

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE
REPARACION DE REPUESTOS USADOS EN EL
TALLER DE MANTENIMIENTO DEL
DEPARTAMENTO DE VULCANIZACION, EN LA
EMPRESA BRIDGESTONE DE C.R DURANTE EL
SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2024.**

Proyecto de graduación para optar por la
Licenciatura en Ingeniería Industrial.

Estudiante: Fabián Gerardo Vargas Quirós

Tutora: Ing. Jacqueline Brenes Granados

Heredia, 2025.

ACTAS DE APROBACIÓN

CARTA DEL TUTOR

San José 16 de Febrero del 2025

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

La estudiante Fabian Vargas Quirós, cédula de identidad número 207150032, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE REPARACION DE REPUESTOS USADOS EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO DEL DEPARTAMENTO DE VULCANIZACION, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE C.R DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2024., el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	29
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20
	TOTAL		97

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

Atentamente,



Ing Jacqueline Brenes Granados
Cédula identidad 701380274
 IPI-27267

CARTA DE LECTOR

San José,
Universidad Hispanoamericana
Sede Llorente
Carrera

Estimado señor

El estudiante Fabián Gerardo Vargas Quirós, cédula de identidad 2-0715-0032, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE REPARACION DE REPUESTOS USADOS EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO DEL DEPARTAMENTO DE VULCANIZACION, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE C.R DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2024.", el cual ha elaborado para obtener su grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

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

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

Atte.

Firma: LEONOR
MURILLO
ALPIZAR (FIRMA)

Firmado digitalmente por
LEONOR MURELLO
ALPIZAR (FIRMA)
Fecha: 2025.04.03
17:52:48 -06'00'

Nombre: Leonor Murillo Alpizar
Cédula: 1-1080-0184

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

San José, 7 de abril de 2025

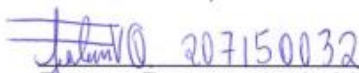
Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Fabian Gerardo Vargas Quirós con número de identificación 2-0715-0032 autor (a) del trabajo de graduación titulado "PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE REPARACION DE REPUESTOS USADOS EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO DEL DEPARTAMENTO DE VULCANIZACION, EN LA EMPRESA BRIDGESTONE DE C.R DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2024" presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar por el título de Licenciatura de Ingeniería Industrial; SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,


Firma y Documento de Identidad

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, han sido mi fuente de motivación en cada paso de este proceso. A mis padres, por su sacrificio, enseñanzas y por enseñarme a nunca rendirme ante las dificultades.

A mis amigos y compañeros, quienes compartieron conmigo los altibajos de este camino y me alentaron a seguir adelante.

Finalmente, dedico esta tesis a mí mismo, por la perseverancia, el esfuerzo y la dedicación que me permitió alcanzar este logro.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, fuente de toda sabiduría, fortaleza y guía. Gracias por darme la oportunidad, la paciencia y la determinación para culminar este proyecto.

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de alguna forma a la realización de esta tesis.

A mi familia, especialmente a mi esposa, quienes me han brindado amor, apoyo incondicional y ánimo en todo momento, les debo todo mi agradecimiento. Su confianza y comprensión fueron vitales para concluir este proyecto.

A todos, ¡muchísimas gracias!

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Fabian Gerardo Vargas Quirós, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 2-07150032, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Propuesta de Mejora en el proceso de reparación de repuestos usados en el taller de mantenimiento del departamento de Vulcanización, en la empresa Bridgestones de C.R durante el segundo semestre del año 2024, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.


En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 16 días del mes de Febrero del año dos mil veinti cinco.

