de curado	800	0,00024	0,024%
Llanta en molde equivocado	600	0,00018	0,018%
Placa de molde salida o caída	500	0,00015	0,015%
Registro dañado	500	0,00015	0,015%
Ventila sobre la pared	400	0,00012	0,012%
Grumos	200	0,00006	0,006%
Rodado desgarrado	100	0,00003	0,003%
Ventila larga	100	0,00003	0,003%
Total	3277000	1	100%

Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

Como se observa en la anterior tabla 15 el total de reportes de scrap fue de 3277000. De estos reportes, el que representa la categoría “otro” tiene un total del 56,369%, para cuestiones de estudio, esta cifra no se analizará, ya que este porcentaje involucra subcategorías de scrap de las demás mostradas en la tabla. Dado esto, la nueva tabla de reportes de scrap (omitiendo categoría otros) se muestra en la siguiente tabla 16:

Tabla 16. Principales registros de scrap en el área de vulcanización 2021

Tipo de defecto	Cantidad (llantas)	Valor individual	Porcentaje
Bladder roto	200500	0,14023	14,023%
Falla mecánica	188500	0,13184	13,184%
Falla eléctrica	177800	0,12435	12,435%
Arruga del Bladder	138300	0,09673	9,673%
Cuerda expuesta en ceja	106200	0,07428	7,428%
Falla del shapping	105500	0,07379	7,379%
Llanta mal cargada	88300	0,06176	6,176%
Post inflado inadecuado	80100	0,05602	5,602%
Prensada por banda transportadora	74500	0,05211	5,211%
Ceja pinchada	49300	0,03448	3,448%
Pared liviana	48400	0,03385	3,385%
Falla mecánica de Tooling	36500	0,02553	2,553%
Pegada al molde	25600	0,01790	1,790%
Bladder defectuoso	20800	0,01455	1,455%
Rebaba en llanta	18700	0,01308	1,308%
Corte en llanta	14600	0,01021	1,021%
Fuga de gas	11800	0,00825	0,825%
Prensada por anillo	9700	0,00678	0,678%
Dope	9200	0,00643	0,643%
Ceja doblada	8300	0,00581	0,581%
Arruga Bladder en centro de llanta	5700	0,00399	0,399%
Molde sucio	3400	0,00238	0,238%
Fuga en o-ring	3200	0,00224	0,224%
Llanta cargada al revés	1700	0,00119	0,119%
Falta de curado	800	0,00056	0,056%

Llanta en molde equivocado	600	0,00042	0,042%
Placa de molde salida o caída	500	0,00035	0,035%
Registro dañado	500	0,00035	0,035%
Ventila sobre la pared	400	0,00028	0,028%
Grumos	200	0,00014	0,014%
Rodado desgarrado	100	0,00007	0,007%
Ventila larga	100	0,00007	0,007%
Total	1429800	1	100%

Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

Diagrama de Pareto

Para mostrar cuáles tipos de scrap o tipo de defecto son los que tienen mayor peso en el área de vulcanización, se realizará un diagrama de Pareto. Para esto se ordenan los datos de la tabla 16 de manera descendiente. Seguidamente, se realiza el gráfico para mostrar visualmente aquellos defectos que representen el 80% de las causas. A continuación, se muestra el orden de los datos para realizar el diagrama por medio de la siguiente tabla 17:

Tabla 17. Datos y valores para realizar diagrama de Pareto

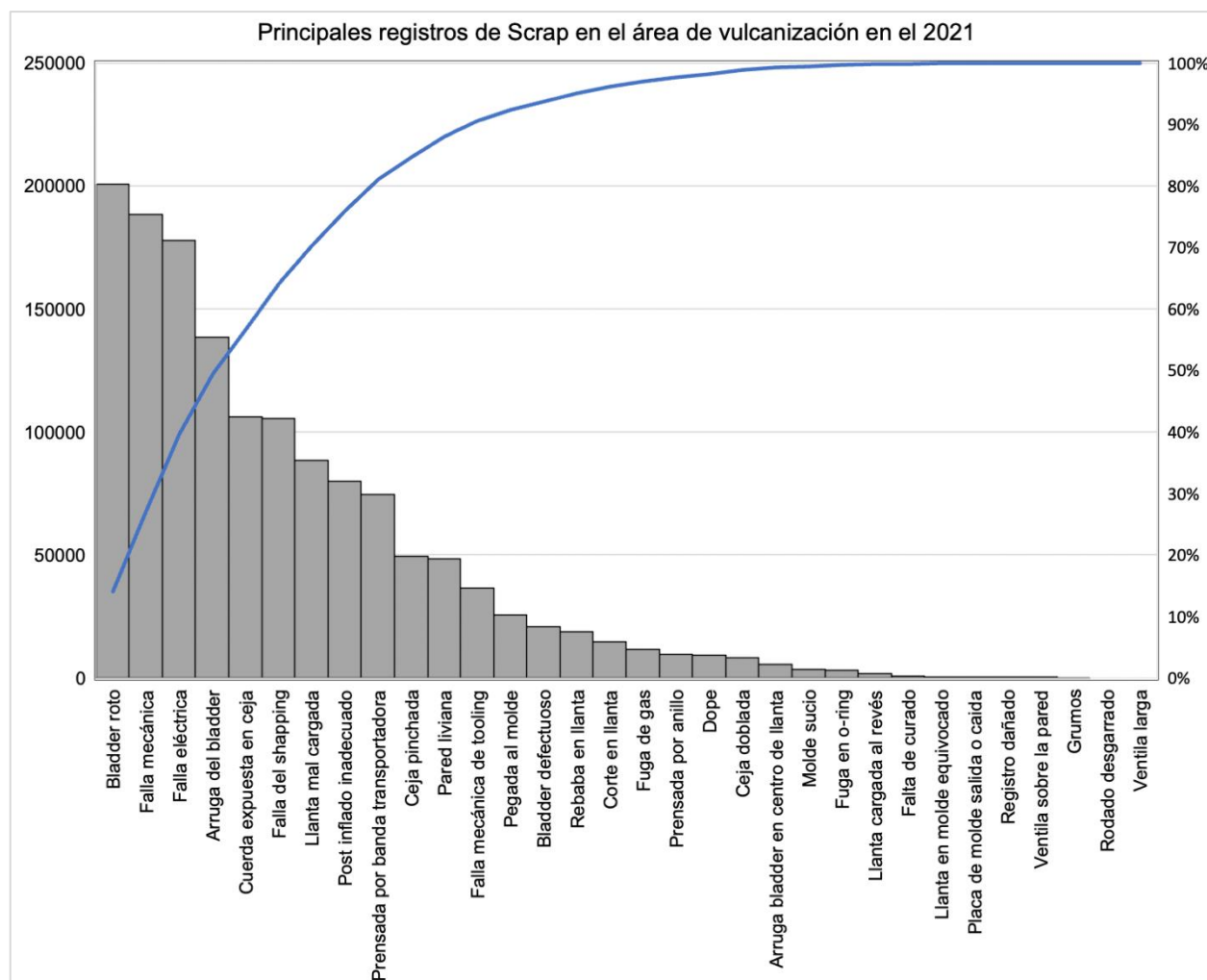
Tipo de defecto	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado	Porcentaje Acumulado
Bladder roto	200500	14,023%	200500	14%
Falla mecánica	188500	13,184%	389000	27%
Falla eléctrica	177800	12,435%	566800	40%
Arruga del Bladder	138300	9,673%	705100	49%
Cuerda expuesta en ceja	106200	7,428%	811300	57%
Falla del shapping	105500	7,379%	916800	64%
Llanta mal cargada	88300	6,176%	1005100	70%
Post inflado inadecuado	80100	5,602%	1085200	76%

Prensada por banda transportadora	74500	5,211%	1159700	81%
Ceja pinchada	49300	3,448%	1209000	85%
Pared liviana	48400	3,385%	1257400	88%
Falla mecánica de Tooling	36500	2,553%	1293900	90%
Pegada al molde	25600	1,790%	1319500	92%
Bladder defectuoso	20800	1,455%	1340300	94%
Rebaba en llanta	18700	1,308%	1359000	95%
Corte en llanta	14600	1,021%	1373600	96%
Fuga de gas	11800	0,825%	1385400	97%
Prensada por anillo	9700	0,678%	1395100	98%
Dope	9200	0,643%	1404300	98%
Ceja doblada	8300	0,581%	1412600	99%
Arruga Bladder en centro de llanta	5700	0,399%	1418300	99%
Molde sucio	3400	0,238%	1421700	99%
Fuga en o-ring	3200	0,224%	1424900	100%
Llanta cargada al revés	1700	0,119%	1426600	100%
Falta de curado	800	0,056%	1427400	100%
Llanta en molde equivocado	600	0,042%	1428000	100%
Placa de molde salida o caída	500	0,035%	1428500	100%
Registro dañado	500	0,035%	1429000	100%
Ventila sobre la pared	400	0,028%	1429400	100%
Grumos	200	0,014%	1429600	100%
Rodado desgarrado	100	0,007%	1429700	100%
Ventila larga	100	0,007%	1429800	100%

Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

A partir de la tabla 17 anterior, se procede a hacer el gráfico. A continuación, en el gráfico 1 se muestran los resultados de los registros de scrap del área de vulcanización y cuáles de ellos son los que deben de considerarse como prioridad.

Gráfico 1. Principales registros de scrap 2021



Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

El diagrama anterior comprueba que el 76% de los tipos de defectos se relacionan con los siguientes aspectos:

1. Bladder roto
2. Falla mecánica
3. Falla eléctrica
4. Arruga del Bladder

5. Cuerda expuesta en ceja
6. Falla del shapping
7. Llanta mal cargada
8. Post inflado inadecuado

Por lo tanto, el diagrama de Pareto indica los tipos de scrap que están presentándose en el área de vulcanizado, y a su vez, el tipo de scrap que está ligado y relacionado al problema de este trabajo. La no estandarización de los servidores y su alineamiento de bases genera que el brazo de las prensas no pueda tomar la llanta de manera adecuada, por lo que este la carga en los moldes y causa el scrap analizado: scrap por llanta mal cargada.

El scrap por llanta mal cargada representa un 2,695% del scrap general del año 2021 (ver tabla 16), mientras que este representa el 6,176% del scrap principal del área de armado, entrando así en uno de los ocho principales tipos de defecto que deben darse prioridad.

Análisis de las Causas

Al haberse descrito el problema anteriormente y medido las posibles causas que generan la no estandarización de los servidores, es necesario analizar las razones mencionadas. Para ello, se requiere hacer un análisis de los datos históricos presentados por la empresa en el 2021, así como un estudio de los motivos por los que los servidores se encuentren con diferentes medidas y anudado a ellos, un registro significativo en el scrap del área de vulcanización.

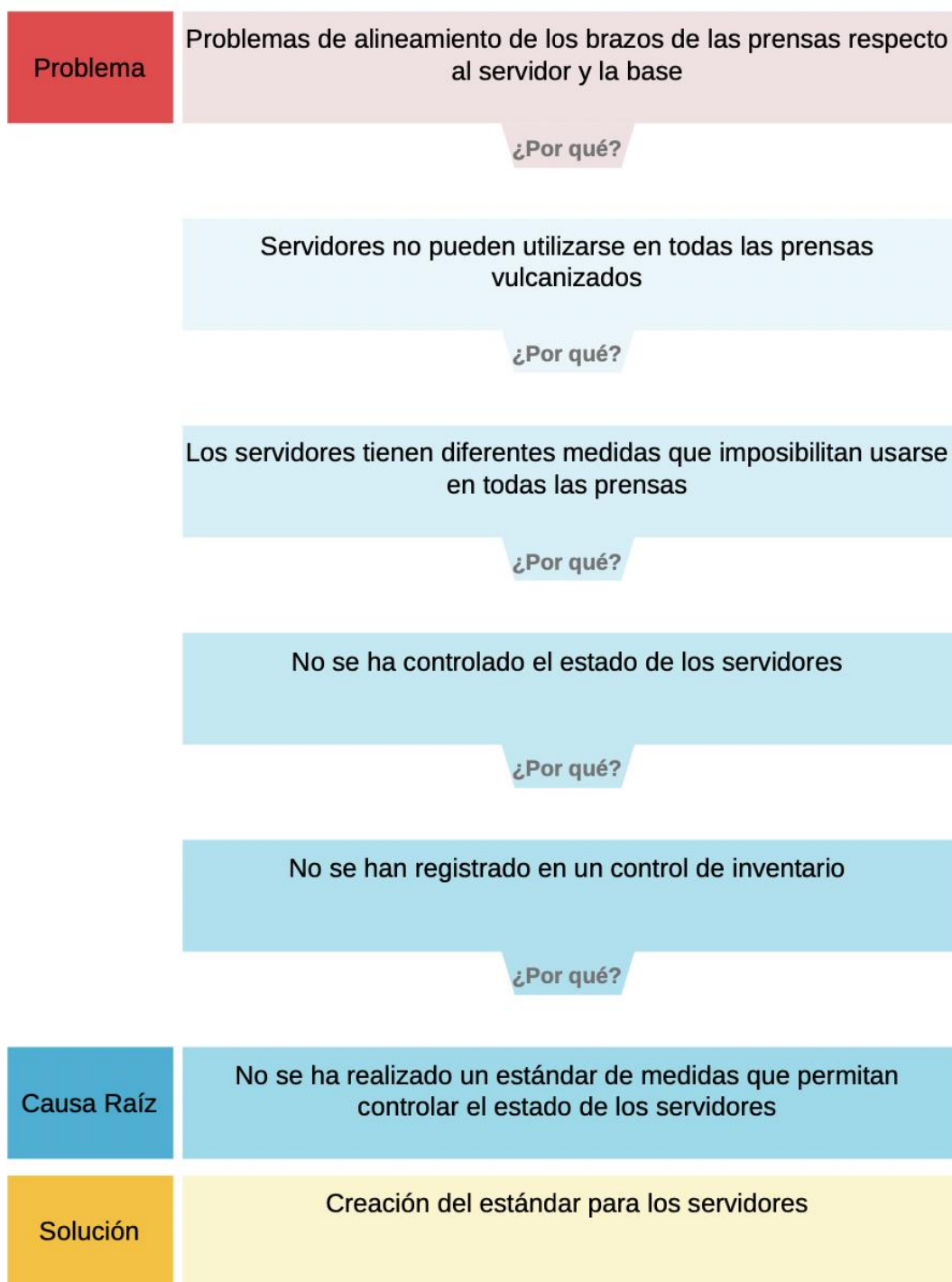
En este apartado se realizará un análisis de 5 ¿por qué? para determinar la causa real del porqué los servidores de llanta verde no se encuentran con las mismas medidas. Del mismo modo, se realizarán histogramas, gráficos y diagramas de dispersión que ayuden al análisis de los datos obtenidos del área de vulcanización.

Análisis de 5 por qué

El análisis 5 ¿por qué? será de utilidad para poder establecer una estrategia para resolver el problema de los servidores con diferentes medidas. En este análisis se van desencadenando las preguntas hasta llegar a una causa raíz y anudado a este una posible solución.

En la figura 31 se muestra el diagrama de los 5 ¿por qué? al problema principal: servidores de llanta verde se encuentran con diferentes medidas, con problemas en las llantas y sin un inventario para poder controlarlos, este se muestra a continuación:

Figura 31. Análisis de 5 ¿por qué?



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Como se mostraba en la anterior figura 31 la principal causa de que los servidores tengan medidas diferentes es debido a: modificar diagrama. La solución propuesta a este principal problema es la creación de un estándar para el ajuste de servidores y el alineamiento de las bases de las prensas.

Histograma

El histograma es una herramienta que ayuda a observar la distribución de un conjunto de datos de un proceso, en este caso de la cantidad de scrap registrados en el año 2021. Dada la información, se crea una gráfica de barras que indica de qué manera y con qué frecuencias se distribuyen los datos. Tal como se muestra en la siguiente tabla 18, es el registro de defectos por cada mes en el 2021:

Tabla 18. Reportes de scrap en el área de vulcanización en el año 2021

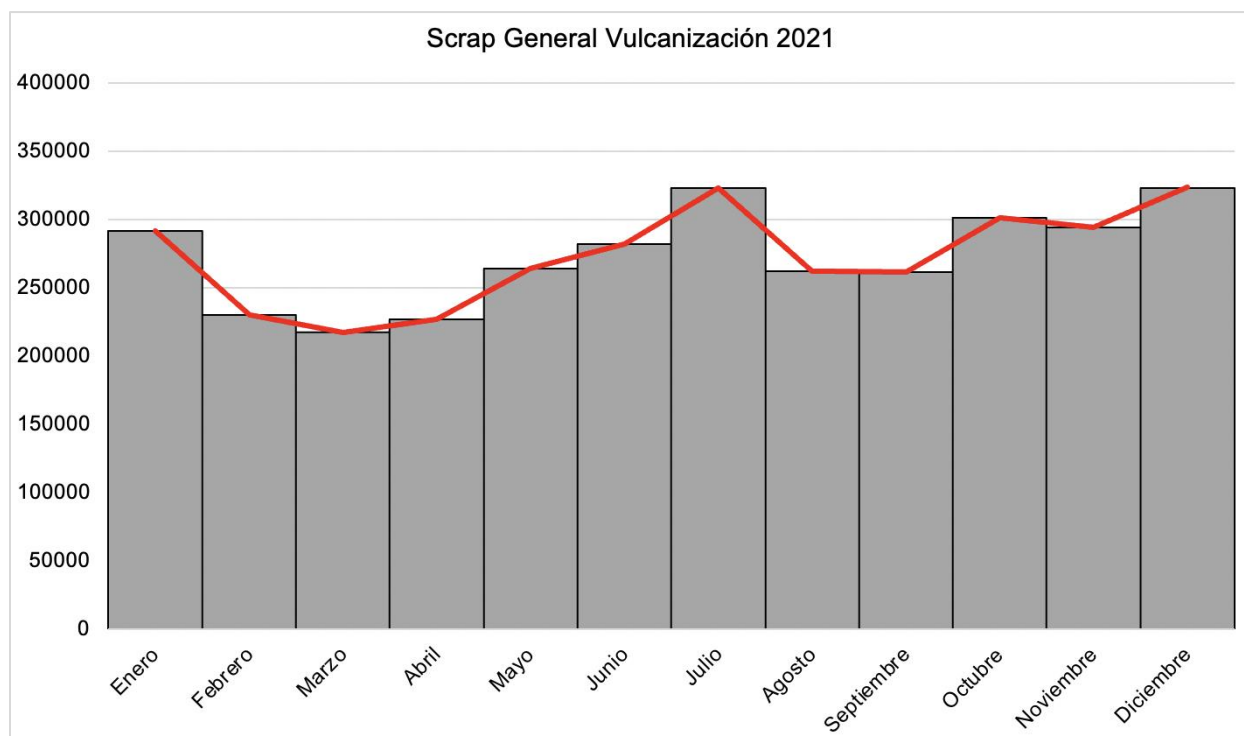
	Scrap General (94 prensas) (cantidad de llantas)	Scrap de interés (33 prensas) (cantidad de llantas)	Scrap por llanta mal cargada (cantidad de llantas)
Enero	291400	97000	1000
Febrero	230400	78100	400
Marzo	217500	78600	600
Abril	226800	83200	900
Mayo	263800	91600	1400
Junio	282000	108800	1800
Julio	323000	137100	1800
Agosto	261900	111400	3200
Septiembre	261300	112400	4100
Octubre	301300	104800	2400
Noviembre	294200	113200	1500
Diciembre	323400	127400	1400
Total	3277000	1243600	20500

Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

Como se observa en la tabla 18 en la primera columna de scrap general representa la cantidad de defectos (scrap) reportados en el área de vulcanizado, este número contempla las 94 prensas totales sin importar si utilizan servidores de llanta verde de cuatro niveles o de tres niveles. Por otro lado, la segunda columna del scrap de interés representa los registros de defectos mensuales de las prensas que utilizan solamente servidores de cuatro niveles, ya que son nuestra variable de estudio y nuestro enfoque. Al mismo tiempo, como se observó en el diagrama de Pareto del gráfico 1, el motivo de scrap o tipo de defecto que se analiza en este trabajo es el de llanta mal cargada, por lo que esta última columna representa los registros mensuales de scrap por llanta mal cargada en las 33 prensas que utilizan estos.

Como parte del análisis del scrap registrado en el 2021 por el área de vulcanización, es necesario observar el comportamiento gráfico de estos datos. Para esto, se realiza un histograma con base en la tabla 18 realizada anteriormente. Este histograma se muestra a continuación en el siguiente gráfico 2:

Gráfico 2. Scrap general del área de vulcanización en el año 2021



Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

El gráfico 2 anterior, muestra el scrap general o total del área de vulcanizado, por lo que se observa como el mes de diciembre de ese año (2021) presenta el mayor número de reportes de defectos con

una cifra de 323400, representando un 9,87% del total de registros en el año. Por otro lado, el mes que registra el menor número de reportes es marzo con 217500, representando un 6,64% del total de defectos.

Para determinar si el scrap por llanta mal cargada está presentando un impacto en la producción, debe analizarse el comportamiento en todo el año 2021 del peso registrado de scrap y la cantidad de reportes. Dado lo anterior, en la tabla 19 presentada a continuación, se observan los datos de las 33 prensas de interés con ambas cavidades (utilizan servidores de cuatro niveles) con sus respectivos reportes de scrap y su peso en kilogramos.

Tabla 19. Reportes de scrap y el peso registrado

Lado de Prensa	Reportes (llantas)	Peso (kg)	Lado de Prensa	Reportes (llantas)	Peso (kg)
A01A	800	819	E01B	200	125
A01B	800	776	E02A	600	399
A02A	400	205	E02B	0	0
A02B	1600	901	E03A	0	0
A03A	400	304	E03B	100	53
A03B	200	130	E04A	0	0
A04A	200	210	E04B	0	0
A04B	300	240	E05A	800	648
A05A	100	84	E05B	200	164
A05B	600	494	E06A	0	0
A06A	100	80	E06B	100	76
A06B	0	0	E07A	500	394
A07A	200	127	E07B	0	0
A07B	300	192	E08A	0	0
A08A	200	141	E08B	100	87

A08B	1700	1439	E09A	100	84
A09A	100	50	E09B	0	0
A09B	400	234	E10A	200	122
A10A	0	0	E10B	0	0
A10B	1300	795	E11A	0	0
B03A	0	0	E11B	200	134
B03B	100	91	E12A	0	0
B06A	200	164	E12B	0	0
B06B	400	317	F01A	100	97
D01A	200	147	F01B	900	734
D01B	0	0	F02A	300	264
D11A	900	673	F02B	800	670
D11B	800	706	F09A	400	226
D12A	300	168	F09B	0	0
D12B	400	252	F10A	0	0
D13A	300	389	F10B	100	83
D13B	100	130	F11A	800	622
E01A	0	0	F11B	600	476

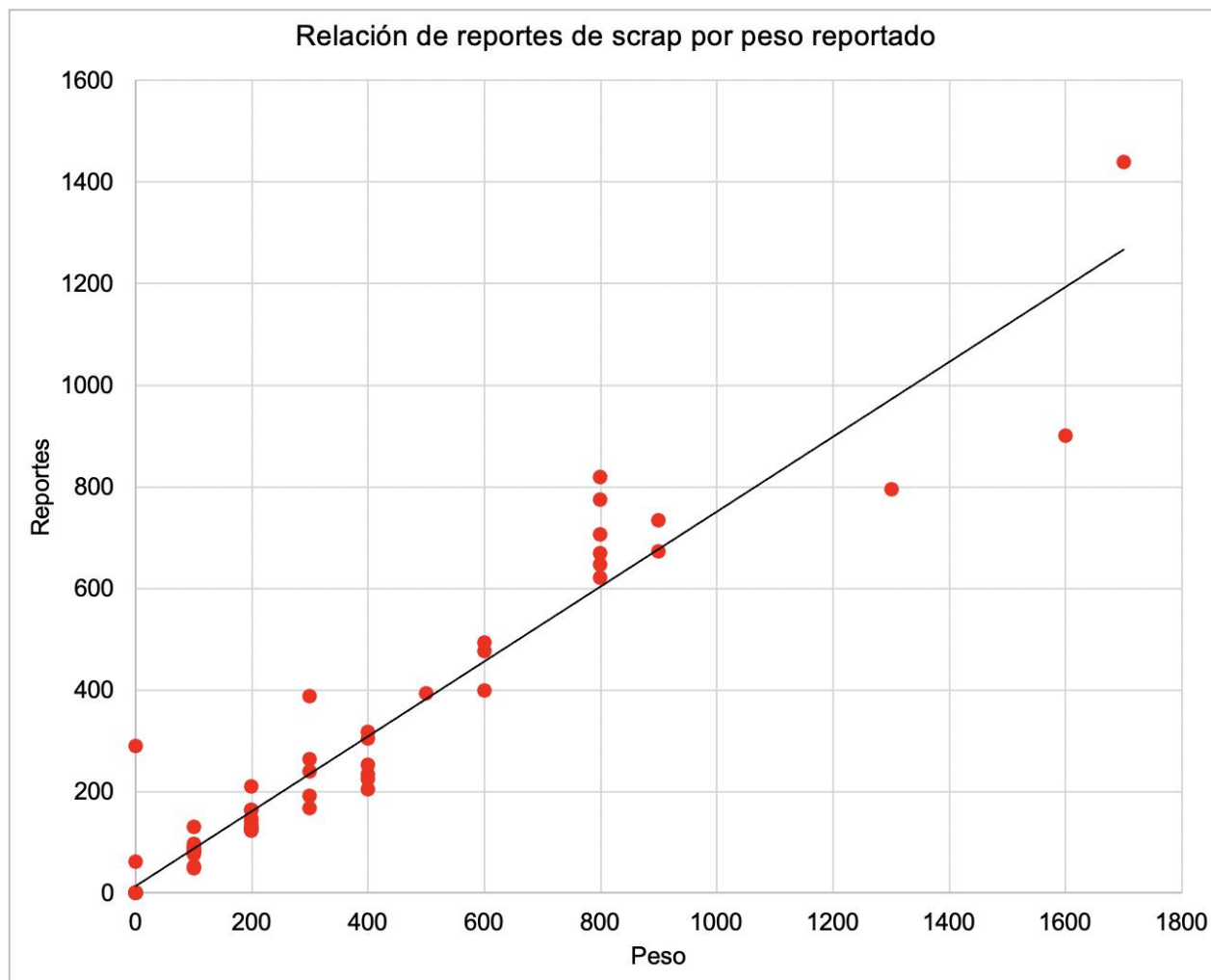
Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

Los datos mostrados en la tabla 19 anterior servirán para realizar el diagrama de dispersión, el cual pueda resumir el comportamiento de los datos y de las dos variables. Con estas se podrá determinar si la variable de reportes de scrap versus el peso presentan algún resultado positivo o negativo en cuanto a niveles de scrap en el 2021.

Se procede a realizar un gráfico de dispersión, en este se muestra el comportamiento de los datos; tanto de los reportes de scrap por llanta mal cargada como del peso del scrap. En este diagrama se

observa como los datos tienen un comportamiento que en otros casos sería positivo, ya que tiene un comportamiento creciente. Al tratarse de peso reportado por scrap este debe tender a decrecer, para indicar que sus niveles van reduciendo, por lo contrario, en el gráfico 3 se observa la tendencia a crecer respecto a cada reporte que se realice. Este comportamiento es durante todo el año 2021.

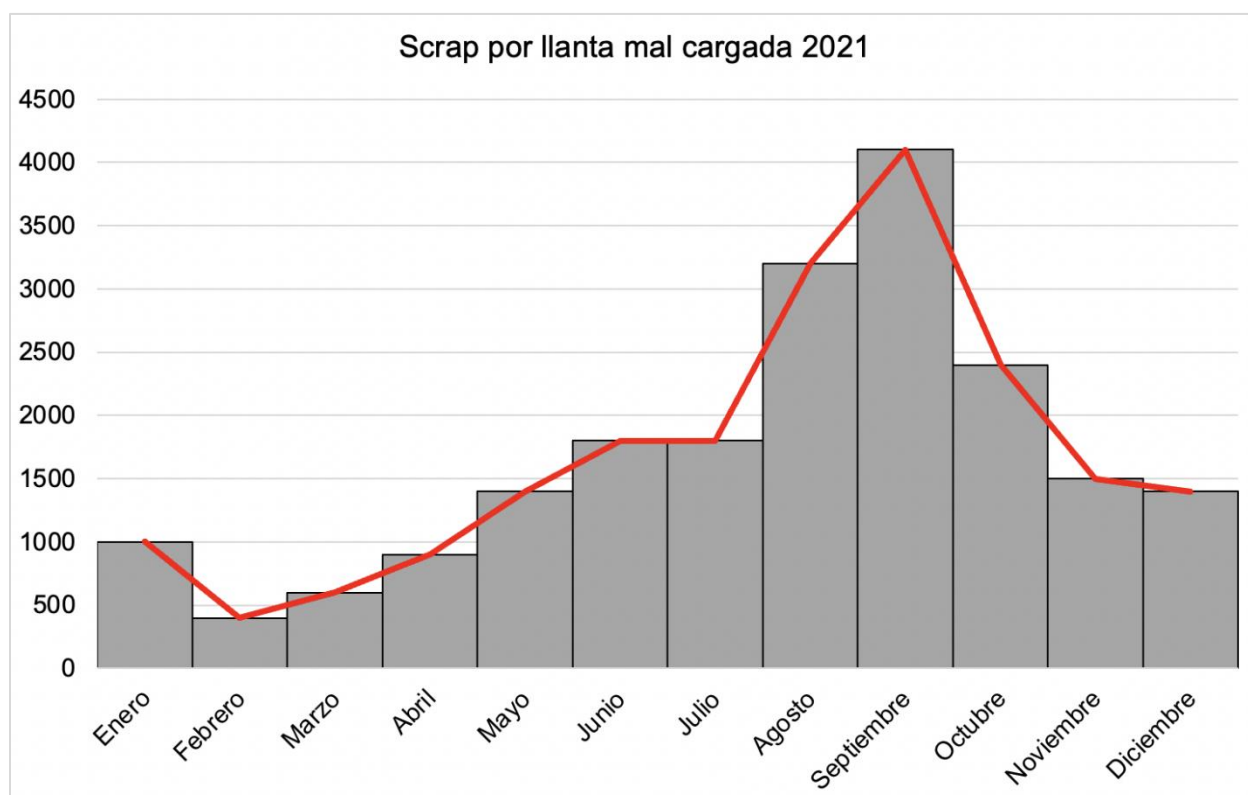
Gráfico 3. Relación de reportes de scrap por peso (Kg) de scrap



Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

Así mismo, de la tabla 19 se puede extraer un histograma con la cantidad de reportes de scrap por el defecto que se está estudiando y es: llanta mal cargada. Para esto, se observa en el siguiente gráfico 4 el comportamiento de esos datos:

Gráfico 4. Scrap (llantas) por motivo de llanta mal cargada 2021



Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

En el gráfico 4 anterior, se puede observar como el mes de setiembre registra el mayor número de reportes de scrap por llanta mal cargada en las prensas de interés (33 prensas que utilizan los servidores de cuatro niveles), con una cifra de 4100, siendo este un 20% del total registrado. Del mismo modo, el mes que registra el menor número de reportes es febrero con 400 reportes, siendo este un 1,95% del total.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis realizado en el capítulo anterior, basado en herramientas de ingeniería y los objetivos establecidos en el proyecto, se plantean las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Conclusiones

- Se realiza un análisis del estado de los servidores y las bases, los cuales no cuentan con un estándar establecido o algún procedimiento que incluya las medidas ideales para transportar todas las medidas de las llantas. Del mismo modo, se identifican los problemas presentados en los servidores; como las paletas quebradas, los sujetadores de las ruedas quebrados, el desgaste y caída de los soportes de hule de las paleras.
- Se identifica el procedimiento de carga de llantas en los servidores de cuatro niveles que se encuentran fijos en las prensas. Este procedimiento se explica por medio de un diagrama de flujo, el cual detalla las actividades que el operario realiza sin considerar posturas ergonómicas o que faciliten el traslado de las llantas.
- Se realiza el análisis de riesgos de las actividades desarrolladas por el operario de las prensas, tanto al momento de cargar las llantas como cuando las traslada y cuando realiza el alineamiento de las bases. A partir de esta matriz de riesgos, se realiza el estudio ergonómico de las posturas, en el que se muestra la forma en que el operario carga las llantas y como este realiza los movimientos. En este estudio, no solo se muestra visualmente las posturas sino también, el análisis establecido por la empresa Bridgestone de las tareas y actividades, el cual usa como referencia el método OWAS y RULA. Se determina una puntuación de 44, el cual, según la escala de aproximación de riesgos, puede generar sobrecargas físicas para la persona.
- Se detalla el proceso de alineamiento de las bases en las que ingresan los servidores, el cual no tiene un diseño definitivo que impida que esta se desajuste y se mueva de sus anclajes. Así mismo, se muestran los pasos que el personal de mantenimiento realiza para centrar el servidor del centro del brazo de la prensa.
- Se miden las consecuencias a partir del diagrama de Ishikawa, el cual detalla los diferentes factores que involucran el desajuste y no estandarización de los servidores y sus bases. Estos para poder atacar la razón principal del problema y determinar así una posible solución.

- Se muestran y analizan los históricos de los reportes de scrap, los cuales tienen como objetivo mostrar una comparación del año 2021 con el 2022, en cuanto a niveles de desechos presentados en el departamento de vulcanización. Dados los datos, se realiza un diagrama de Pareto que permite identificar las principales causas del scrap, en el cual se muestra “scrap por llanta mal cargada” como uno de los motivos principales y que se encuentra ligado directamente al desajuste y alineamiento de los servidores y bases.

Recomendaciones

- Realizar un inventario actual de los servidores que se encuentren en la planta, el cual contenga el número o código del carrito, las medidas de las secciones que requieren ajustarse. Este inventario debe actualizarse cada vez que se realice alguna modificación, ya sea cuando se ingresen servidores nuevos a la empresa o cuando requiera repararse o ajustarse alguna pieza o sección del carrito.
- Crear un estándar de medidas del servidor que permita transportar todos los tipos de llantas y que estos no se vean desajustados por el personal. Este estándar debe incluir un procedimiento detallado de las consideraciones y actividades que deben de realizar para que todos los carritos midan lo mismo o que se encuentren dentro de un rango o parámetro. Este estándar debe incluir medidas, características, registros, ayudas visuales e información necesaria que facilite la interpretación del nuevo procedimiento.
- Realizar un nuevo procedimiento de carga de servidores, ya que el estándar que se proponga deberá permitir intercambiar los carritos que se ingresen en cada prensa.
- Se recomienda realizar un análisis de riesgos con las actividades del nuevo procedimiento de carga de llantas, ya que el nuevo estándar permite eliminar movimientos que el operario realiza y disminuir el impacto a nivel físico y ergonómico. Se debe calcular con la misma plantilla utilizada por la empresa y así determinar la escala aproximada de riesgo de los nuevos pasos.
- Se recomienda realizar un nuevo diseño de las bases de las prensas, que permita, no solo mantener centrado el brazo de la prensa respecto al centro del carrito, sino que este funcione como una medida definitiva de ajuste y anclaje, el cual no tenga que estar en constante modificación como se encontraba en planta.

- Realizar una comparación de la cantidad de scrap (cantidad de llantas) reportadas en el primer cuatrimestre del 2022 y contrastarlas con los obtenidos en el 2021. Esto para establecer gráficos de comparación sobre el reflejo de las cifras que se obtengan cuando el nuevo estándar y aplicación de un nuevo diseño se realicen e implemente. Del mismo modo, determinar los costos involucrados en los reportes del scrap del área de vulcanización.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

En este capítulo se desarrolla la propuesta, esto después de haberse analizado la situación actual de los servidores de llanta verde de cuatro niveles junto con las bases de las prensas vulcanizadoras. Dado esto, se presenta la propuesta que permite tanto la estandarización de los carritos, así como el plan de implementación del nuevo diseño de las bases; para lograr objetivos de reducción de scrap en el área de vulcanización.

Propuesta

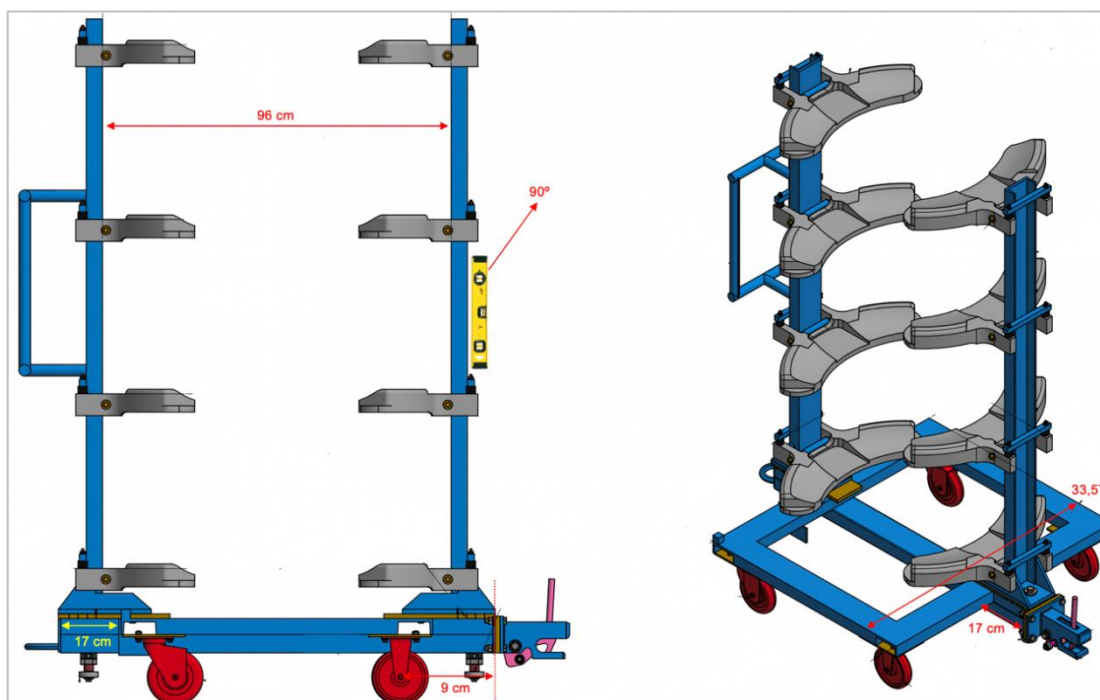
Para desarrollar la propuesta de estandarización de los servidores de llanta verde de cuatro niveles, es necesario conocer el número real en planta de los carritos y el estado en que se encuentran. Para esto, se realiza un inventario que incluya las medidas que se utilizarán como referencia o parámetro del estándar, estas características del servidor a medir son:

- Número de servidor (código de barras)
- Medida de la base (distancia a lo ancho del carrito)
- Medida interna de poste a poste
- Medida del centro de la llanta delantera hasta el borde de la base
- Nivel de los postes (grados de inclinación)
- Medidas de la carcasa y la argolla de enganche

Dadas las características anteriores, se procede a hacer el inventario. Para esto se utiliza la herramienta Excel, cinta métrica y un nivel. Seguidamente se desarrolla una tabla en la cual se ingresan los datos de las mediciones obtenidas de cada uno de los servidores. La tabla de las medidas obtenidas puede observarse en el apéndice A.