Fabian VG
 Firma del estudiante
 Cédula: 207150032

REPORTE DE SIMILITUD

Fabian Vargas Quirós

MEJORA DEL PROCESO DE REPARACION DE REPUESTOS USADOS EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO

 Quick Submit

 Quick Submit

 Escuela de Ingeniería Industrial

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3157680123

Fecha de entrega

16 feb 2025, 10:52 p.m. GMT-6

Fecha de descarga

16 feb 2025, 11:01 p.m. GMT-6

Nombre de archivo

Proyecto_graduaci_n_Fabi_n_Vargas_JB_15022025.docx

Tamaño de archivo

27.7 MB

174 Páginas

34,516 Palabras

189,830 Caracteres




9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
713 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

TABLA DE CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN	1
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
DECLARACIÓN JURADA	6
REPORTE DE SIMILITUD	7
TABLA DE CONTENIDO.....	8
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	18
RESUMEN EJECUTIVO	19
CAPÍTULO 1 : PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	21
1.1 Descripción general del proyecto.....	21
1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto	22
1.2.1 Descripción general de la organización.....	22
1.2.2 Política integrada del sistema de gestión de Seguridad, Medioambiente y Calidad	22
1.2.3 Visión y Misión Empresa Bridgestone C.R.....	23
1.2.3.1 Visión	23
1.2.3.2 Misión.....	23
1.2.4 Ubicación geográfica.....	24
1.2.5 Estructura organizacional de la empresa	24
1.2.6 Descripción de la estructura del Departamento de mantenimiento	26
1.2.7 Productos	27
1.2.8 Datos generales de la empresa.....	28
1.2.9 Antecedentes del contexto de la empresa o institución	31
1.3 Planteamiento del problema.....	33
1.3.1 Definición y medición del problema	33
1.3.2 Justificación del proyecto	35
1.4 Objetivos del proyecto.....	37
1.4.1 Objetivo general	37

1.4.2 Objetivos específicos	37
1.5 Alcances y limitaciones	37
1.5.1 Alcances	37
1.5.2 Limitaciones	38
CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO	39
Marco conceptual general relativo a la carrera	39
2.1.1 Ingeniería Industrial.....	39
2.1.1.1 Campos de la Ingeniería Industrial.....	40
2.1.2 Mantenimiento Industrial	41
2.1.2.1 Objetivos del Mantenimiento	41
2.1.2.2 Tipos de mantenimiento industrial	42
2.1.2.3 Costo de mantenimiento industrial.....	42
2.1.2.4 Principales costos de mantenimiento.....	43
2.1.3 Tipos de repuestos	43
2.1.4 Proceso	44
2.1.5 Definición de inventario	46
2.1.5.1 Objetivos de la gestión de inventarios en mantenimiento	46
2.1.5.2 Costo de inventario.....	46
2.1.6 Gestión de Almacenaje.....	48
2.1.7 Indicadores	49
2.1.7.1 Importancia de los indicadores en procesos de mantenimiento	49
2.1.8 Estandarización.....	50
2.1.8.1 Definición	50
2.1.8.2 Beneficios de la estandarización de procesos.....	51
2.1.9 Productividad.....	51
2.1.10 Rentabilidad.....	51
2.1.11 Valor Actual Neto (VAN)	52
2.1.12 Tasa interna de retorno (T.I.R.)	53

2.1.13 Análisis Costo-Beneficio (ACB)	53
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	54
2.2.1 DMAIC	54
2.2.1.1 Definición	55
2.2.1.2 Medición	59
2.2.1.3 Análisis	63
2.2.1.4 Mejora (Improve)	65
2.2.1.5 Control	72
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto	74
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	75
2.4.1 Antecedente 1	75
2.4.2 Antecedente 2	76
2.4.3 Antecedente 3	76
2.4.4 Antecedente 4	77
CAPÍTULO 3 : METODOLOGÍA DE TRABAJO	78
3.1 Metodología para la definición del problema	78
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto	80
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio	82
3.4 Metodología para la implementación del proyecto	84
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	86
CAPÍTULO 4 : ANALISIS DE CAUSAS RAIZ	88
4.1 Project Charter	88
4.2 Diagrama SIPOC del proceso	90
4.3 Descripción del Taller de mantenimiento de la empresa Bridgestone.	90
4.3.1 Servicios y equipamientos del taller de mantenimiento.	90
4.3.2 Diagnostico actual de las instalaciones del taller	92
4.4 Descripción del proceso de reparación de repuestos.	95
4.5 Diagnóstico del volumen y almacenamiento de repuestos en el taller	102