Al anotarse las medidas de todos los 463 servidores, debe identificarse los servidores que no se encuentran estandarizados. Para determinar si los carros se encuentran fuera de las indicaciones, es necesario establecer el estándar de parámetros que deben de cumplir las características que se mencionaron anteriormente. Para esto, se muestra en la figura 32 las medidas que deben cumplir los servidores, tanto para la base del carrito, como la distancia entre postes, distancia de centro de la llanta delantera al borde de la base y las distancias desde la carcasa y la argolla hasta el borde del servidor:

Figura 32. Medidas del estándar de servidores de llanta verde



Nota: Bridgestone Costa Rica, departamento de Proyectos

Como se observa en la anterior figura 32, las medidas a considerar para estandarizar los servidores deben cumplir las especificaciones con una tolerancia de ± 5 cm. Lo anterior por motivos de tamaños establecidos de diámetros de las llantas, los cuales se manejan entre los 66,8cm y los 66,9cm. Para comprender las medidas estándar de los carritos, se muestra en resumen en la siguiente tabla 20:

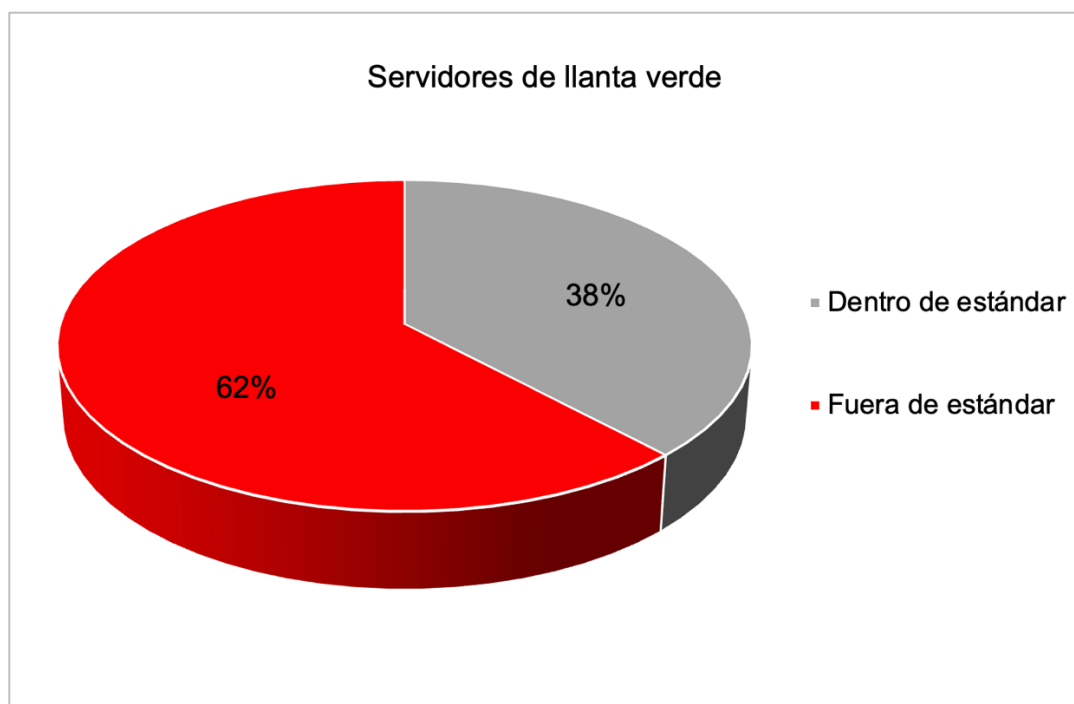
Tabla 20. Medidas del estándar de los servidores

Característica	Medida	Unidad	Tolerancia
Distancia de poste a poste	96	cm	± 5 cm
Ancho del servidor	33,5	in	± 5 in
Distancia de llanta delantera al borde	9	cm	± 5 cm
Distancias de carcasa y argolla al borde	17	cm	± 5 cm

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Realizado el inventario de los servidores y siendo estos registrados en la plantilla de Excel, se debe conocer la cantidad de carros que se encuentran dentro del estándar y de esta forma identificar los que requieren ajustes, el tipo de ajuste y la prioridad de acuerdo con el tipo de medida que presente. Para esto, se identificó que solamente 176 (38%) servidores estaban dentro de las medidas estándar y sus tolerancias, mientras que 287 (62%) carros necesitaban de intervención. Los resultados de esas cifras se representan en el siguiente gráfico 5:

Gráfico 5. Estado de los servidores de llanta verde



Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

La forma de identificar los servidores que se salen del estándar de medidas según la tabla 20 es por medio de aplicación de fórmulas en Excel condicionales, de esta manera se puede conocer cuáles servidores requieren modificaciones.

Dado lo anterior, se conocen los carros de llanta verde que deben ajustarse y estandarizarse en el taller de reparación. Para que el personal pueda realizar las respectivas modificaciones se crea una ayuda visual con los diferentes chequeos que deben hacer a cada servidor; este para tener un control estructurado del procedimiento de modificaciones y para que no se omita algún paso del estándar. A continuación, en la figura 33 se muestra la ayuda visual para realizar ajustes en taller:

Figura 33. Ayuda visual del estándar de servidores para usar en taller

<p>1 Distancia interna de poste a poste: 96cm Verificar que los postes estén ajustados.</p>				<p>3 Verificar el espacio por el que sale el gancho, debe ser de 0.75 = 3/4". Desgastar el gancho o ampliar espacio.</p>
		<p>2 Verificar las distancias respecto al centro de la base (que sean iguales), ajustar y marcar cada servidor. Marcar centro de la base con una X.</p>		
<p>4 Distancia de llantas delanteras al borde de la base: 9cm Importante que la llanta delantera quede como en imagen izquierda.</p>		<p>5 Revisar estado y modificar si se requiere.</p>		
		<p>7 Verificar estado de paletas</p>		
<p>6 Revisar que los servidores cuenten con 16 hules</p>		<p>8 Verificar que tenga 1 código de barras y placa de activos. Colocar pintura azul a marcas extras.</p>		

Nota: Sofía Rojas Alfaro, con información brindada por Bridgestone Costa Rica

Como se observa en la figura 33 anterior, la ayuda visual requiere de la revisión de algunos aspectos como:

1. Verificación y ajuste de los postes del servidor. Este debe tener la media de $96\text{cm} \pm 5\text{cm}$, de caso contrario debe corregirse.
2. Verificar las distancias desde la carcasa y la argolla, hasta el borde de la base. Este debe de incluir el marcaje de las líneas para facilidad de identificación cuando los postes estén desajustados. Estas marcas deben estar a 7cm aproximadamente del borde y deben realizarse con la esmeriladora para después señalar con marcador. Del mismo modo, realizar la marca en el centro del servidor con la esmeriladora para después marcar, ya que este centro permitirá definir si el servidor está centrado respecto al brazo de la máquina.
3. Verificar el espacio del gancho de la carcasa, ya que este debe de subir y bajar sin inconvenientes, de ser necesario debe hacerse un desgaste de la pieza.
4. Verificar la distancia de la llanta delantera hasta el borde de la base del carrito, esta debe ser de 9cm. Es importante la modificación de la rueda en caso de no encontrarse en ángulo de 90° .
5. Revisar el estado de la argolla, ya que puede estar quebrada.
6. Revisar y reponer en caso de ser necesario, los hules que funcionan como topes de las paletas. Estos deben ser 16 hules, ya que son 2 por paleta y el servidor cuenta con 8 paletas.
7. Verificar el estado de las paletas, que estas no se encuentren quebradas. De ser necesario sustituirla con solicitud de bodega.
8. Verificar que los servidores cuenten con el código de barras correspondiente y que no se encuentre repetido, así como la colocación de pintura azulada. Como parte del inventario realizado, estos se cambiaron para evitar confusiones en los registros.

Como se mencionó en el punto 8, estos servidores deben de contar con un código de barras que debe ser único. Para esto se utilizan calcomanías para que se puedan identificar con facilidad y para que su registro pueda realizarse más rápido. Las mismas cuentan con la posibilidad de ser pegadas con facilidad, retirando la parte trasera de este. La calcomanía utilizada tiene las siguientes características, como se muestra en la siguiente figura 34:

Figura 34. Calcomanía con código de identificación de servidores



Nota: Bridgestone de Costa Rica

Tomando como referencia la ayuda visual, el procedimiento a realizar y las medidas que debe contemplar; se procede a realizar las respectivas modificaciones de los 287 servidores fuera del estándar, así como la respectiva aplicación de pintura, marcaje y colocación de la calcomanía a los carritos que estaban dentro de las medidas pero que necesitaban cumplir con el estándar en su totalidad. Para esto se necesitó de 5 meses, dando inicio en enero del 2022 y finalizando la estandarización del 100% de los carritos (463) en mayo del 2022; en las que involucraba trasladar a taller los servidores y modificarlos de acuerdo con sus necesidades.

Partiendo de lo anterior, se puede mostrar el resultado de la estandarización de los servidores y las características que ahora presentan en planta. Como se puede observar en las figuras 35, 36, 37, el servidor cuenta con su respectiva marcación a los bordes, lo cual permite tanto al operario, personal de mantenimiento y taller, diferenciar e identificar a simple vista si un servidor ha sido modificado o si se encuentra fuera del estándar.

Como se mencionó anteriormente, estas marcas se realizan con la esmeriladora para después ser pintadas con un marcador. Del mismo modo, se observa como las llantas presentan la posición que requieren, tanto la delantera en ángulo de 90° (fotografía izquierda) y la trasera con un ángulo

aproximado a los 45° (fotografía derecha). A continuación, en la figura 35 se detallan las posiciones de las llantas y en la figura 36 el marcaje de los laterales de los servidores estandarizados:

Figura 35. Posición de las llantas de los servidores estandarizados



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Figura 36. Marcaje lateral de los servidores estandarizados



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Además, se colocaron las calcomanías con su respectivo número para lograr diferenciar, registrar y controlar los servidores. Esto en caso de presentarse una futura modificación con alguna medida nueva de llanta (diámetro diferente a los habituales) o si se requiere hacer nuevos ajustes. Del mismo modo, la colocación de pintura azulada en todo el servidor para retirar marcas realizadas en oportunidades pasadas. A continuación, en la figura 37 se presenta el servidor estandarizado en su totalidad y con las medidas permitidas.

Figura 37. Servidor estandarizado e identificado



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Especificado el resultado de los servidores respecto a su estandarización, se muestra en la siguiente figura 38 un resumen de cómo queda cada uno de los carritos de llanta verde de cuatro niveles, el cual indica las medidas entre postes de 96cm, la correcta colocación de las ruedas, el marcaje en cada uno de los costados con su respectiva medida, así como la marca en el centro del servidor que permite identificar con mayor facilidad al momento de alinear las bases respecto al brazo de las prensas vulcanizadoras:

Figura 38. Resumen del estado de los servidores estandarizados



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Aplicado el estándar de los servidores de cuatro niveles, se realizan modificaciones en el proceso de carga y descarga de llantas en las prensas. Como se mencionada en los apartados anteriores, los operarios debían realizar el procedimiento de manera manual, ya que los servidores presentaban diferentes medidas y no se podía mover o cambiar los carritos, por lo que debían mantener uno fijo y así trasladar cada llanta.

Con la propuesta y aplicación del nuevo estándar, los operarios ya no deben realizar el procedimiento de carga y descarga de llantas de forma manual, sino que esta tarea se elimina y se sustituye por el procedimiento de ingresar y retirar los servidores directamente a la prensa. Este se puede ver representado por medio de un diagrama de flujo.

Proceso de carga y descarga de servidores

Para este nuevo proceso, el operario toma el servidor vacío y lo retira de la prensa para luego sustituirlo por uno lleno. El nuevo procedimiento se presenta en la siguiente figura 39:

Figura 39. Diagrama de flujo proceso de carga de servidores con llantas propuesto



Nota: Sofía Rojas Alfa

Matriz de Análisis de Riesgos

Dado el nuevo estándar propuesto y aplicado, es importante determinar el nuevo impacto y análisis de riesgos que traen consigo las nuevas tareas y procedimientos realizados por el personal. Para esto, se analizan las tareas: colocar el servidor con llantas en la prensa, traslado de servidores con llantas, alineamiento de las bases de las prensas y el biselado en las bases (propuesta de bases de las prensas que se desarrollará en otro apartado). El nuevo análisis se presenta en la siguiente figura 40:


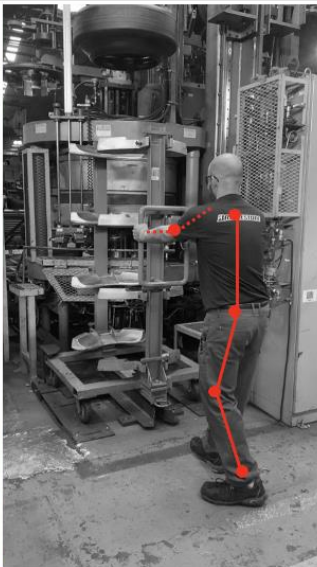




Figura 40. Análisis de riesgos con aplicación de propuesta

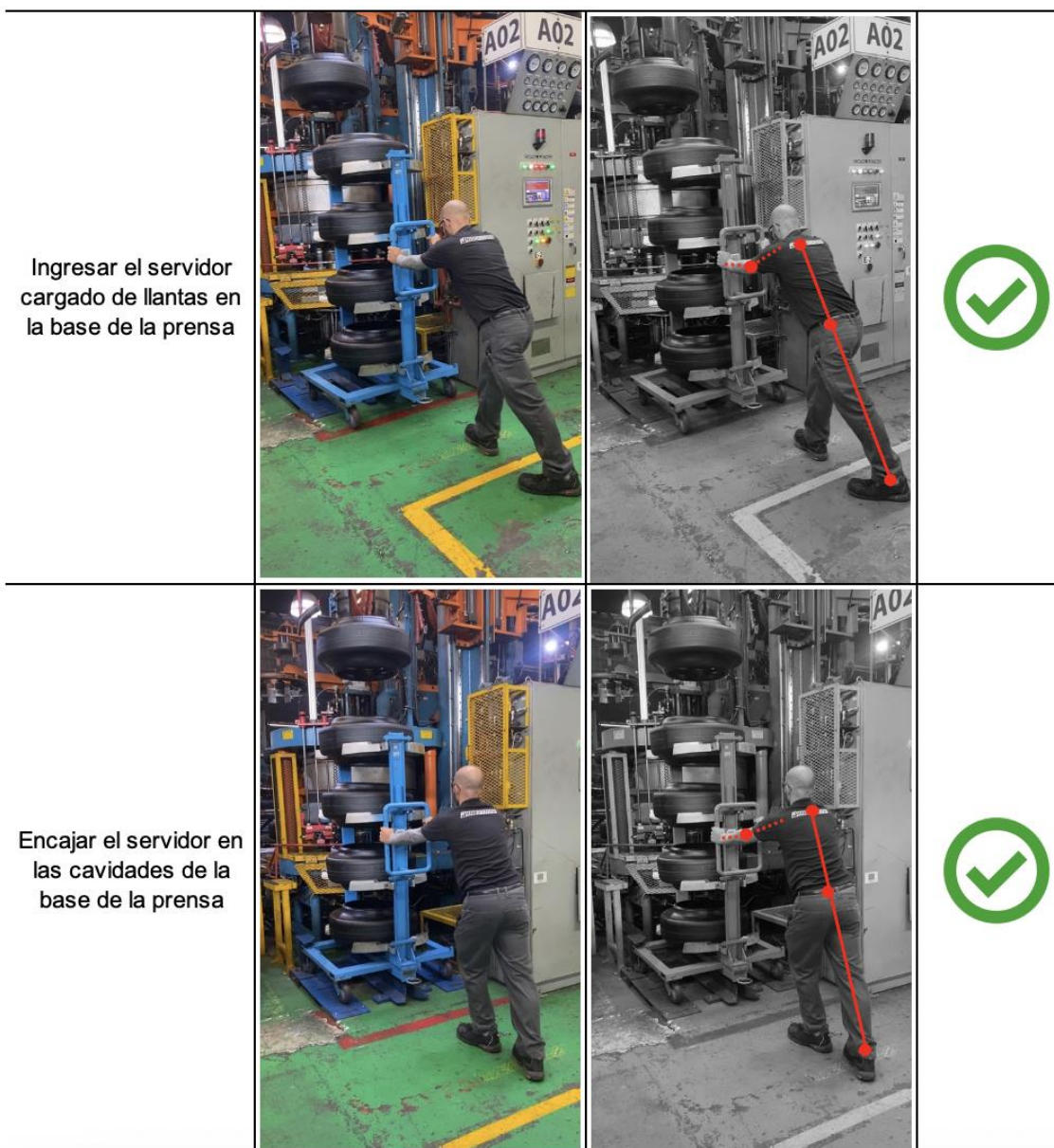
Design Phase											Safety Release Phase						
Initial Risk Estimation						Risk Reduction					Validation (test and check)						
Item ID	User - Task	Service/Maint	Hazard	Initial Risk Level	Minimum System Performance /PLr	Urgency	Protective Measure				Description	Target Completion Date	Responsible Person	Residual Risk Level	Acceptable Risk	Actual Completion Date	
							Lim.InterA.	Training	PPE/Eye	PPE/Hearing							PPE/Glove
1	Operator Colocar servidor con llantas en prensa	No	Servidor con llantas Ergonomics, Espalda, brazos	NEGLIGIBLE	N/A	None	Lim.InterA.	Training	PPE/Eye	PPE/Hearing	PPE/Glove	Risk is reduced by Design out - Limiting Interaction, Training and safe work procedures, Eye protection (safety glasses), Hearing protection, Gloves	15/5/22	Sofía Rojas	NEGLIGIBLE	Acceptable	20/5/22
2	Operator Traslado de servidores con llantas	No	Servidor Fracture, Cuerpo	LOW	PLr B	Eventually	Elimination	Training	PPE/Eye	PPE/Hearing	PPE/Glove	Risk is reduced by Design out - Elimination, Training and safe work procedures, Eye protection (safety glasses), Hearing protection, Gloves	15/5/22	Sofía Rojas	LOW	Acceptable	20/5/22
3	Maintenance Alineamiento de las bases de las prensas	Yes	Brazo de la prensa Lacerations, Brazos	LOW	PLr B	Eventually	Substitution	Training	PPE/Eye	PPE/Hearing	PPE/Glove	Risk is reduced by Design out - Substitution, Training and safe work procedures, Eye protection (safety glasses), Hearing protection, Gloves	TBD	Sofía Rojas	LOW	Acceptable	TBD
4	Maintenance Biselado en bases de las prensas	No	Herramientas utilizadas Lacerations, Manos	MEDIUM	PLr C	Soon	Lim.InterA.	PPE/Eye	PPE/Hearing	PPE/Glove	PPE/Shoe	Risk is reduced by Design out - Limiting Interaction, Eye protection (safety glasses), Hearing protection, Gloves, Steel toe shoe	TBD	Sofía Rojas	MEDIUM	Not Acceptable	TBD

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Como se muestra en la figura 40 anterior , las nuevas tareas presentan un nivel más bajo, aceptable e incluso insignificante de riesgo. Al haberse eliminado la tarea de carga manual de las llantas, el operario reduce el riesgo existente y minimiza las posibilidades de un accidente, esto con la tarea del traslado de los servidores, ya que estos son por medio de un roda cargas; al haberse estandarizado y reparado servidores, el riesgo de que un servidor se suelte de la fila al ser movido de armado a vulcanización se ve reducido. Del mismo modo, se realiza el nuevo análisis ergonómico en la figura 41 de las posturas del operario al momento de realizar cambio del servidor vacío por uno con llantas:

Figura 41. Análisis ergonómico de las actividades del operario con propuesta implementada

Actividad	Procedimiento	Análisis Ergonómico	Condición
<p>Sacar el servidor de las cavidades de la base de la llanta del servidor sin llantas</p>			
<p>Sacar el servidor sin llantas de la base de la prensa</p>			



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Como se observa en la figura 41 anterior, el operario debe empujar el servidor y esta tarea la realiza con una postura óptima para evitar futuras afectaciones en la espalda y brazos. Al igual que la posición de los pies respetan la adecuada postura, uno hacia adelante que le ayude a impulsar con facilidad y el otro más atrás que le sirva como soporte y estabilidad al tronco.