4.5.1 Volumen de Repuestos Ingresados al Taller para Reparación	102
4.5.2 Acomodo y almacenamiento de los repuestos.....	103
4.6 Medición de tiempos y movimientos	104
4.6.1 Cursograma analítico del proceso de reparación.....	104
4.6.2 Metodología de la toma de tiempos.....	106
4.6.3 Resultados de medición de tiempos actual del proceso.....	107
4.7 Análisis de demanda vs. capacidad de trabajo en el taller.....	108
4.7.1 Cálculo de la demanda.....	108
4.7.2 Capacidad del taller de reparaciones.	109
4.7.3 Comparación demanda vs. capacidad del taller.....	109
4.8 Identificación del problema	110
4.8.1 Registro de ingreso de repuestos al taller.	111
4.8.1.1 Análisis del costo promedio de los repuestos nuevos que ingresan a la bodega de repuestos.	112
4.8.1.2 Análisis del costo de reparación de un repuesto en el taller local de Bridgestone C.R.	114
4.8.1.3 Análisis del costo de reparación de un repuesto en talleres externos de la empresa.....	115
4.9 Análisis de las causas cualitativas	116
4.9.1 Digrama Ishikawa.....	116
4.9.2 Análisis Multivoto.....	119
4.9.3 Análisis de Diagrama Pareto	120
4.10 Conclusiones de la situación actual.....	124
CAPÍTULO 5 : DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	125
5.1 Diseño de propuesta de Implementación de Metodología 5`S.....	126
5.1.1 Evaluación económica de la propuesta.....	130
5.1.1.1 Inversión de la propuesta.....	130
5.1.1.2 Beneficios esperados	130
5.1.2 Implementación de la metodología 5`S.....	131

5.1.2.1 Formación del comité 5's en el taller y capacitación al personal.....	131
5.1.2.2 Implementación de la etapa Seiri (clasificación).....	132
5.1.2.3 Implementación de la etapa Seiton.....	133
5.1.2.4 Implementación de la etapa Seiso	137
5.1.2.5 Implementación de la etapa Seiketsu (Estandarizar).....	139
5.1.2.6 Implementación de la etapa Shitsuke (Disciplina)	143
5.2 Diseño de la propuesta para reducir los tiempos de reparación.	143
5.2.1 Planteamiento de la propuesta	143
5.2.1.1 Disminución de recorridos.....	144
5.2.1.2 Priorización de tareas (tablero Kanban y clasificación ABC).....	145
5.2.1.3 Implementación de Check Lists y Registros Estandarizados	146
5.2.1.4 Definición de roles y responsabilidades.	146
5.2.1.5 Monitoreo de Indicadores de Desempeño	146
5.2.2 Evaluación económica de la propuesta.....	146
5.2.2.1 Inversión de la propuesta.....	146
5.2.2.2 Beneficios esperados	147
5.2.3 Implementación de la propuesta.	150
5.2.3.1 Análisis del layout actual del taller.....	150
5.2.3.2 Estandarización de roles/responsabilidades	152
5.2.3.3 Resultados de la implementación.	161
5.2.3.4 Diseño de indicadores para controlar el proceso	162
5.3 Análisis económico del proyecto.	165
5.3.1 Inversión Inicial.....	165
5.3.2 Beneficios económicos.....	166
CAPÍTULO 6 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	168
6.1 Conclusiones.....	168
6.2 Recomendaciones.....	168
CAPÍTULO 7 : BIBLIOGRAFÍA	170

CAPÍTULO 8 : ANEXOS Y APÉNDICES.....	176
8.1 Apéndices	176
8.2 Anexos	183
8.3 Registro de tutorías.....	186

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Misión y Visión Bridgestone de Costa Rica S.A.	23
Ilustración 2: Ubicación geográfica.....	24
Ilustración 3: Organigrama general de la Empresa Bridgestone C.R.....	25
Ilustración 4: Organigrama del Departamento de Mantenimiento Bridgestone C.R	26
Ilustración 5: Organigrama Departamento de mantenimiento Vulcanización	27
Ilustración 6: Proceso productivo de la llanta.	29
Ilustración 7: Flujo del proceso productivo Bridgestone.....	31
Ilustración 8: Proceso	44
Ilustración 9: Formula VAN.....	52
Ilustración 10: Metodología DMAIC	54
Ilustración 11: Fases de la entrevista.....	57
Ilustración 12: Diagrama SIPOC Proceso de reparación de un motor	58
Ilustración 13: Simbología del diagrama de flujo	59
Ilustración 14: Ejemplo de Cursograma analítico	60
Ilustración 15: Partes del Diagrama de Ishikawa	63
Ilustración 16: Diagrama de Gantt	66
Ilustración 17: Metodología 5'S.....	68
Ilustración 18: TPS (Sistema de Producción Toyota)	70
Ilustración 19: Ejemplo de formato	74
Ilustración 20: SIPOC- del proceso de reparación de repuestos usados.....	90
Ilustración 21:Diagrama de flujo del proceso de atención de fallas.....	96
Ilustración 22: Sistema de Gestión de órdenes de trabajo.	97
Ilustración 23: Atención de falla mecánica (reemplazo de pistón neumático).....	98
Ilustración 24: Respuesta de mantenimiento	99
Ilustración 25: Diagrama de flujo del proceso de reparación de repuestos usados.	100
Ilustración 26: Tabla de registro del técnico	102
Ilustración 27: Almacenamiento actual de los repuestos.....	104
Ilustración 28: Clasificación en tarimas plásticas.....	104
Ilustración 29: Diagrama Ishikawa de las casusas.....	118
Ilustración 31: Diagrama de Gantt Implementación de Mejora 5`s.	128
Ilustración 32: Roles/responsabilidades del Comité 5`s.....	131
Ilustración 33: Criterios para clasificar	132

Ilustración 34: Tarjeta roja	133
Ilustración 35: Bodega en desuso.	134
Ilustración 36: Demarcación de áreas en cuarto de soldadura.....	135
Ilustración 37: Área de cajas de herramientas.	135
Ilustración 38: Demarcación de pasillos.....	136
Ilustración 39: Área de desechos	137
Ilustración 40: Check list de limpieza	138
Ilustración 41: Layout actual del taller de reparaciones.	151
Ilustración 42: Propuesta de Layout del taller.	152
Ilustración 43: Tablero kanban de pared	154
Ilustración 44: Reparación de pistón hidráulico	156
Ilustración 45: Válvulas y pistones reparados	156
Ilustración 46: Bodega de almacenamiento de repuestos usados	157
Ilustración 47: Cursograma analítico propuesto.	162
Anexo #1 Ilustración 48: Taller de reparaciones, banco de trabajo.	183
Anexo #2 Ilustración 49: Equipos de trabajo(fresadora).....	183
Anexo #3 Ilustración 50: Equipos de trabajo (torno).	184
Anexo #4 Ilustración 51: Taller de soldadura	184
Anexo #5 Ilustración 52: Representación gráfica del Diagrama Pareto.....	185

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Demoras en el Proceso de Vulcanización	33
Tabla 2: Matriz “DEFINIR”	79
Tabla 3: Etapa "MEDIR Y ANALIZAR”	81
Tabla 4: "Propuesta de Mejora"	83
Tabla 5: Matriz "Implementar"	85
Tabla 6: Etapa "Controlar"	87
Tabla 7: Project Charter.....	89
Tabla 8: Diagnóstico actual del taller de reparaciones.	92
Tabla 9: Volumen de ingresos de repuestos semanalmente.	103
Tabla 10: Cursograma analítico del proceso de reparación de repuestos usados.....	105
Tabla 11: Desviacion estandar.....	106
Tabla 12: Toma de tiempos del proceso actual.	107
Tabla 13: Calculo de la demanda de trabajo.....	108
Tabla 14: Capacidad del taller.	109
Tabla 15: Tabla comparativa.	110
Tabla 16: Costo de hora extra por técnico.....	110
Tabla 17: Costo total de horas extras semanalmente.....	111
Tabla 18: Ponderado de frecuencia de ingreso de repuestos al taller.....	111
Tabla 19: Costos de los repuestos nuevos.	113
Tabla 20: Tabla de análisis de costos.	113
Tabla 21: Salario por hora	114
Tabla 22: Análisis de costo de reparación de un repuesto en taller local.....	115
Tabla 23: Análisis de costo de reparación de un repuesto en taller externo.....	116
Tabla 24: Análisis Multivoto de causas.....	119
Tabla 25: Clasificación de las causas más predominantes.	122
Tabla 26: Diseño de las propuestas.	125
Tabla 27: Propuesta de implementación 5`s.....	126
Tabla 28: Presupuesto.....	130
Tabla 29: Estándar 5´ del taller de reparaciones.	139
Tabla 30: Presupuesto inicial.....	147
Tabla 31: Análisis de índice de rentabilidad.	149
Tabla 32: Asignación de tareas.....	152