Dado lo anterior, se procede a realizar el análisis de cálculo de riesgo de las tareas, los cuales requieren determinar la puntuación del elemento tiempo, la puntuación de la carga, postura y condiciones de trabajo, así como la respectiva evaluación.

Paso 1. Determinación de la puntuación del elemento tiempo.

Para este paso debe seleccionarse el tiempo en que debe realizar las actividades en el día, en este caso el operario debe colocar servidores con llantas en lapsos de tiempo de 20-30 minutos cuando deben alimentar las prensas. En la siguiente tabla 21 debe seleccionarse la puntuación del tiempo de las actividades realizadas:

Tabla 21. Puntuación del elemento tiempo

Operaciones de elevación o desplazamiento (<5 s)		Sujeción (<5 s)		Transporte (<5 m)	
Número por día de trabajo	Puntuación Tiempo	Duración total en el día de trabajo	Puntuación Tiempo	Duración total en el día de trabajo	Puntuación Tiempo
< 10	1	< 5	1	< 300 m	1
de 10 a < 40	2	de 5 a 15 min	2	de 300 m a < 1 km	2
de 40 a < 200	4	de 15 min a < 1 h	4	de 1 a < 4 km	4
de 200 a < 500	6	de 1 h a < 2 h	6	de 4 a < 8 km	6
de 500 a < 1000	8	de 2 h a < 4 h	8	de 8 a < 16 km	8
≥1000	10	≥ 4 h	10	≥16 km	10

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

Paso 2. Determinación de la puntuación de la carga, la postura y las condiciones de trabajo.

Para este segundo paso se evalúa la carga neta, la cual es la fuerza real de acción que es necesaria para mover una carga. En la siguiente tabla 22 debe seleccionarse la carga que empujan y trasladan los operarios.

Tabla 22. Puntuación de la carga de trabajo





Carga neta para los hombres	Puntuación carga	Carga neta para las mujeres	Puntuación carga
< 10 kg	1	< 10 kg	1
de 10 a < 20 kg	2	de 5 a < 10 kg	2
de 20 a < 30 kg	4	de 10 a < 15 kg	4
de 30 a < 40 kg	7	de 15 a < 25 kg	7

◦40 kg	25	◦25 kg	25
--------	----	--------	----

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

Para la siguiente tabla 23 debe seleccionarse las posturas que el operario suele realizar al momento empujar los servidores. En este caso y como se mostraba visualmente en la figura 41, el operario realiza posturas en las que mantiene la espalda erecta y se da una ligera inclinación del torso sin perder la postura correcta.

Tabla 23. Postura con la posición de la carga

Posturas típicas de la posición de la carga	Postura, posición de la carga	Puntuación postura
	<ul style="list-style-type: none"> • Parte superior del cuerpo erecta, sin torsión. • Al elevar, transportar y descender la carga, esta permanece cerca del cuerpo. 	1
	<ul style="list-style-type: none"> • Inclinación o torsión del tronco. • Al elevar, transportar y descender la carga, este permanece entre cerca y a media distancia del cuerpo. 	2
	<ul style="list-style-type: none"> • Inclinación pronunciada hacia abajo o hacia adelante. • Inclinación ligera hacia adelante con torsión simultánea del tronco. • Carga lejos del cuerpo o por encima de los hombros. 	4
	<ul style="list-style-type: none"> • Inclinación pronunciada hacia adelante con torsión simultánea del tronco. • Carga lejos del tronco. • Poca estabilidad de la postura cuando se está de pie. • Posición agachada o de rodillas. 	8

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

En la siguiente tabla 24 debe seleccionarse la condición de trabajo en que se realizan las actividades del operario al momento de empujar el servidor lleno hasta la prensa. Para esta actividad el personal cuenta con el espacio suficiente, ya que el área está despejada y con la capacidad de colocar los servidores en la prensa.

Tabla 24. Condiciones de trabajo

Condiciones de trabajo	Puntuación condición de trabajo
Buenas condiciones ergonómicas, como lo son el suficiente espacio, ausencia de obstáculos físicos dentro del espacio de trabajo, suelo sin desniveles y sólido, iluminación suficiente, buenas condiciones de agarre.	0
Espacio restringido para movimiento y condiciones ergonómicas desfavorables, como lo son el espacio restringido para movimiento por una altura demasiado bajo o un área de trabajo inferior a 1,5 m ² o 2 m ² , estabilidad de la postura perjudicial por un suelo con desniveles o blando.	1
Espacio para movimientos fuertemente restringido o inestabilidad del centro de gravedad de la carga.	2

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

Para las condiciones de trabajo se selecciona una puntuación de 0, ya que las condiciones ergonómicas, el espacio y el espacio de trabajo se encuentran en óptimas condiciones y no cuenta con obstáculo físicos.

Paso 3. Evaluación.

Tabla 25. Evaluación total del análisis

	Puntuación de carga (Tabla 22)	1						
+	Puntuación postura (Tabla 23)	1						
+	Puntuación condición de trabajo (Tabla 24)	0						
=	Total	2	x	Puntuación tiempo (Tabla 21)	4	=	Puntos totales de riesgo	8

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

La evaluación de la tabla 25 anterior da como resultado las puntuaciones de la carga, postura, condiciones de trabajo y el tiempo. Estos dan como resultado una puntuación total del riesgo de 8, el cual según la tabla 26 lo coloca en un nivel de riesgo de 1, el cual tiene una situación de baja carga y que es improbable que se produzca una sobrecarga física.

Tabla 26. Evaluación aproximada del riesgo

Nivel de riesgo	Escala	Puntuación de riesgo	Descripción
1		< 10	Situación de baja carga, es improbable que se produzca una sobrecarga física
2		de 10 a < 25	Situación de aumento de carga, es posible que se produzca una sobrecarga física en personas menos resistentes. Para este grupo, ayudará un nuevo diseño del lugar de trabajo
3		de 25 a < 50	Situación de gran aumento de la carga, es posible que se produzca sobrecarga física también para las personas con una resistencia normal. Se recomienda volver a diseñar el lugar de trabajo.
4		≥ 50	Situación de carga alta, es probable que se produzca sobrecarga física. Es necesario volver a diseñar el lugar de trabajo.

Nota: Bridgestone Costa Rica, 2022

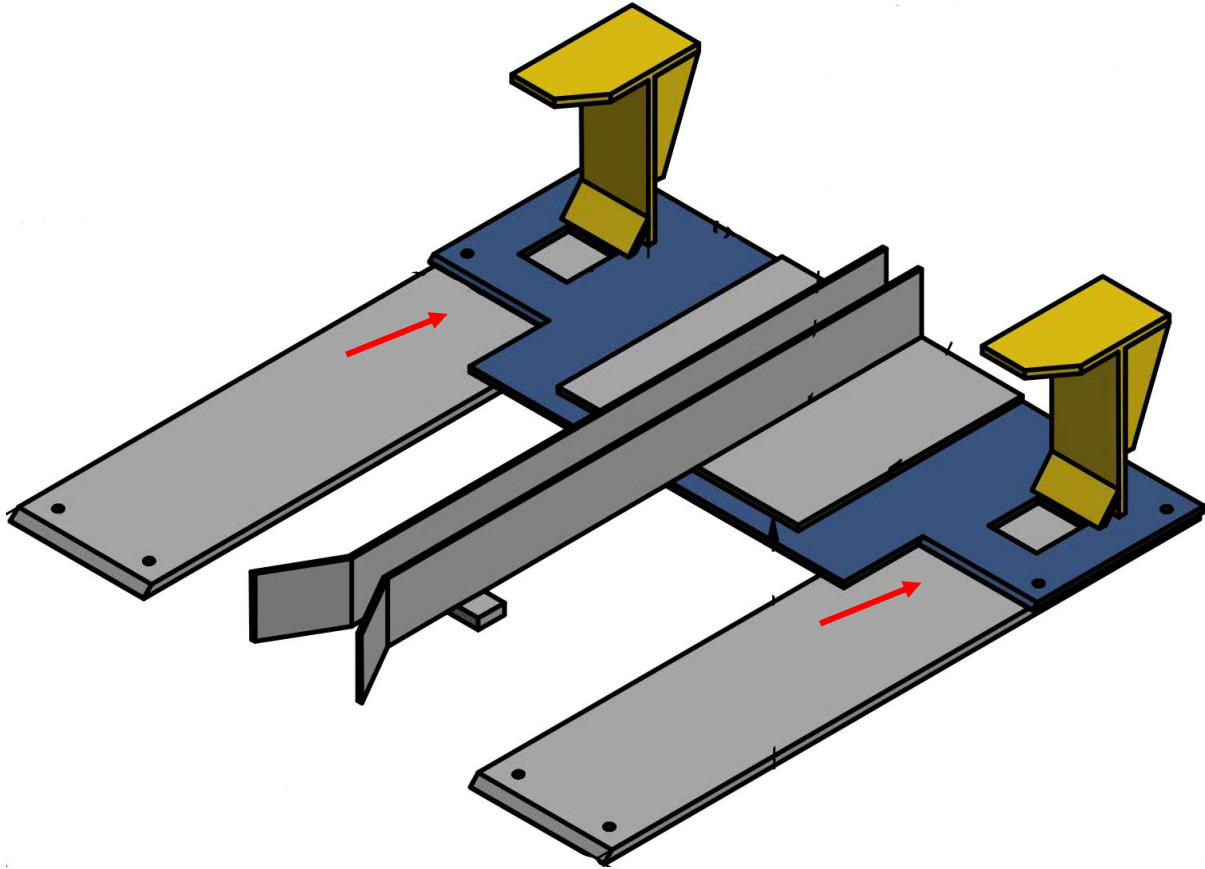
Propuesta de diseño de bases

Como parte del estándar de los servidores también se encuentra el estado de las bases, ya que estas no se encuentran alineadas y requieren de un proceso estandarizado. Para esto se desarrolla la propuesta de un nuevo diseño de la base, el cual contará con características que le faciliten al operario el ingreso del servidor y que este quede centrado respecto al brazo de la prensa, de tal forma que su diseño permita minimizar el desajuste presentado.

La base tiene una placa de aproximadamente ½ cm, lo que obliga al operario tener que ingresar el servidor con fuerza y este es detenido por el tope de la base. Este constante golpeteo genera que la base se corra hacia adelante. Dado lo anterior, la propuesta consiste en realizar un nuevo diseño de

la base, específicamente en la sección por donde se ingresan las llantas delanteras, tal como se muestra en la siguiente figura 42:

Figura 42. Diseño actual de las bases

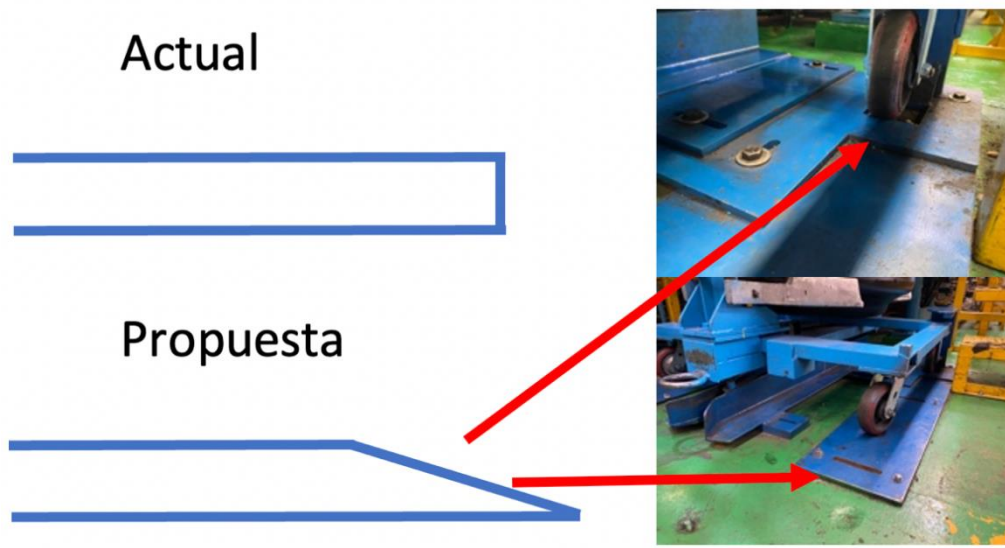


Nota: Bridgestone Costa Rica, departamento de Proyectos

Dada la situación observada en la figura 42 anterior, se propone un nuevo diseño que elimina por completo la necesidad de ingresar el servidor con fuerza. Se trata de un biselado en la sección de la placa, creando así un desgaste y causando así un desnivel o “rampa” por la sección que ingresan las ruedas delanteras. Este biselado permite que la sección por donde las llantas pasan por la placa no se vaya a ver afectada por el movimiento del servidor cargado, ya que el espacio que se crea para que las ruedas delanteras se encajen en la base dificulta al operario retirarlas o ingresarlas.

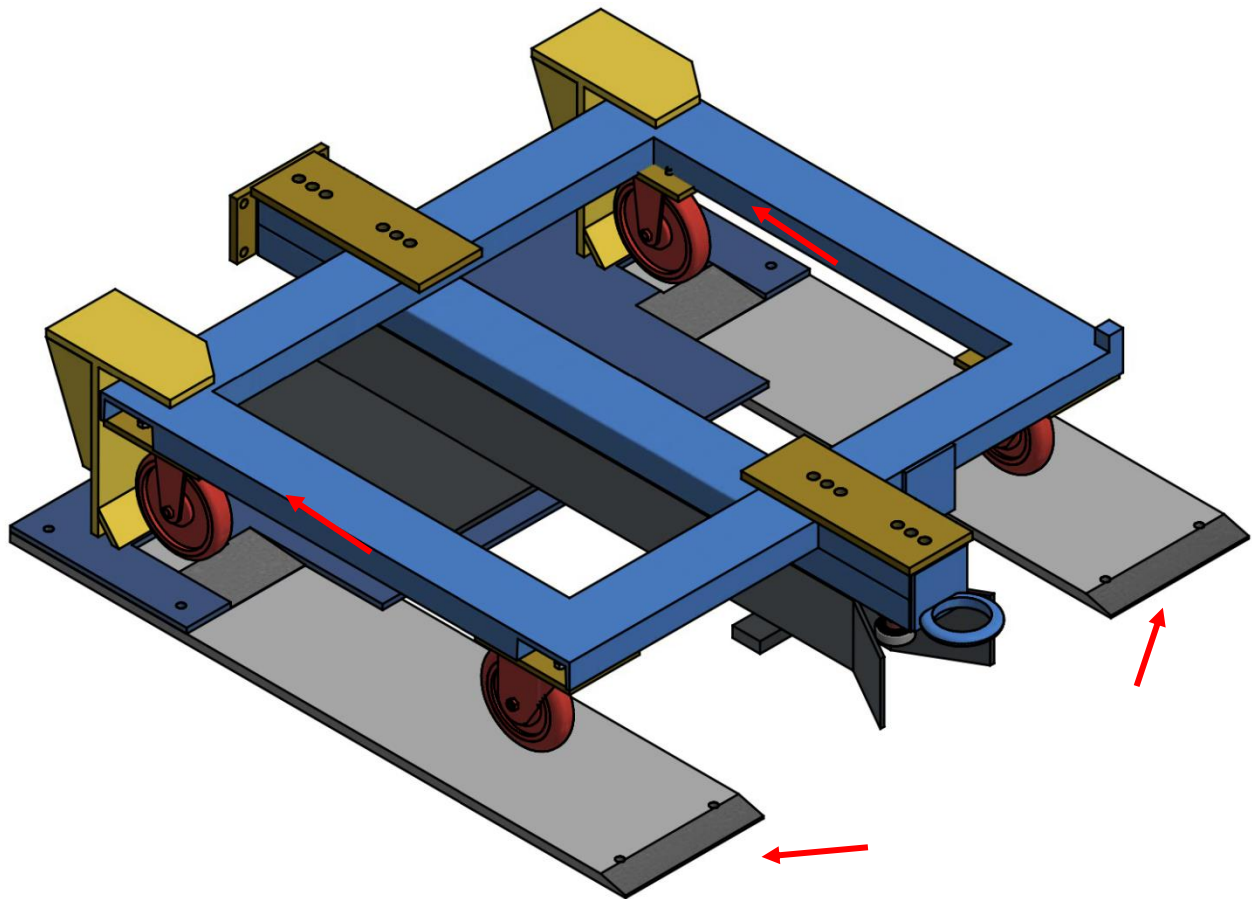
La propuesta se presenta en la siguiente figura 43, la cual muestra las características mencionadas anteriormente para facilitar el ingreso de los servidores y así evitar el golpeteo en los topes que causan el desajuste:

Figura 43. Propuesta de biselado de la base



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Figura 44. Diseño de propuesta de diseño de la base



Nota: Bridgestone Costa Rica, departamento de Proyectos

Como se observa en la anterior figura 44, la base cuenta con el biselado (desgaste de la pieza) en ambas secciones, en el primer borde de la placa y en la sección donde el servidor queda encajado en la base. Como parte de la propuesta era necesario poner a prueba el diseño para determinar si los resultados eran favorables en cuanto a duración de alineamiento de la base; por lo que se realizó la modificación a dos prensas (4 bases) de las líneas que presentan más problemas de alineamiento.

Como se mencionó, el diseño se pudo aplicar solamente a dos prensas, esto para poner a prueba el diseño por un mes y así determinar si evitaba el desajuste. Como resultado, se observa en la siguiente figura 45, el diseño aplicado a dos prensas (4 bases):

Figura 45. Diseño aplicado a las bases



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Del mismo modo, el nuevo diseño incluye el respectivo anclaje de la guía del centro de la prensa. Por esta se desliza el servidor para que este ingrese centrado, por lo que la propuesta requiere de un procedimiento de anclaje en ambos extremos. Lo anterior para darle firmeza y estabilidad a la guía y así evitar que se vaya deslizando hacia los costados cada vez que se ingresa el servidor.

El anclaje en ambos extremos no es algo que se haya realizado en las bases de las prensas, ya que, al no haberse establecido un estándar en el alineamiento los operarios y personal de mantenimiento desconocían los respectivos centros, por lo que dejaban las guías sujetas en la sección delantera de la base. Se aplica en el diseño tanto el anclaje, la pintura y marcaje de las diferentes secciones de la base (base y tornillería), esto para ver con facilidad si se desajustan, tal como se muestra en las figuras 46 y 47:

Figura 46. Anclaje de guía del centro



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Figura 47. Base pintada y marcada



Nota: Sofía Rojas Alfaro

En la siguiente figura 48 se muestra un resumen de lo mencionado anteriormente y el resultado de la aplicación en dos de las prensas:

Figura 48. Resumen de aplicación de nuevo diseño de bases

Imagen de referencia	Situación
	<p>Biselado en placa de la base en toda la sección de ingreso de las llantas delanteras del servidor</p>
	<p>Anclaje de las guías centrales de la base</p>
	<p>Alineación de la base respecto al centro de los servidores estandarizados</p>

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Análisis de Scrap en el 2022

Como parte del análisis realizado de los datos en el 2021 sobre el scrap, la aplicación del nuevo estándar de los servidores iniciado desde enero del 2022 y a su vez la aplicación de un nuevo diseño de bases puesto a prueba en dos prensas; se puede determinar la cantidad de defectos encontrados en el primer cuatrimestre del presente año.

Para esto, se recolectan los datos obtenidos por el departamento de vulcanización de los reportes realizados. Estos reportes tienen fecha de corte el día 30 de abril del 2022, lo cual servirá de análisis para realizar una comparación de los niveles de scrap del 2021 y los del 2022. Como se puede observar en la siguiente tabla 27, los reportes de defectos generales presentados en las 94 prensas, los reportes en las prensas que utilizan servidores de cuatro niveles y el defecto de interés en este trabajo por motivo de llanta mal cargada:

Tabla 27. Reportes de scrap del primer cuatrimestre 2022

	Scrap General (94 prensas) (cantidad de llantas)	Scrap de interés (33 prensas) (cantidad de llantas)	Scrap llanta mal cargada (cantidad de llantas)
Enero	311700	127700	400
Febrero	289300	108800	500
Marzo	294000	106100	700
Abril	334700	129000	500

Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

Como se observa en la tabla 27 anterior, la primera columna de reportes de scrap general de todo el departamento de vulcanización en el primer cuatrimestre del 2022 tiene un total de 1.229.700. Por otro lado, la cantidad de defectos encontrados en las 33 prensas de estudio son de 471.600 reportes; mientras que el tipo de defecto de interés, en las 33 prensas analizadas, tiene un total de 2100 reportes.

Para poder mostrar una comparación de ambos cuatrimestres, se presenta la siguiente tabla 28, el cual muestra un resumen de los datos obtenidos:

Tabla 28. Comparación de scrap 2021-2022 en el primer cuatrimestre

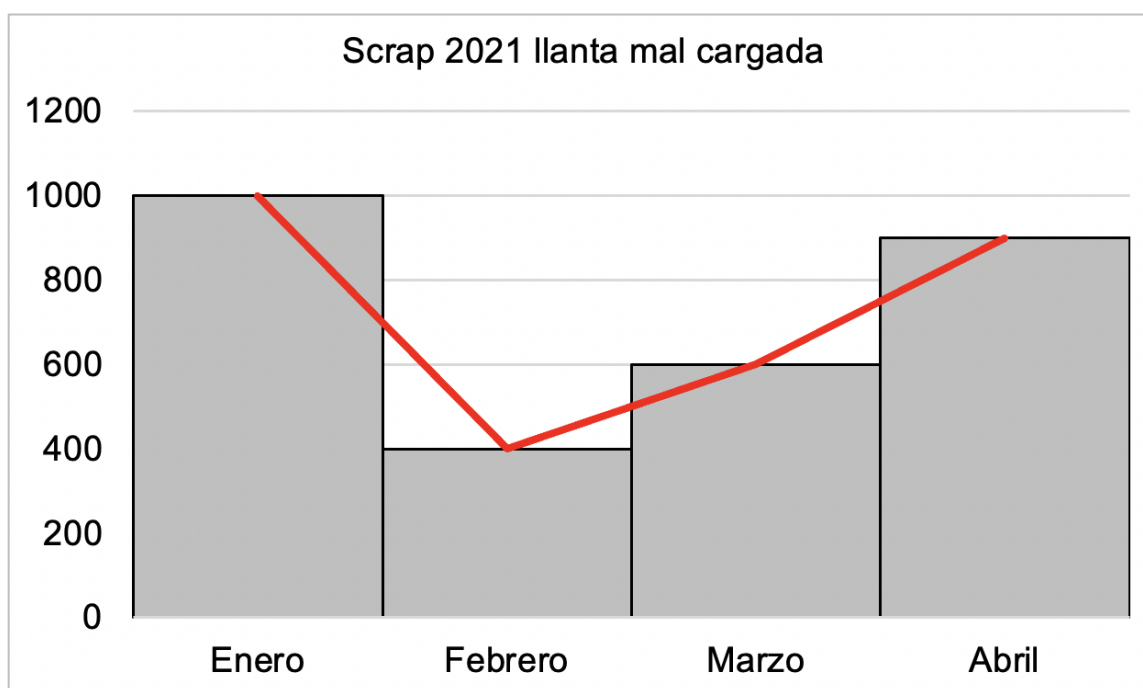
	Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Scrap General (llantas)	291400	311700	230400	289300	217500	294000	226800	334700
Scrap x Prensas (llantas)	97000	127700	78100	108800	78600	106100	83200	129000
Scrap Llanta mal cargada (llantas)	1000	400	400	500	600	700	900	500
Total	389400	439800	308900	398600	296700	400800	310900	464200

Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

El comportamiento de los datos anteriores indica que en el 2021 hubo un total de 2900 reportes de scrap por llanta mal cargada, mientras que en el 2022 un total del 2100. Esta disminución de defectos representa un 27,58%, por lo que se demuestra que la estandarización y la aplicación de un nuevo diseño contribuyen a que los niveles de scrap se vean reducidos significativamente.

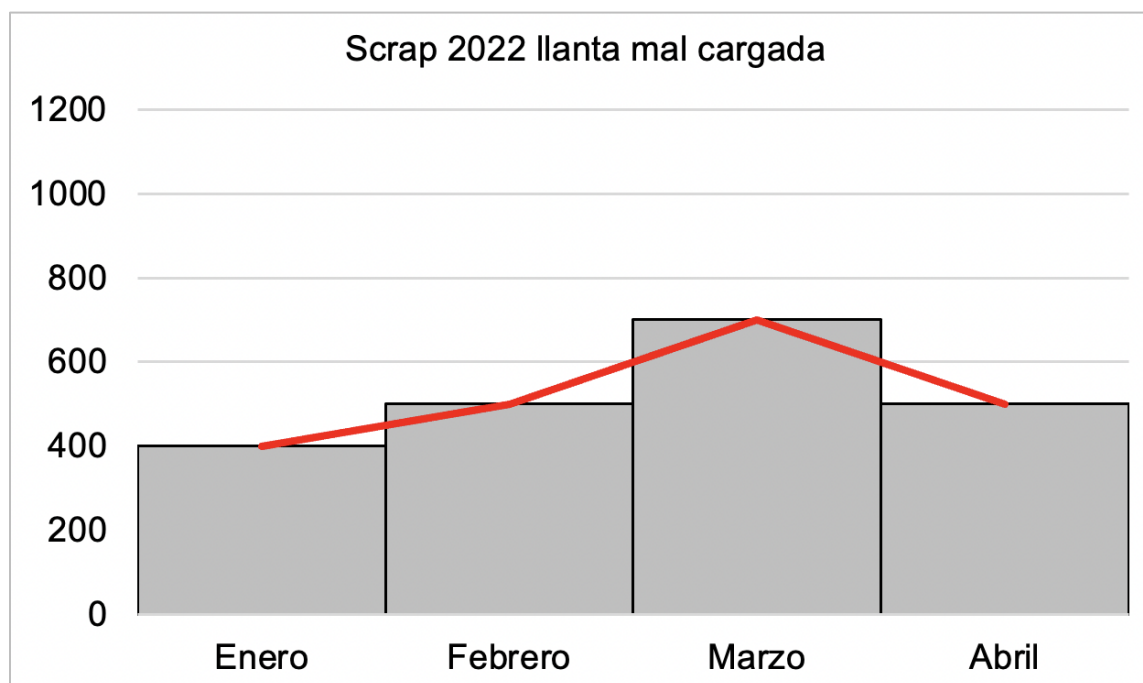
Para representar los datos obtenidos de la tabla 28 anterior, se muestran los siguientes gráficos donde se observan los reportes de scrap por llanta mal cargada del 2021 y el 2022. En el primer gráfico 6 muestra el comportamiento del primer cuatrimestre 2021, el cual la cifra más alta es de 1000, mientras que en el gráfico 7 la cifra más alta de reportes es de 700.

Gráfico 6. Scrap por llanta mal cargada 2021 en el primer cuatrimestre



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Gráfico 7. Scrap por llanta mal cargada 2022 en el primer cuatrimestre



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Análisis Económico

Se presenta a continuación, el análisis de los costos en los que debe incurrir el proyecto de la estandarización de las bases de las prensas con el nuevo diseño. Esto para aplicar e implementar la propuesta realizada del biselado en la sección de la base, el cual contribuya a la estandarización de los servidores al momento de cargar las llantas.

En necesario conocer y comparar los costos de los desechos por llanta mal cargada, el cual es el rubro trabajado en las prensas que utilizan los servidores de cuatro niveles. Para esto, se realiza el análisis de los costos con un valor aproximado por cada llanta scrap de ₡28.000 (dato recopilado por el departamento) de pérdida para la empresa, por lo que se comparan los resultados de pérdidas de los primeros cuatro meses tanto del año 2021 como del 2022, estos usando de referencia los registros de scrap de la tabla 28. A continuación, en la tabla 29 se muestra el costo de pérdidas de enero a abril del 2021.

Tabla 29. Costo pérdida en cuatro meses del 2021

	Pérdidas de scrap por total prensas	Pérdidas de scrap por total llanta mal cargada
Enero	₡ 2.716.000.000,00	₡ 28.000.000,00
Febrero	₡ 2.186.800.000,00	₡ 11.200.000,00
Marzo	₡ 2.200.800.000,00	₡ 16.800.000,00
Abril	₡ 2.329.600.000,00	₡ 25.200.000,00
Total	₡ 9.433.200.000,00	₡ 81.200.000,00

Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

Del mismo modo, se analizan las pérdidas registradas por scrap por motivo de llanta mal cargada, con un costo aproximado a los ₡28.000 (costo individual por llanta defectuosa), y de igual manera, utilizando de referencia los registros de scrap (llantas) presentados en la tabla 28. A continuación, se muestra en la tabla 30 el costo de pérdidas de enero a abril del 2022.

Tabla 30. Costo pérdida en cuatro meses del 2022

	Pérdidas de scrap por prensas	Pérdidas de scrap por llanta mal cargada
Enero	₡ 3.575.600.000,00	₡ 11.200.000,00
Febrero	₡ 3.046.400.000,00	₡ 14.000.000,00
Marzo	₡ 2.970.800.000,00	₡ 19.600.000,00
Abril	₡ 3.612.000.000,00	₡ 14.000.000,00
Total	₡ 13.204.800.000,00	₡ 58.800.000,00

Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

Como se observa en la tabla 30, el costo de pérdidas en los primeros cuatro meses del 2021 fue de ₡81.200.000 (total de pérdidas de scrap por llantas mal cargadas, ver tabla 29), mientras que en el 2022 las pérdidas se registraron en ₡58.800.000 (total de pérdidas de scrap por llantas mal cargadas, ver tabla 30). La disminución de los costos de pérdidas de scrap por motivo de llanta mal cargada ha sido de ₡22.400.000 (diferencia entre los ₡81.200.000 - ₡58.800.000) , representando así un 27,6% de mejora.

Para contribuir a que los costos por scrap por motivo de llanta mal cargada se vean disminuidos, se realizó la propuesta del nuevo diseño de las bases. Para este, se realiza el análisis económico, el cual requiere conocer los rubros a contemplar, de los cuales contempla salarios, materiales, capacitación y las cargas sociales de cada salario. Los últimos se desglosan en la siguiente tabla 31:

Tabla 31. Rubros de las cargas sociales

Rubro	Monto
Preaviso	4,17%
Cuotas patronales	26,33%
Provisión de Aguinaldo	8,30%
Provisión del INS	3,02%

Provisión de vacaciones	3,83%
Provisión de cesantía	5,33%
Total	51,01%

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Capacitación al personal de mantenimiento

Para iniciar el proceso de modificación de las bases y su respectivo alineamiento, es necesario capacitar al personal de mantenimiento sobre el procedimiento a realizar. Para esto, se requiere a un ingeniero que realice esta, por lo que se necesita de cuatro horas para tratar temas como: diseño de la base de la prensa, procedimiento del nuevo diseño, correcto alineamiento, materiales a utilizar.

Para esta capacitación, se requiere un total de 25.000 colones por 4 horas, tal como se muestra en la siguiente tabla 32:

Tabla 32. Costos de capacitación al personal de mantenimiento

Costo por hora	Cantidad horas	Total
₡ 6.250,00	4	₡ 25.000,00

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Mano de obra en taller por día

Para realizar los trabajos de biselado en las bases es necesario realizarlos en el taller destinados a la modificación y ajuste de servidores y bases. Para esto, se requiere del servicio de una empresa contratista que cuente con 3 soldadores y 2 ayudantes para realizar estos trabajos. El costo por la mano de obra del servicio y contemplando el contrato es de ₡216.666,67. Este desglose es diario, tal como se muestra en la siguiente tabla 33:

Tabla 33. Costo de mano de obra de empresa contratista (diario)

Salario	Costo por día	Cargas sociales	Total
Soldador 1	₡ 12.139,07	₡ 6.192,14	₡ 18.331,21
Soldador 2	₡ 12.139,07	₡ 6.192,14	₡ 18.331,21
Soldador 3	₡ 12.139,07	₡ 6.192,14	₡ 18.331,21

Ayudante 1	₡ 11.825,90	₡ 6.032,39	₡ 17.858,29
Ayudante 2	₡ 11.825,90	₡ 6.032,39	₡ 17.858,29
Contrato	₡ 125.956,45	-	₡ 125.956,45
Total	₡ 186.025,46	₡ 30.641,20	₡ 216.666,67

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Mano de obra en taller al mes

Como se mostró en la tabla 33 anterior, el costo de ₡216.666,67 es diario, por lo que es necesario conocer el costo mensual. Dado lo anterior, se calcula el costo por mes de la mano de obra de la empresa contratista que realizará los trabajos en taller, tal como se muestra en la siguiente tabla 34 el costo mensual del contrato y mano de obra es de ₡6.500.000.

Tabla 34. Costo de mano de obra de empresa contratista (mensual)

Costo por día	Cantidad días	Total
₡ 216.666,67	30	₡ 6.500.000

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Materiales requeridos por prensa

Es necesario establecer la lista de materiales requeridos para realizar el diseño a las bases de las prensas, por lo que se muestra en la siguiente tabla 35 el costo de los materiales necesarios así como las cantidades necesarias para cada prensa (2 bases por prensa). El costo de los materiales por cada prensa es de ₡ 57.951,08.

Tabla 35. Costo de materiales por prensa vulcanizadora

Material	Cantidad	Precio unitario	Total
Expander de metal Hilti de 1/2" x 3 3/4"	28	₡ 1.070,31	₡ 29.968,68
Arandelas 1/2"	12	₡ 45,00	₡ 540,00
Tornillos tipo Allen 5/16" x 3 1/2"	12	₡ 154,31	₡ 1.851,72
Discos para cortar metal 7" x 7/8"	4	₡ 1.820,00	₡ 7.280,00
Pintura en spray color celeste	4	₡ 1.600,00	₡ 6.400,00

Desengrasante (galón)	1	₡ 6.000,00	₡ 6.000,00
Marcador de metales amarillo	1	₡ 5.380,68	₡ 5.380,68
Lija para metal	1	₡ 530,00	₡ 530,00
Total	63	₡ 16.600,30	₡ 57.951,08

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Materiales requeridos por el total de prensas por aplicar diseño

Como se mostraba en la tabla 35 anterior, el costo de los materiales a utilizar por cada prensa estará ligado a que este son dos bases, por lo que se requiere calcular el costo de los materiales a todas las prensas que deben aplicarse el diseño. En este caso, la cantidad de prensas a realizar el diseño son 32, ya que se le había aplicado a una de ellas como se mencionó en la propuesta. Para el cálculo de los materiales de todas las prensas, da como resultado un total de ₡ 1.577.156,20, el cual se detalla en la siguiente tabla 36:

Tabla 36. Costo de materiales requeridos por el total de 32 prensas

Material	Cantidad	Precio unitario	Total
Expander de metal Hilti de 1/2" x 3 3/4"	896	₡ 1.070,31	₡ 958.997,76
Arandelas 1/2"	384	₡ 45,00	₡ 17.280,00
Tornillos tipo Allen 5/16" x 3 1/2"	384	₡ 154,31	₡ 59.255,04
Discos para cortar metal 7" x 7/8"	128	₡ 1.820,00	₡ 232.960,00
Pintura en spray color celeste	128	₡ 1.600,00	₡ 204.800,00
Desengrasante (galón)	10	₡ 6.000,00	₡ 60.000,00
Marcador de metales amarillo	5	₡ 5.380,68	₡ 26.903,40
Lija para metal	32	₡ 530,00	₡ 16.960,00
Total	1967	₡ 16.600,30	₡ 1.577.156,20

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Como se muestra anteriormente, la cantidad de desengrasante está calculado para todas las bases, ya que se utilizan galones. Del mismo modo la cantidad de marcadores, se seleccionan 5, ya que su uso está calculado para todas las prensas.

Personal de mantenimiento a realizar trabajos

Se requiere de personal que realice el desmontaje, alineamiento y montaje de las bases, para esto se requieren de dos técnicos de mantenimiento. En la siguiente tabla 37 se detalla el costo diario por cada uno de los técnicos, el cual tiene un total de ₡ 134.096,88. Esta cifra contempla las cargas sociales por cada salario.

Tabla 37. Costo del personal de mantenimiento a realizar trabajos (diario)

Salario	Costo por día	Cargas sociales	Total
Técnico 1	₡ 44.400,00	₡ 22.648,44	₡ 67.048,44
Técnico 2	₡ 44.400,00	₡ 22.648,44	₡ 67.048,44
Total	₡ 88.800,00	₡ 45.296,88	₡ 134.096,88

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Costos totales por implementar en 4 meses

El tiempo proyectado para aplicar el diseño a todas las prensas es de aproximadamente 4 meses (ver diagrama de Gantt de la figura 52), por lo que en la siguiente tabla 38 se detallan todos los costos. Estos costos contemplan: capacitaciones al personal de mantenimiento, la mano de obra de la empresa contratista a realizar los trabajos en taller, los materiales requeridos para las 32 prensas y la mano de obra de los técnicos en mantenimiento que realizarán los trabajos.

Tabla 38. Costos totales por 4 meses

Rubro	Costo Unitario	Cantidad	Costo total
Capacitación	₡ 6.250,00	4	₡ 25.000,00
Mano de obra de taller	₡ 216.666,67	120	₡ 26.000.000,40

Materiales	-	1967	₡ 1.577.156,20
Mano de obra mantenimiento	₡ 134.096,88	120	₡ 16.091.625,60
Total			₡ 43.693.782,20

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Tal como se muestra en la tabla 38 anterior, el total de los costos para la inversión de la propuesta realizada es de ₡ 43.693.782,20.

Dado el desglose realizado de cada rubro, es necesario conocer el VAN y el TIR de la implementación de la inversión. Estos datos a utilizar son un aproximado de los ingresos percibidos (con factor aplicado a las cifras), esto se detalla en la siguiente tabla 39:

Tabla 39. Flujo de caja (datos para el VAN y el TIR)

	Inversión (colones)	Mes 1 (colones)	Mes 2 (colones)	Mes 3 (colones)	Mes 4 (colones)
Utilidad antes impuestos		150.000.000	150.000.000	150.000.000	150.000.000
I.S.R (13%)		19.500.000	19.500.000	19.500.000	19.500.000
Utilidad neta		130.500.000	130.500.000	130.500.000	130.500.000
Flujo Neto Efectivo	43.693.782,20	130.500.000	130.500.000	130.500.000	130.500.000

Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

Dados los datos de la tabla 39 anterior, se procede a realizar el cálculo del VAN y el TIR, tal como se muestra en la tabla 40:

Tabla 40. Resultados del VAN y TIR

VAN	₡362.632.520,64
TIR	297%

Nota: Sofía Rojas Alfaro con datos brindados por Bridgestone de Costa Rica

Los datos son positivos, ya que indica que el VAN se tiene una ganancia de más de ¢ 300 millones al mes y una tasa interna de retorno mayor al 100%.