Tabla 33: Clasificación ABC de los repuestos	154
Tabla 34: Calculo de la desviacion estandar.	158
Tabla 35: Toma de tiempos después de la implementación de mejora.	160
Tabla 36: Tiempo anterior vrs tiempo actual.....	160
Tabla 37: Inversión del proyecto	165
Tabla 38: Análisis económico	167
Gráfico 2: Ejemplo de gráficos comparativos	62
Gráfico 3: Diagrama de Pareto	64
Gráfico 4: Diagrama Pareto frecuencia de ingreso de repuestos.....	112
Gráfico 5: Diagrama Pareto repuestos y costos.....	114
Gráfico 6: Porcentajes de causas por categorías.....	120
Gráfico 7: Diagrama Pareto 6M's	120
Gráfico 8: Diagrama Pareto de causas.....	121

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

Llanta verde: Se refiere al termino de llanta aun no vulcanizada para ser inspeccionada en su totalidad.

NOT'S: Se refiere a los tiempos no operativos en un proceso.

DMAIC: metodología utilizada en la gestión de procesos y mejora continua, especialmente en proyectos de Six Sigma.

RRHH: Recursos humanos.

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto tiene como objetivo analizar y optimizar la capacidad operativa del taller de mantenimiento del área de Vulcanización de la empresa Bridgestone S.A. Mediante la aplicación de la metodología DMAIC, se busca diseñar una propuesta que permita reducir los tiempos de reparación de los repuestos y aumentar la productividad del taller, el cual actualmente enfrenta desafíos relacionados con la sobrecarga de trabajo y tiempos de reparación extensos.

Para este estudio, se llevó a cabo un análisis detallado de la situación actual del proceso de reparación de repuestos usados, con el objetivo de identificar el impacto que los desperdicios de tiempo generan en la compañía. Se busca comprender las causas subyacentes de estos tiempos prolongados y por qué se producen durante el proceso. Se realizan tomas de tiempo, análisis de datos, recopilación de muestras y un estudio exhaustivo de las operaciones a ejecutar a lo largo del proceso.

Tras la recopilación de la información, se llevó a cabo una reunión con el equipo involucrado para analizar las causas fundamentales, utilizando el diagrama de Ishikawa. Posteriormente, se empleó el Diagrama de Pareto para determinar cuáles son las causas más significativas que afectan el proceso.

Los resultados del análisis revelaron que las principales causas que limitan el rendimiento del proceso de reparación son:

- Falta de planificación de tareas
- Recorridos excesivos
- Falta de estandarización en las reparaciones
- Espacios reducidos o mal organizados
- Ubicación inadecuada de los repuestos
- Disposición de los residuos y desechos
- Flujo de trabajo deficiente
- Evaluación deficiente del proceso
- No se tienen indicadores establecidos
- Ausencia de datos para controlar el proceso

Entre las propuestas implementadas, se destacan las siguientes:

Implementación de 5's: Mejorar los espacios físicos del taller y diseñar un estándar operativo del taller, además para el almacenaje de repuestos en el departamento se propuso el uso de una bodega con estantería nueva con sus respectivas identificaciones.