Beneficios de la propuesta

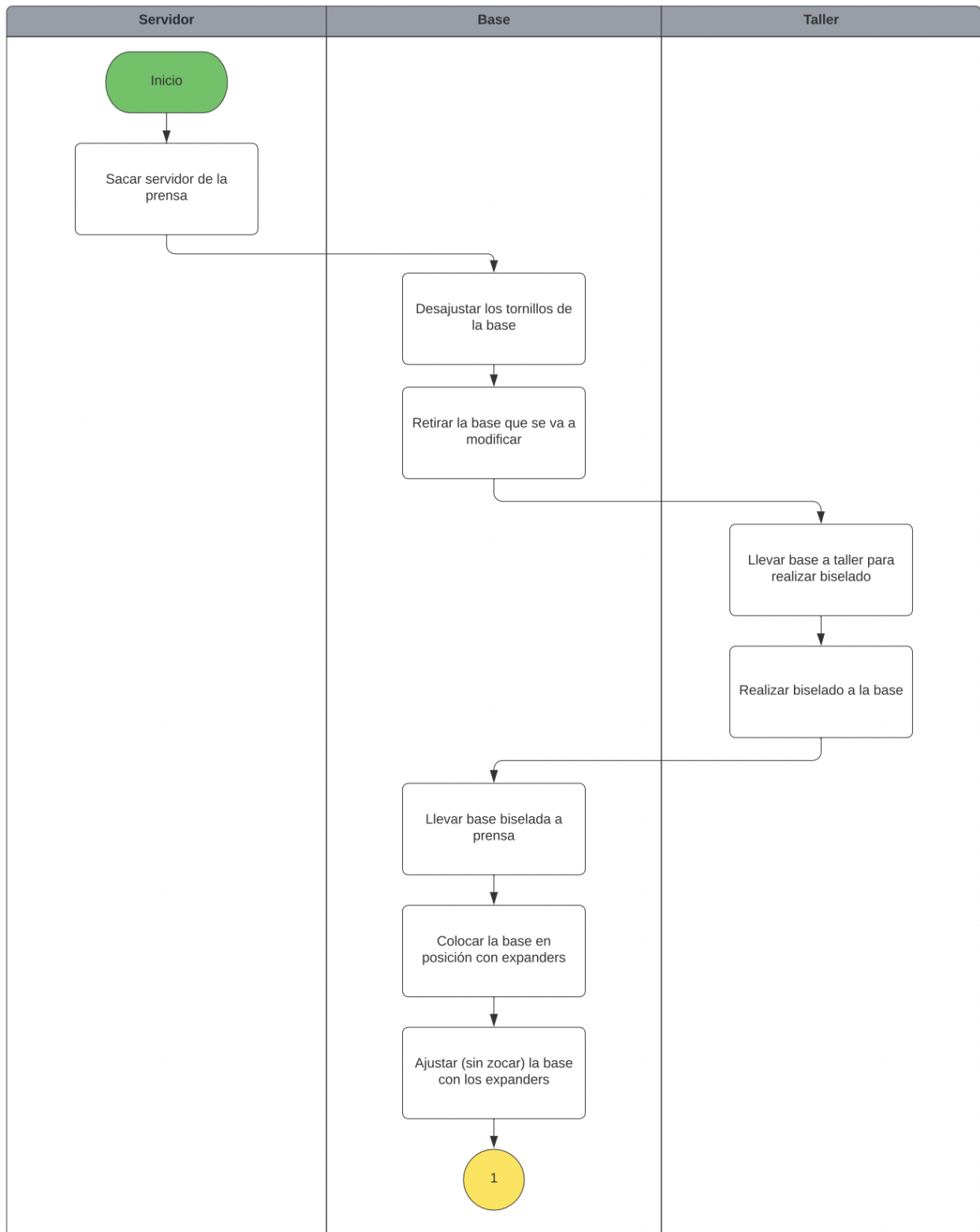
- Al realizar la capacitación previo a realizar los trabajos, permitirá que los técnicos de mantenimiento tengan el conocimiento de cada una de las actividades que deben realizar. La capacitación involucra el procedimiento para el desmontaje de las bases, trabajos de alineamiento de la base con nuevos expanders, colocación de la base con el nuevo diseño biselado, así como el alineamiento de la base respecto al centro del brazo.
- Contratar a una empresa externa para que realice los trabajos de biselado en las bases, permite que estos no interfieran con las actividades del personal de mantenimiento, así como el cronograma del plan de implementación. De no realizarse de esta forma, el cronograma se atrasaría, ya que los técnicos deberían de realizar el biselado y contemplar un sitio en taller, así como más tiempo para finalizar las 32 prensas a modificar.
- Los materiales a utilizar permiten que las bases queden lo suficientemente firmes, ya que los expanders de ½ sustituirán los tornillos que actualmente se encuentran instalados. El uso de estos permite que se puedan anclar a la base del piso de cemento para fijarlo, así como el desengrasante que permite retirar los excesos de material para ser pintadas y marcadas al momento de alinearlas.

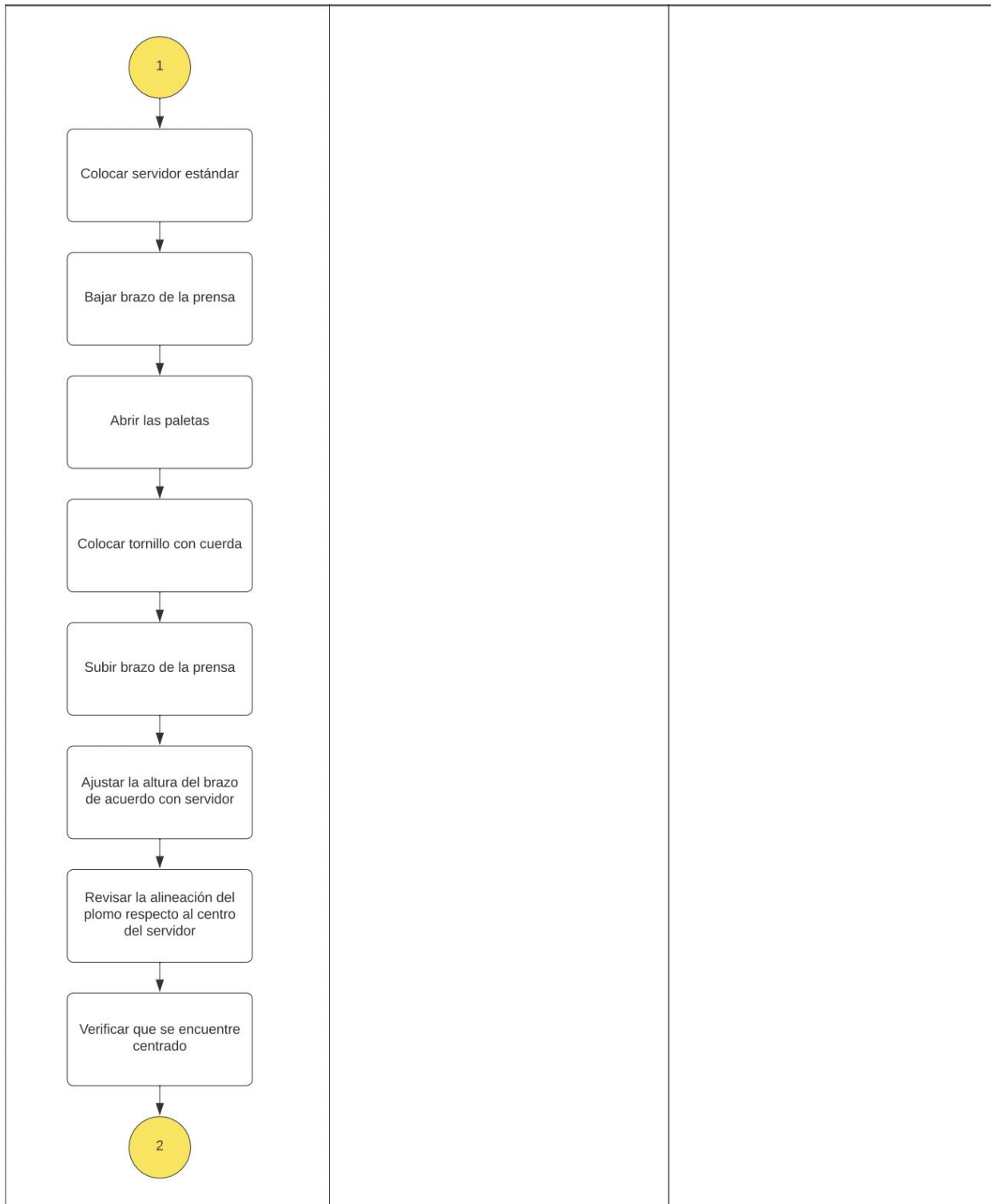
Plan de Implementación

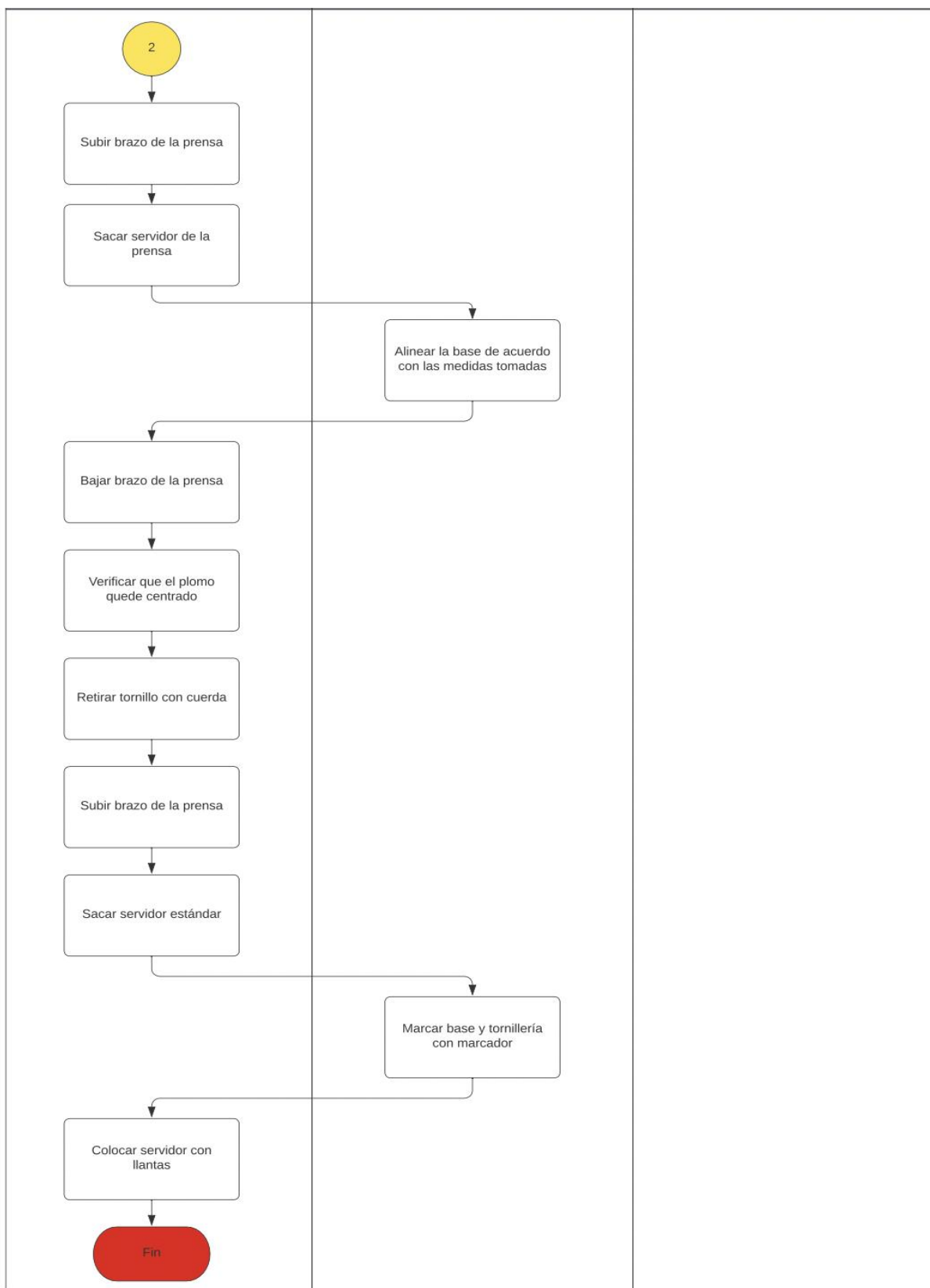
Para desarrollar el plan de implementación, es necesario contar tanto con el cronograma o diagrama de Gantt que sirva como referencia para determinar las actividades y su duración. Este plan va a incluir también una tabla de chequeo creada para controlar y darle seguimiento a la modificación y aplicación del nuevo diseño de las bases de las prensas vulcanizadoras. Del mismo modo, incluye el diagrama del proceso de cómo deben de realizar las modificaciones el personal de mantenimiento, así como una ayuda visual de lo que deben hacer.

A continuación, en la figura 49 se muestra el diagrama de proceso de la forma adecuada que deben realizar la modificación y alineamiento de la base con el nuevo diseño (biselado).

Figura 49. Diagrama de proceso de propuesta de diseño de las bases



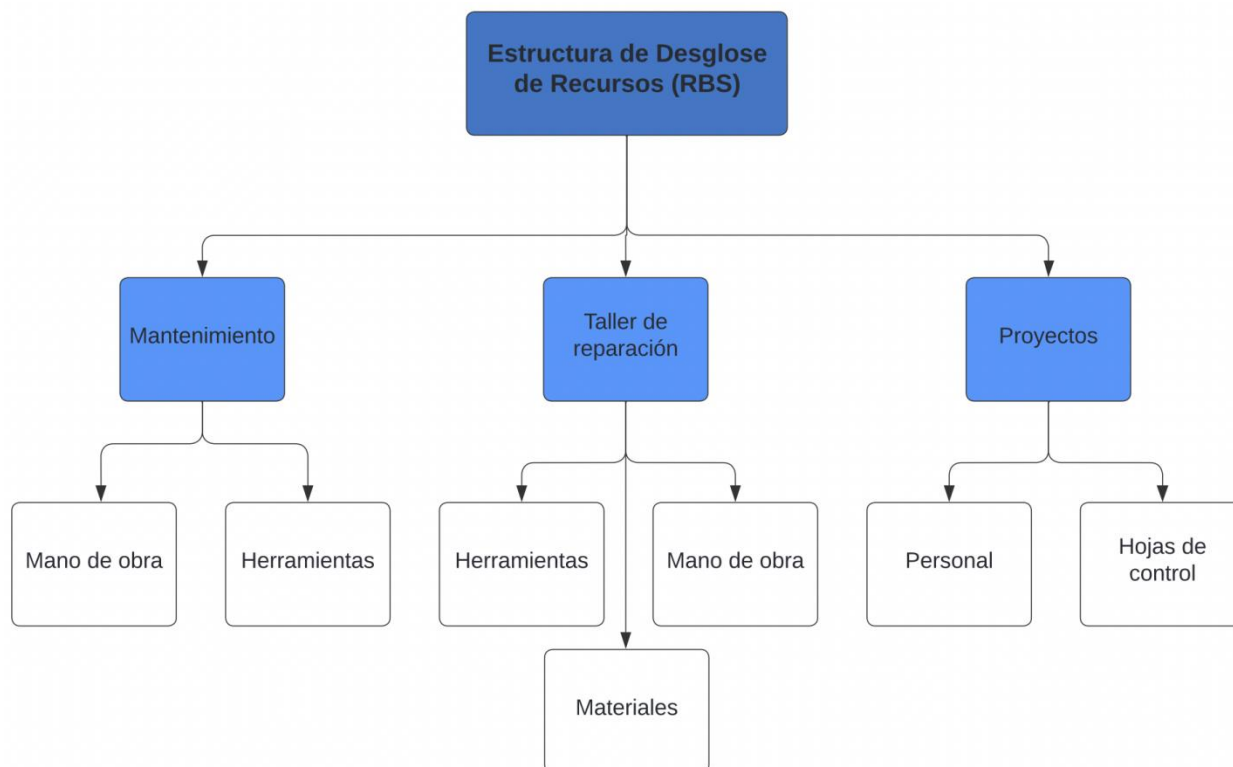




Nota: Sofía Rojas Alfaro

Como se ha mencionado en apartados anteriores, los materiales necesarios para implementar la propuesta se pueden detallar en la siguiente figura 50, el cual muestra un diagrama de RBS o en español EDR:

Figura 50. Diagrama de Desglose de Recursos



Nota: Sofía Rojas Alfaro

Como se muestra en la figura 50 anterior, se desglosa los recursos necesarios para la implementación del nuevo diseño. En este se requiere intervención tanto de mantenimiento (mano de obra y herramientas), taller de reparación donde se realizará el biselado (herramientas, materiales y mano de obra) y proyectos (personal y hojas de control).

Del mismo modo, para llevar a cabo la implementación y un trabajo más eficiente por parte del personal, se detalla a continuación en la figura 51 la ayuda visual creada para que tanto el taller de reparación, mantenimiento y operarios sepan y conozcan del procedimiento gráfico de lo que deben realizar.

Figura 51. Ayuda visual del procedimiento del nuevo diseño de las bases

1
Verificar que el servidor quede centrado respecto a las llantas

4
Marcar la tornillería y las bases después de alinear

2
Verificar que la llanta ingrese con facilidad por la sección biselada

5
Verificar que el servidor quede centrado respecto al centro del brazo de la prensa. Esta alineación debe realizarse cuando se modifica (realizar biselado) la base. Verificar con la marca del servidor.

3
Verificar el biselado en el borde de la base

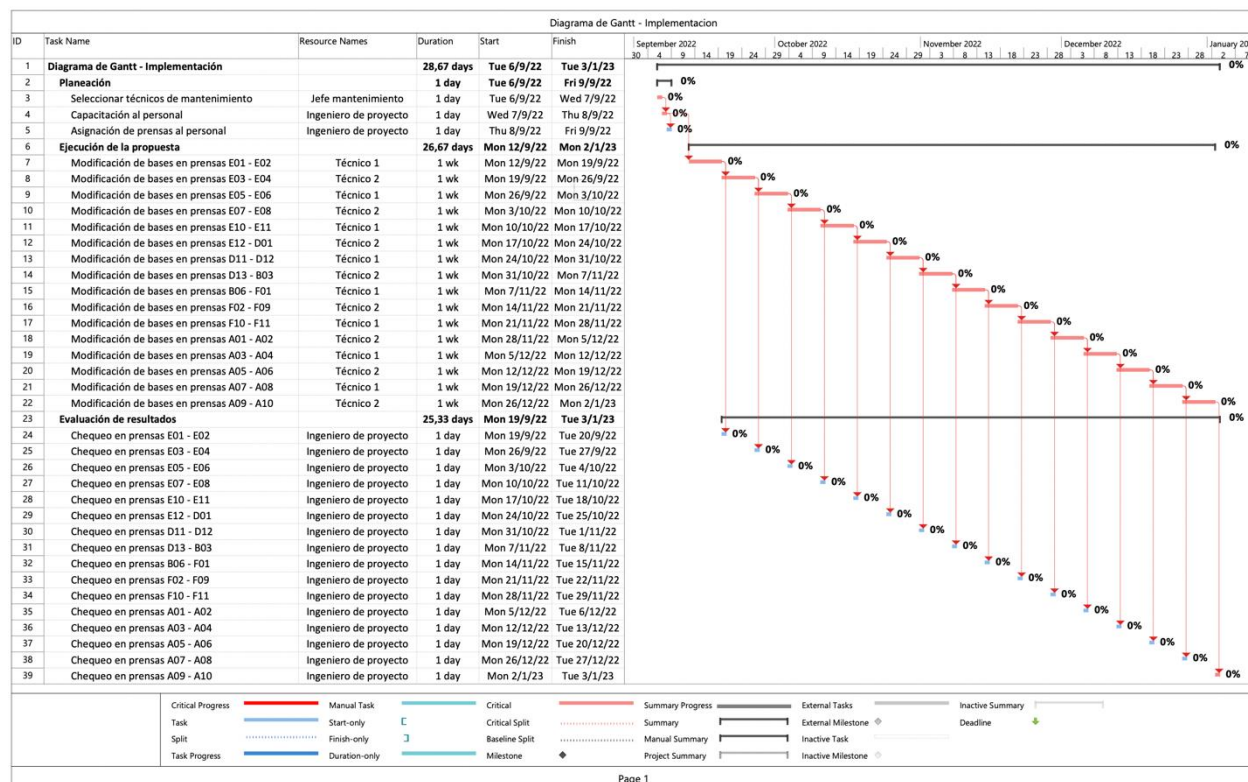
Prensa	Base de prensa		Última alineación	
	Derecha	Izquierda		
1	A01	Alineada	Alineada	2/3/21
2	A02	Alineada	Alineada	2/6/21
3	A03	Alineada	Alineada	18/6/2020
4	A04	Alineada	Alineada	7/10/20
5	A05	Alineada	Alineada	23/7/2021
6	A06	Alineada	Alineada	14/7/2021
7	A07	Alineada	Alineada	23/6/2021
8	A08	Alineada	Alineada	16/6/2021
9	A09	Alineada	Alineada	26/5/2021
10	A10	Alineada	Alineada	21/5/2021
11	A11	No aplica	No aplica	NA
12	A12	No aplica	No aplica	NA
13	B01	No aplica	No aplica	NA
14	B02	No aplica	No aplica	NA
15	B03	Sin alinear	Sin alinear	NA
16	B05	No aplica	No aplica	NA
17	B06	Alineada	Alineada	31/5/2021
18	B07	No aplica	No aplica	NA
19	B08	No aplica	No aplica	NA
20	B09	No aplica	No aplica	NA
21	B10	No aplica	No aplica	NA
22	B11	No aplica	No aplica	NA
23	B12	No aplica	No aplica	NA
24	CD1	No aplica	No aplica	NA
25	CD2	No aplica	No aplica	NA

Registrar el alineamiento de la base, indicar el lado de la prensa que se alineó y la fecha

Nota: Sofía Rojas Alfaro

El procedimiento presentado en el diagrama de proceso y mostrado gráficamente en la ayuda visual, serán necesarios para realizar las modificaciones especificadas en el diagrama de Gantt. Este diagrama desglosa las actividades requeridas para modificar las bases de las 32 prensas faltantes, en las que detalla el encargado de realizar cada una de ellas. Este se muestra en la figura 52:

Figura 52. Diagrama de Gantt de plan de implementación




Nota: Sofía Rojas Alfaro

Para poder controlar las actividades que se vayan realizando en la figura 52 mostrada anteriormente, se crea una plantilla en la que indica las actividades que el ingeniero de proyectos o jefe de mantenimiento deben verificar para determinar si el diseño quedó correctamente realizado y si el alineamiento de la base respecto al brazo cumple con las indicaciones.

Esta lista de chequeo se crea para manejar de forma más controlada el plan de implementación del nuevo diseño, y para que quede como registro las fechas de alineamiento de las bases. Este checklist se muestra en la siguiente figura 53:

Figura 53. Lista de chequeo de modificación de bases de las prensas de vulcanización

		CHECKLIST DE MODIFICACIÓN DE BASES DE LAS PRENSAS DE VULCANIZACIÓN	
Prensa a revisar: _____		Fecha: ____/____/____	
Encargado de revisión: _____			
Número de formato: _____			
Para realizar el chequeo de las bases, es necesario utilizar un servidor estándar para la verificación de los puntos. En caso de encontrar irregularidades, notificar al encargado de mantenimiento del área y al ingeniero de proyectos.			
1	Verificar el correcto biselado en ambas secciones de la base	Sí	No
2	Revisar con el servidor el centro de la base y brazo de la prensa	Sí	No
3	Revisar la pintura en toda la base	Sí	No
4	Verificar que la tornillería se encuentre marcada	Sí	No
5	Verificar que la base se encuentre marcada	Sí	No
Si alguno de los puntos anteriores no se cumple, entregar esta boleta al jefe de mantenimiento.			
_____ Encargado de revisión		_____ Recibido de mantenimiento	

Nota: Sofía Rojas Alfaro

De igual forma, como parte del control de la implementación del estándar de los servidores y la propuesta del nuevo diseño, se establecen indicadores que permitirán controlar y comparar resultados del 2021 y el 2022. Estos indicadores comprende el análisis ergonómico respecto a la cantidad de visitas que los operarios de vulcanización realicen al fisioterapeuta; también el análisis de scrap y su costo ligado a las pérdidas mensuales con el costo por llanta. Del mismo modo, el análisis de las bases alineadas. Estos indicadores se detallan en la siguiente tabla 41:

Tabla 41. Indicadores propuestos para el control del estándar y diseño de bases

Indicador	Origen de la información	Responsable	Informa a	Frecuencia
Cantidad de visitas al fisioterapeuta de operarios de vulcanización mensuales	Fisioterapeuta	Supervisor de vulcanización	Departamento de seguridad ocupacional	Mensual

Reportes de scrap entre producción mensual	Operarios de vulcanización	Supervisor de vulcanización	Departamento técnico	Mensual
Costo de scrap de llanta mal cargada por total de costos de scrap	Compras	Jefe de técnico	Departamento de producción	Mensual
Cantidad de bases alineadas por total de prensas	Mantenimiento	Supervisor de vulcanización	Departamento de producción	Mensual

Nota: Sofía Rojas Alfaro

Con todos los datos brindados, tanto los costos de inversión y los resultados positivos del VAN y el TIR, la hoja de control, el diagrama de proceso explicando el procedimiento, la lista de chequeo, los indicadores y el diagrama de Gantt; se puede realizar la implementación de la propuesta del nuevo diseño de las bases, para que la estandarización de los servidores que se realizó pueda mantenerse y reducir los registros de scrap reportados en el departamento de vulcanización.

APÉNDICES

Tabla 42. Apéndice I inventario de servidores de llanta verde

Código	Base (in)	Poste a poste (cm)	Llanta a borde (cm)	Nivel de postes (grados)		Lados de servidor (cm)	
				Lado 1	Lado 2	Carcasa	Argolla
082B	33,5	96	9	90	90	17	17
298A	33,4	95,5	9	89,2	89,5	17	17
A024	33,5	96	9,5	89	88,7	17,5	17,5
127A	33,5	96,5	9	89,5	89,2	17,5	17,5
0313A	33,4	96	9	89,9	89,5	17	17
160C	33,5	96	9	89,9	89,4	17	17
267A	33,5	96	9	89,9	89,2	17,1	17
039B	33,4	96	9	89,7	89,3	17	17
236A	33,5	96	9	89,8	89,9	16,6	16,5
278A	33,4	96,5	8,5	90	89,9	17	17
291A	33,4	96	9	89,9	89,8	17	17
254A	33,6	96	9	89,9	89,7	17	17
063B	33,5	96	9	89,9	89,9	17,5	17
057A	33,5	96	9	89,9	89,8	17	17
056A	33,5	96	9	90	90	17,1	17,1
171C	33,5	96	9	90	90	17	17
239A	33,6	96	9	89,4	89	17,3	17,5
074B	33,4	96	8,5	89,8	89,4	17	17
251A	33,5	96	9	89,5	89,3	17	17
053A	33,5	96	8,5	88,8	88,8	17	17
056B	33,4	96	9	89,8	89,8	16,6	17
A025	33,5	96	9	89,6	89,9	17	17,2
135A	33,5	96	9	89,7	89,9	17	17
245A	33,5	96	9	90	90	17	17,2
177A	33,5	96,5	8,5	89,7	89,5	17	17,5
294A	33,4	96	9	89,8	89,8	17	17
A026	33,5	96	8,5	89,9	89,5	17,5	17,5
105A	33,6	96	9	88,2	88,7	17	17
058B	33,6	95,5	9	89,1	88,9	16,2	16,3
241A	33,5	96	9	88,2	88,2	17	17
323A	33,3	96,1	9	88,8	88,9	16,9	17
019A	33,6	96	9	89,4	89,6	17	17
234A	33,5	96	9	89,6	89,7	17,3	17,4

253A	33,6	96	9	89,8	90	16,6	16,6
0308A	33,4	96	9	90	90	17	17
138A	33,5	96	8,5	89,9	89,9	17	17
303C	33,5	96	9	89,8	90	17	17
155A	33,5	96	9	90	90	17	17
0324A	33,5	96,5	8,5	89,7	89,6	17,1	17,1
270A	33,6	96	8,5	89,8	89,8	17,3	17,5
0325A	33,6	96	9	89,4	89,7	17	17
075A	33,7	96	9	89,6	89,8	17,3	17,3
0309A	33,4	96	8,5	89	89,7	17	17
324C	33,5	96	9	90	90	17	17
166A	33,6	95,5	9	89,1	88,6	16,3	16,5
A027	33,6	96	9	89,3	89,5	16	16
058A	33,5	96	9	90	90	17,1	17,1
050B	33,4	96	9,5	89,5	89,4	17	17
0326A	33,5	96	9	90	90	16,5	16,5
0307A	33,7	95,7	9,5	89,1	89,5	17,5	17,5
156A	33,5	96	8,5	89,6	88	17,8	17,5
288A	33,5	95,5	9	89,8	89,6	16,5	16,5
282A	33,6	96,2	9	89,6	89,5	16,5	16,5
037A	33,5	96	9	90	90	17	17
041B	33,4	96,2	9,2	90	89,9	17	17
323C	33,6	96,1	8,5	89,8	89,9	17	17
A028	33,7	96	9	89,6	89,7	17	17
266A	33,5	96	9	90	90	17	17
098A	33,7	96	9	89,2	89	17	17
061A	33,4	96	9	90	89,9	17,1	17,1
0327A	33,7	96	9	89,5	89,8	17	17
255A	33,6	96,5	8,5	89,6	89,4	16,4	16,5
271A	33,6	96	8,5	89,8	89,8	16,5	16,5
0312A	33,7	96	9	89,5	89,7	17,5	17,5
348C	33,6	95,5	8,5	89,3	89	17,1	17,1
237A	33,4	95,7	9	89,8	90	17	17
217A	33,3	96	9	89,9	90	18,5	18,5
248A	33,4	96,5	8,5	89,7	89,8	18	18
B002	33,5	96	9	90	90	17	17
210A	33,6	96	9	89,5	89,2	17	17
223A	33,6	96,1	9	89,5	89,4	17,7	17,1
158A	33,5	96,4	9	89,7	89,8	17	17

103A	33,5	96	9	89,7	90	17	17
265A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
096A	33,7	96	9	88,8	89,7	17	17
065A	33,6	96	9	88,9	89,3	17	17
281A	33,5	96	9	90	90	17	17
305C	33,5	96	9	90	90	17,1	17,1
240A	33,6	96	8,5	89,7	89,6	17	17
066A	33,7	96	9	89,6	89,8	17	17
113A	33,5	96	9	90	90	16,5	16,2
B003	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
046A	33,7	96,3	9	89,8	89,7	17	17
B004	33,7	96	9	89,9	89,9	16,4	16,4
072A	33,6	96	8,5	89	89,9	17	17
119A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
117A	33,6	96	9	89,8	89,8	16	16
154C	33,6	96	9,1	89,9	89,7	17	17
335C	33,5	96	9	89,9	89,4	17,2	17,5
0314A	33,6	96	9	90	89,7	17	17
286A	33,6	96,3	9	89,4	89,7	16	16
002A	33,6	95,9	9	89,9	89,7	17	17
170A	33,5	96	9	90	90	17	17
018A	33,5	96	9	90	90	17	17
B005	33,6	96,1	8,5	89,9	89,9	17	17
041A	33,5	96	9	90	90	17	17
G09B	33,7	96	9	89,1	89,7	12,5	16,5
0321A	33,6	96,5	9	89,6	89,4	17,5	17,5
047A	33,6	96	9	89,6	89,6	16,5	17
017A	33,6	96	9	90	90	17	17
122A	33,5	96	9	90	90	17	17
201A	33,5	96,5	9	89,7	89,9	17	17
A029	33,5	96	9	90	90	18	18
A032	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
052A	33,5	96	9	90	90	16	16
272A	33,7	96	9	89,8	89,7	16	16
219A	33,5	96	8,5	89,5	89,3	17	17
152A	33,5	96	8,5	89,9	89,6	17,5	17,5
277A	33,4	96	9	89,8	89,8	18	18
044A	33,6	96,5	9	90	89,7	17	17
147A	33,5	96	9,3	89,8	90	17	17

091A	33,7	96	9	89,6	89,4	17,5	17,5
256A	33,7	96	8,5	89,4	89,3	16,3	16,5
081A	33,5	96,2	9	90	89,8	17	17
213A	33,4	96	9	90	90	18	18
B001	33,7	96	9	90	90	16,5	16,5
231A	33,6	96	8,5	89,9	89,5	17	17
A031	33,6	96	9	89,8	89,4	17	17
B006	33,5	96,1	8,5	89,9	89,8	17	17
B007	33,5	96	9,1	89,6	89,8	17	17
B008	33,4	96	9	90	90	18	18
233A	33,5	96	9	89,8	89,9	17	17
086A	33,5	96	9	90	90	18	18
003A	33,5	96,5	9	89,6	89,9	17	17
284A	33,6	96	9	89,8	89,5	17	17
244A	33,5	96,5	9	89,2	89,4	17,5	17,5
023A	33,6	96	8,5	89,7	90	17	17
B009	33,5	96	8,5	89,2	89	16	16
082A	33,5	96	9	89,8	89,6	17	17
161A	33,5	96,5	9	89,9	89,3	17	17
B010	33,6	96	9	89,8	89,8	17	17
0328A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
126A	33,5	96	9	90	90	17	17
197A	33,5	96,5	9	89,5	90	16,5	17
0329A	33,6	96	9	89,7	89,7	17	17
229A	33,5	96	9	90	90	17	17
203A	33,5	96	8,5	90	89,9	17	17
B011	33,5	96	9	90	90	16,5	16,5
221A	33,5	96	8,5	89,4	89,8	17	17
093A	33,5	96	9	90	90	17	17
B012	33,5	96	9	90	90	16,5	16,5
045A	33,5	96,5	9	89,7	89,5	17,5	17
163A	33,5	96	9	90	90	17	17
260A	33,6	96	9	89,9	89,3	17	17
276A	33,4	96	8,5	89,8	89,8	18	18
153A	33,5	96	9	89,7	89,7	17	17
0331A	33,6	96	9	89,8	89,6	17	17
075B	33,4	96,1	9	89,9	90	18,5	18,5
0330A	33,5	96	9	90	90	17	17
053B	33,4	96	8,5	89,3	89,6	19	18

101A	33,5	96	9	90	90	17	17
121A	33,6	96	9	89,9	89,7	17	17
134A	33,7	96	9	89,8	89,4	17	17
193A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
292A	33,6	96	8,5	90	89,6	17	17
025A	33,5	96	9	89,7	89,9	17,2	17
035A	33,6	96,5	9	89,6	89,6	17	17
0322A	33,5	96	9	89,5	89,5	17	17
054B	33,5	96	9	89,8	89,9	17	17
033A	33,5	96	9	90	90	17	17
129A	33,5	96	9	89,4	89,4	17	17
B013	33,4	96,3	8,5	89,9	89,8	17,8	18,1
B014	33,6	95,5	8,5	89,3	89,3	17,5	17
246A	33,4	96	9	89,8	89,6	17,5	17,5
194A	33,5	96	9	90	90	18	18
089A	33,6	96	8,5	89,9	89,7	17	17
123A	33,4	96,2	9	89,6	89,6	17	17
0332A	33,5	96,2	9	89,5	89,6	17,1	17
046C	33,3	96	9	90	90	18	18
107A	33,4	96,5	9	89,7	89,5	17,1	17
022A	33,6	96,3	9	90	90	17	17
199A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
295A	33,7	96	9	89,9	89,9	16	16
0333A	33,5	96	9	89	89	17	17
148A	33,5	96	9	90	90	17	17
250A	33,3	95,8	9	89,9	89,9	18	18
0334A	33,4	96	9	89,8	89,7	18	18
0335A	33,4	96	9	89,2	89,3	17	17
212A	33,3	96	9	90	90	18	18,5
0338A	33,6	95,8	9	89	89,5	16,5	16,5
180A	33,5	96	8,5	89,5	90	18	18
238A	33,5	96	9	89,2	89,6	17	17
298C	33,6	96,1	9	89,7	89,8	17,1	17
247A	33,5	96,2	9	89,9	89,6	17,5	17,5
0337A	33,6	96	9	89,6	89,9	16	16
0336A	33,5	96	9	89	89,3	17	17
0339A	33,5	96	9	90	90	18	18
206A	33,5	96,5	9,5	89,7	89,9	17	17
0340A	33,5	96	9	89,1	89,8	17	17

010A	33,5	96	9	90	90	17	17
070A	33,5	96	9	89,9	89,7	18	18
0341A	33,5	96	9	89,3	89,2	17	17
042A	33,5	96	9	90	90	17	17
079B	33,5	95,5	9	89,8	89,6	17	17
0344A	33,4	96	8,5	89,8	89,9	17,2	17
0343A	33,6	96,2	9	89,9	89,8	17	17
005A	33,6	96	9	89,9	89,8	18	18
232A	33,5	96	9	89,7	89	17	17
215A	33,4	96	9	89,8	89,5	18	18
269A	33,7	96,5	8,5	89,9	90	17	17
0342A	33,5	95,8	9	89,5	89,9	17	17
242A	33,5	95,5	9	89,3	89,1	17	17
227A	33,5	96	9	90	90	17	17
026A	33,7	96	9	89,7	89,5	17	17
137A	33,5	96	9	89,3	89,5	18	18
0345A	33,4	96	9	89,8	89,8	18,2	18,6
0315A	33,5	96	9	90	90	16,5	16,5
280A	33,5	96	9	90	90	17	17
195A	33,5	96	9	89,9	89,3	17,1	17
189A	33,6	96	9	88,2	88,3	17	17
157A	33,6	96	8,5	90	90	17	17
068A	33,7	96	9	89,1	89,3	17	17
071A	33,5	96,2	9	89,9	90	17	17
0316A	33,5	96	9	89,5	89,6	17	17
057B	33,5	95,6	9	90	89,3	17,5	17
249A	33,6	96	9	89,7	89,3	17	17
038A	33,5	96	9	90	90	17	17
290A	33,5	96	9	89,8	90	17	17
085A	33,5	96	9	89,8	89,7	17,8	17,9
283A	33,4	96	9,2	89,9	90	18,1	18
183A	33,5	96	9	90	90	17	17
014A	33,7	95,8	9	89,4	89,2	17	17
388C	33,5	96	9	90	90	17	17
0317A	33,5	96	9	90	90	18	18
182C	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
020A	33,5	96	9	90	90	17	17
0310A	33,5	96	9	89,9	89,4	17,5	17,5
176C	33,3	96	9	89,9	89,9	18	18

0318A	33,5	96	8,5	89,8	89,8	17	17
051B	33,4	96	8,5	90	89,6	18	18
230A	33,5	96,4	9	89,6	89,7	17	17
133A	33,6	96	9	89,1	89,8	17	17
080B	33,6	96	9	89,6	89,8	16	16
153C	33,3	96	8,5	89,8	89,9	18	18
029A	33,6	96	9	89,3	89,5	17	17
102A	33,5	96	8,5	89,9	89,9	17	17
055B	33,7	96,5	8,5	89,7	89,8	16,5	16,9
261A	33,4	96	8,5	89,9	89,8	18,5	18,1
307C	33,5	95,7	9	89,7	89,8	16,5	16,5
104A	33,7	95,7	9	89,6	89,6	17,8	17,5
185A	33,5	96	9,3	89,6	89,3	17	17
289A	33,5	96	9	90	90	18,5	18,5
0319A	33,7	96	9,2	89,7	89,5	16	16
274A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
149A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
258A	33,6	96,5	9	89,5	89,8	17	17
0320A	33,5	96	9	90	89,8	17,5	17,4
083B	33,5	96	9	90	90	17	17
0311A	33,4	96	9	89,9	89,9	17	17
169A	33,6	96,3	9	89,4	89,6	17	17
083A	33,5	96,4	9	89,4	89,6	17	17
196A	33,5	96	9	90	90	17,2	17,2
309C	33,4	96	9	89,9	89,9	18,2	18
040B	33,3	96	9	90	89,7	18,2	18
275A	33,5	96	9	90	90	16,5	16,5
013A	33,6	96	9	89,8	89,3	17	17
063A	33,5	96	9	89,3	89,5	17	17
110A	33,5	95,5	8,5	89,6	89,5	17,5	17,5
062A	33,7	96	9	89	89,2	17	17
263A	33,5	96	9	89,8	89,9	17,5	17,5
252A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
268A	33,5	96	9	89,5	90	17	17
151A	33,5	96	9	90	90	16,5	16,5
222A	33,4	96	9	90	90	18,5	18,5
338C	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
120A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
048B	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5

207A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
177C	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
354C	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
208A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
087A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
090A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
181A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
257A	33,6	96	9	88,9	89,9	17	17
015A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
204A	33,5	96	9	90	90	17	17
009A	33,5	96	9	90	90	17	17
064A	33,5	95,9	9	89,6	89,8	17,5	17,4
200A	33,5	96,1	9	89,2	89,8	17,5	17,5
059A	33,5	96	9	90	90	17	17
226A	33,5	96	9	89,5	89,3	17	17
060C	33,6	96	9	89,3	89,5	17	17
145A	33,5	96	9	90	90	17	17
264A	33,5	96,5	8,5	89,4	89,6	17	17
040A	33,6	96	8,5	89,8	89,6	17	17
0305A	33,5	96	9	90	90	17	17
150A	33,6	96,4	9	89,9	90	17	17
259A	33,6	95,9	9	89,2	89,1	17	17
198A	33,6	96,1	9	89,2	89,2	17	17
287A	33,4	96	9	89,8	89,9	17	17
067A	33,5	96	9	89,1	89,9	17	17
124A	33,6	96	8,6	89,4	89,3	17	17
279A	33,5	95,6	9	89,5	89	17,2	17,2
043A	33,7	96,1	9	89,8	89,8	17	17
095A	33,5	96	9	90	90	17	17
164A	33,5	96,4	9	89,9	89,9	17	17
168A	33,5	96,3	8,5	89,8	89,5	17	17
077A	33,5	96,5	8,5	89,7	89,8	17,2	17,5
178A	33,5	96	8,5	89,8	89,9	17	17
054A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
115A	33,5	95,9	8,5	89,7	89,8	16,5	16
132A	33,6	96	9	89,8	89,7	17	17
046B	33,7	96	8,5	89,4	89,9	17	17
024A	33,5	95,6	8,5	89,9	89,6	17,2	17,5
097A	33,5	96	9	89,4	89,5	16,5	16,5

080A	33,5	96	9	90	90	17	17
216A	33,5	96	8,5	89,9	89,7	17	17
299C	33,5	96	8,5	89,9	89,8	17	17
083C	33,5	96	9	89,8	89,9	17	17
262A	33,5	96,2	9	89,8	89,7	17,5	17,5
012A	33,6	96	8,5	89,8	90	17	17
034A	33,6	96,3	9	90	89,7	17	17
079A	33,5	96,5	9	89,1	89,1	17,5	17,3
073A	33,5	96	9	90	90	17	17
143A	33,6	95,8	9	89,6	90	16	16
293A	33,8	96,3	9	89,8	89,6	17,2	17
094A	33,5	96,1	9	89,9	89,9	17	17
072B	33,5	96	9	90	90	17	17
144A	33,5	95,7	9	89,8	89,5	17	17
108A	33,6	96	8,5	89,3	89,4	17	17
346C	33,6	96	9	90	90	17,5	17,5
341C	33,6	96	8,5	90	90	16,5	16,5
343C	33,4	96	9	89,8	89,7	18	18
344C	33,7	96	9	89,7	89,9	17,3	17
B027	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
211A	33,4	96	9	89,9	89,7	18	18
179C	33,5	96	9	89,8	89,9	18	18,3
377C	33,5	96,5	9	89,7	90	18	18
077B	33,3	96	9	89,8	89,8	18,5	18,5
100A	33,5	96	9	89,8	89,7	17	17
176A	33,8	96,5	9	89,6	89,8	17	17
011A	33,5	96,4	9	89,9	89,7	16,5	16,5
0306A	33,6	96	9	90	90	17	17
220A	33,5	96	9	90	90	16,5	16,5
228A	33,5	96	9	89,2	89,8	16,3	16,5
225A	33,7	96	9	90	90	16	16
243A	33,7	96	9	89,5	89,5	17	17
224A	33,7	96	8,5	89,8	89,7	17	17
192A	33,6	96	9	89,6	89,7	17	17
300A	33,6	96	9	89,9	89,6	17	17
136A	33,5	96	9	90	90	17	17
167A	33,7	96	8,5	89,8	89,2	17,5	17,5
027A	33,5	96	9	90	90	17	17
273A	33,8	96	9	89,9	89,8	17	17

140A	33,7	96	9	90	89,9	18	18
048A	33,5	96	8,5	89,7	90	18,5	15,5
285A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
146A	33,8	96	8,5	89,6	89,6	17,5	17,3
175A	33,8	96,5	9	89,3	89,4	17	17
214A	33,5	96,3	9	89,9	89,2	17	17
235A	33,6	96	9	89,4	89,8	17	17
218A	33,5	96	9	89,8	89	17,5	17,5
205A	33,7	96	8,5	89,5	89,1	17	17
186C	33,5	96	9	90	90	18,5	18,5
299A	33,5	96	9	90	90	17	17
154A	33,5	96	9	89,4	89,7	17,5	17,5
016A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
051A	33,5	96	8,5	89,6	89,5	17	17
188A	33,7	96	9	89,9	89,9	17	17
118A	33,7	96	8,5	89,7	89,7	17	17,6
114A	33,6	95,6	8,5	89,2	89,6	17,3	17,5
142A	33,6	96	9	89,9	89,9	17	17
052B	33,8	96	9	90	89,7	17	17
073B	33,4	96	9	89,5	89,6	17,7	17,5
109A	33,5	96,2	8,5	90	89,9	17	17
174A	33,5	96	9	90	90	17,5	17,5
131A	33,5	96	8,5	89,5	89,5	17,3	17,2
078A	33,5	96	9	90	90	17	17
128A	33,6	96	9	89,7	89,8	17,7	17,8
001A	33,6	96	9,5	88,7	89,4	17	17
112A	33,5	96	9	90	89,7	17	17
179A	33,6	95,9	9	89,9	89,3	17	17
036A	33,6	96,2	9	89,8	89,4	17	17
049A	33,6	95,8	9	89,7	89,8	17	17
078B	33,7	96	9	89,3	89,5	16	16
191A	33,8	96	9	90	89,7	17,5	17,5
139A	33,7	96	9	89,4	89,9	17	17
081B	33,5	96	8,5	89,1	89	17	17
296A	33,5	96	9	90	90	17	17
187A	33,6	96	9	89,8	89,9	17	17
312C	33,5	96	9	89,6	89,4	17	17
313C	33,5	96	9	90	90	17	17
172A	33,5	96	9	90	90	17	17

315C	33,5	96	9	90	90	17	17
355C	33,5	96	9	90	90	17	17
321C	33,5	96	9	90	90	17	17
322C	33,5	96	9	90	90	17	17
A002	33,5	96	9	90	90	17	17
A003	33,5	96	9	90	90	17	17
A004	33,5	96	9	90	90	17	17
A005	33,5	96	9	90	90	17	17
A006	33,5	96	9	90	90	17	17
A007	33,5	96	9	90	90	17	17
A008	33,5	96	9	90	90	17	17
A009	33,5	96	9	90	90	17	17
A010	33,5	96	9	90	90	17	17
A011	33,5	96	9	90	90	17	17
A012	33,5	96	9	90	90	17	17
A013	33,5	96	9	90	90	17	17
A014	33,5	96	9	90	90	17	17
A015	33,5	96	9	90	90	17	17
B028	33,5	96	9	90	90	17	17
380C	33,5	96	9	90	90	17	17
379C	33,5	96	9	90	90	17	17
372C	33,5	96	9	90	90	17	17
382C	33,5	96	9	90	90	17	17
376C	33,5	96	9	90	90	17	17
368C	33,5	96	9	90	90	17	17
C022	33,5	96,5	9	90	90	17	17
078C	33,5	96,5	9	90	90	17	17
077C	33,5	96,5	9	90	90	17	17
075C	33,5	96,5	9	90	90	17	17
072C	33,5	96,5	9	90	90	17	17
071C	33,5	96,5	9	90	90	17	17
068C	33,5	96,5	9	90	90	17	17
209A	33,5	96	9	90	90	17	17
063C	33,5	96	9	90	90	17	17
079C	33,5	96	9	90	90	17	17
085C	33,5	96	9	90	90	17	17
065C	33,5	96	9	90	90	17	17
090B	33,5	96	9	90	90	17	17
117C	33,5	96	9	90	90	17	17

0323A	33,5	96	9	90	90	17	17
395C	33,5	96	9	90	90	17	17
408C	33,5	96	9	90	90	17	17
405C	33,5	96	9	90	90	17	17
396C	33,5	96	9	90	90	17	17
404C	33,5	96	9	90	90	17	17
407C	33,5	96	9	90	90	17	17
397C	33,5	96	9	90	90	17	17
403C	33,5	96	9	90	90	17	17
086B	33,5	96	9	90	90	17	17
085B	33,5	96	9	90	90	17	17
084B	33,5	96	9	90	90	17	17
037B	33,5	96	9	90	90	17	17
035B	33,5	96	9	90	90	17	17
030B	33,5	96	9	90	90	17	17
026B	33,5	96	9	90	90	17	17
002B	33,5	96	9	90	90	17	17
020B	33,5	96	9	90	90	17	17
014B	33,5	96	9	90	90	17	17
013B	33,5	96	9	90	90	17	17
150C	33,5	96	9	90	90	17	17
148C	33,5	96	9	90	90	17	17
096B	33,5	96	9	90	90	17	17
094B	33,5	96	9	90	90	17	17
093B	33,5	96	9	90	90	17	17
092B	33,5	96	9	90	90	17	17
091B	33,5	96	9	90	90	17	17
088B	33,5	96	9	90	90	17	17
087B	33,5	96	9	90	90	17	17
152C	33,5	96	9	90	90	17	17
061C	33,5	96	9	90	90	17	17
058C	33,5	96	9	90	90	17	17
057C	33,5	96	9	90	90	17	17
056C	33,5	96	9	90	90	17	17
054C	33,5	96	9	90	90	17	17
053C	33,5	96	9	90	90	17	17
049C	33,5	96	9	90	90	17	17
044C	33,5	96	9	90	90	17	17
042C	33,5	96	9	90	90	17	17

REFERENCIAS

- Arellano, A., Carballo, B., y Ríos, N. (2017). *Análisis y diseño de procesos. Una metodología con enfoque de madurez organizacional*. Pearson.
https://www.researchgate.net/publication/327190143_Analisis_y_diseño_de_procesos_Una_metodología_con_enfoque_de_madurez_organizacional
- ArcGis. (2022). *Datos históricos*. ArcGis Velocity. <https://doc.arcgis.com/es/iot/ingest/ingest-historical-data.htm>
- Arteaga, P., Batanero, C., Contreras, J., y Cañadas, G. (2016). Evaluación de errores en la construcción de gráficos estadísticos elementales por futuros profesores. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 19(1), pp.15-40. <https://doi.org/10.12802/relime.13.1911>
- Astúa, Y. (2018). *Reducción del tiempo en el cambio de molde segmentado mediante el método DMAIC y la herramienta SMED en la empresa Bridgestone Costa Rica, en el periodo de enero hasta agosto del 2018* [Licenciatura en ingeniería industrial, Universidad Latina de Costa Rica, Costa Rica, Costa Rica]
https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/867/1/TFG_Ulatina_Yustin_Astua_Bermudez.pdf
- Baca, G. (2013). *Evaluación de proyectos*. McGraw-Hill. <https://www.uachatec.com.mx/wp-content/uploads/2019/05/LIBRO-Evaluación-de-proyectos-7ma-Edición-Gabriel-Baca-Urbina-FREELIBROS.ORG.pdf>
- Baca, G. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. Grupo Editorial Patria.
<https://todoproyecto.files.wordpress.com/2021/03/introduccion-a-la-ingenieria-industrial-gabriel-baca.pdf>
- Bonilla, S. (2018). *Análisis de manejo de materiales sobrantes en el área de armado de la empresa Bridgestone Costa Rica, planta manufactura durante el segundo semestre de 2017 y propuesta de implementación durante el 2018* [Licenciatura en procesos y calidad, Universidad Técnica Nacional, Costa Rica]
<https://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/123456789/186/Analisis%20de%20manejo%20de%20materiales%20sobrantes%20en%20el%20área%20de%20armado%20de%20la>

[%20empresa%20Bridgestone%20Costa%20Rica%2C%20planta%20manufactura%20durante%20el%20segundo%20semestre%20de%202017%20y%20propuesta%20de%20implementacion%20durante%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

Bridgestone. (2016). *Información general sobre Bridgestone.*

<http://www.bridgestone.com.ar/noticias/2013/bridgestone-es-la-marca-de-neum%C3%A1ticos-m%C3%A1s-valiosa-del-mundo>

Calle, M. (20 de setiembre de 2019). *La importancia de la EDT en un proyecto.* LinkedIn.

<https://www.linkedin.com/pulse/la-importancia-de-edt-en-un-proyecto-marco-antonio-calle-rojas/?originalSubdomain=es>

Caycho, J., Mendoza, C. (2019). *Estandarización de procesos para mejorar la productividad en*

una línea de ensamble de una empresa fabricante de baterías automotrices [Licenciatura en ingeniería industrial, Universidad Ricardo Palma, Perú]

https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2728/IND-T030_70785114_T%20%20MENDOZA%20MORALES%20CRISTHIAN%20ALEXIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cruelles, J. (2012). *Mejora de métodos y tiempos de fabricación.* Marcombo.

https://books.google.co.cr/books?id=ektOEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Mejora+de+métodos+y+tiempos+de+fabricación&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Mejora%20de%20métodos%20y%20tiempos%20de%20fabricación&f=false

De Paz, D. C. (2008). Conceptos y técnicas de recolección de datos en la investigación jurídico

social. *Artículos Derecho penal.* <http://www.geocities.ws/jusbaniz/faseI/tesis/tecnicas1.pdf>.

Escalante, M., Núñez, M., y Izquierdo, H. (2018). Evaluación ergonómica en la producción. Caso

de estudio: Sector Aluminio. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 6(21), pp. 73-90. <https://www.redalyc.org/journal/2150/215058535006/html/>

Fazinga, W., Saffaro, F., Isatto, E., y Lantelme, E. (2019). Implementación del trabajo

estandarizado en la industria de la construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 34(3), pp. 288-298. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000300288>

- Ferreira M., Ramos A., Careniro P. y Gonçalves M. (2019). Ergonomic Analysis in Lean Manufacturing and Industry 4.0-A Systematic Review: *Lean Engineering for Global Development*, 10(1007), pp. 95-127. https://www.researchgate.net/profile/Marlene-Brito/publication/331807174_Ergonomic_Analysis_in_Lean_Manufacturing_and_Industry_40-A_Systematic_Review/links/5e7a42bca6fdcc57b7bb74a6/Ergonomic-Analysis-in-Lean-Manufacturing-and-Industry-40-A-Systematic-Review.pdf
- Fontalvo, T., De La Hoz, E., y Morelos, J. (2018). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional: *Dimensión Empresarial*, 16(1), pp. 47-60. <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375>
- Gama, M. (01 de junio de 2021). Cómo hacer un mapa de procesos de una empresa: ejemplos prácticos. Docunecta. <https://www.docunecta.com/blog/como-hacer-un-mapa-de-procesos>
- Gutiérrez, M., Chacón, M., Rico, M., y Castañeda, M. (2018). Estandarización de procesos, para la reducción de SCRAP en una empresa dedicada a la fabricación de tornillos para el sector automotriz: *Revista de Operaciones Tecnológicas*. Vol.2 No.6, pp. 16-23 https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Operaciones_Tecnologicas/vol2num6/Revista_de_Operaciones_Tecnologicas_V2_N6_3.pdf
- Henao, F. (2014). *Seguridad y salud en el trabajo. Conceptos básicos*. Ecoe Ediciones. https://books.google.co.cr/books?id=ZKIwDgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Seguridad+y+salud+en+el+trabajo.+Conceptos+básicos.&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Seguridad%20y%20salud%20en%20el%20trabajo.%20Conceptos%20básicos.&f=false
- Hernández, J. (8 de julio de 2017). *Estructura de Desglose de Recursos (RBS)*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/estructura-de-desglose-recursos-rbs-juan-carlos-hernández-vásquez/?originalSubdomain=es>
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- ISOTools Excellence. (6 de agosto de 2015). *¿En qué consiste una matriz de riesgos?*. ISOTools Excellence. <https://www.isotools.org/2015/08/06/en-que-consiste-una-matriz-de-riesgos/>

- ISOTools Excellence. (2022). *Gestión de procesos: KPIs indicadores*. ISOTools Excellence. <https://www.isotools.org/soluciones/procesos/kpis-indicadores/>
- ISOTools Excellence. (15 de febrero de 2017). *Importancia y etapas del diseño de indicadores*. ISOTools Excellence. <https://www.isotools.cl/importancia-y-etapas-del-diseno-de-indicadores/>
- ISOTools Excellence. (8 de marzo de 2018). *¿Qué es un checklist y cómo se debe utilizar?*. ISOTools Excellence. <https://www.isotools.org/2018/03/08/que-es-un-checklist-y-como-se-debe-utilizar/>
- Mayo, I. C. (2010). Introducción a los Procesos de Calidad. *REICE. Revista Iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación*, 8(5), pp. 3-18. <https://www.redalyc.org/pdf/551/55119084001.pdf>
- Moyolema, P. (2018). *Estandarización de los procesos productivos en la empresa Lincoln* [Licenciatura en ingeniería industrial, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador] <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5302>
- Ovalles, J., Gisbert, V., y Pérez, A. (2017). Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, 1(9). pp.6. DOI: https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_1.pdf
- Pérez, A. (25 de abril de 2017). *¿Qué es un gráfico de Gantt y para qué sirve?*. OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>
- Pérez, J. (2012). *Gestión por procesos*. ESIC Editorial. <https://books.google.com.pe/books?id=koSkh64nRb4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Pérez, M. (2005). *Automatización e incorporación al sistema CCM de control en tiempo real de una prensa vulcanizadora para la producción de llantas* [Licenciatura en ingeniería electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica] <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/223/Informe%20Final.pdf?sequence=1>

- Piñero, E., Vivas, F., y de Valga, L. (2018). Programa 5S´ s para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 6(20), pp. 99-110. <https://www.redalyc.org/journal/2150/215057003009/215057003009.pdf>
- Quesada, J. (6 de agosto de 2019). *Trabajo estandarizado*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/trabajo-estandarizado-josé-david-quesada-campos/?originalSubdomain=es>
- Realyvásquez, A. (2020). *Metodologías de estandarización del trabajo, diseño antropométrico y 8Ds como estrategia de mejora de procesos de manufactura* [Doctorado en ingeniería industrial, Universidad de la Rioja, España] <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiVu67IwuL1AhWBRTABHXoYDWIQFnoECDAQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Ftesis%2F283818.pdf&usg=AOvVaw14uyb8LQ7PqJUbxLjAVUvG>
- Secretaría de Salud Laboral de CCOO de Madrid. (2016). Métodos de evaluación ergonómica. Unigraficas GPS. <https://madrid.ccoo.es/54c00d40d3dea466094a35e6b6a867d9000045.pdf>
- Talancón, H. (2007). La matriz foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e investigación en psicología*, 12(1), pp. 113-130. <https://www.redalyc.org/pdf/292/29212108.pdf>