Como propuesta para disminuir los tiempos de reparación se sugiere la adquisición e implementación de un sistema visual denominado Tablero Kanban que permita identificar y priorizar las reparaciones más urgentes, garantizando que los técnicos se concentren en las tareas de mayor importancia sin sobrecargar sus horarios. Junto con esto, se propone la creación de formatos estructurados para la evaluación y el registro de información, con el objetivo de garantizar una trazabilidad precisa de cada reparación.

En resumen, debido a la implementación de estas mejoras, se ha observado un impacto considerable en el aumento de la productividad y la reducción de los costos operativos.

El análisis de los resultados indica que:

- El tiempo promedio de reparación se redujo de 4,30 horas a 2,30 horas por repuesto, lo que permitió incrementar la productividad en un 50%, manteniendo el mismo personal y sin recurrir a horas extras
- Solo con la reparación de los repuestos críticos tipo A, la empresa logra un ahorro semanal de **₡14 745 400,00** en la compra de repuestos nuevos.

CAPÍTULO 1 : PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 Descripción general del proyecto

Este documento presenta una propuesta de mejora en el proceso de reparación de repuestos usados en el taller de mantenimiento de la División 3 (Vulcanización) de la empresa Bridgestone Costa Rica, ubicada en la planta de manufactura en La Rivera de Belén, provincia de Heredia.

Para el desarrollo de esta propuesta, se utilizó la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar), con el objetivo de generar beneficios en las actividades diarias del Departamento de Mantenimiento. Como punto de partida, se llevaron a cabo entrevistas con el personal del área, incluyendo tanto a los mecánicos como al Jefe del Departamento de Mantenimiento, para abordar aspectos técnicos y productivos.

Este trabajo se estructura en las cinco etapas de la metodología DMAIC, lo que permite la aplicación de herramientas ingenieriles en cada una de las fases del proyecto. La implementación de DMAIC facilita la creación de un mapa para el mejoramiento continuo y el monitoreo de los procesos, y su efectividad ha sido ampliamente demostrada en la resolución de diversas necesidades empresariales.

A través de esta metodología, se podrán definir los objetivos específicos del proyecto, identificar las causas principales que afectan el área de mantenimiento y, una vez detectadas, diseñar una propuesta que integre herramientas ingenieriles. El fin es disminuir los errores y controlar el proceso a lo largo del tiempo.

El área de investigación de la Escuela de Ingeniería Industrial que corresponde a este proyecto es *Operaciones Industriales*, ya que el enfoque principal está en la optimización, mejora y estandarización de procesos con el fin de aumentar la productividad y efectividad del área en estudio.

1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto

1.2.1 Descripción general de la organización

El presente proyecto se realiza en la empresa Bridgestone/Firestone de Costa Rica, ubicada en la Ribera de Belén. Se encarga de la producción de llantas para automóviles, camionetas, camiones, buses y agrícolas, en otras plantas Bridgestone alrededor del mundo. Producen llantas para vehículos de construcción y minería, maquinaria industrial, maquinaria agrícola, aviones, motocicletas y scooters, material de reencauche y otros, los cuales son productos de consumo masivo.

Los inicios de la empresa comenzaron con la fundación Firestone Tire and Rubber Company, localizada en Akron, Ohio (USA) iniciando con 12 empleados.

Después de los años 50, expande sus productos por América, Europa, Asia y África, en 1966 se construye la nueva planta en Costa Rica, iniciando sus operaciones en 1967 con una producción de 425 llantas diarias y con 200 trabajadores.

En 1985, Firestone vende sus acciones en Costa Rica, cambiando su razón a Industria Akron de Costa Rica, S.A. aun así fabricando bajo la licencia de Firestone. En 1988 Bridgestone de Japón adquiere a Firestone Tire and Rubber Company, conformándose la Bridgestone/Firestone INC.

Para el 2000, la empresa fabrica más de 5.000 llantas diarias y contaba con 630 colaboradores. En la actualidad, la empresa tiene una producción promedio 11.200 llantas y cuenta con más de 1.100 empleados; además, posee contratos con la General Motors, Toyota Japón, Subaru, Nissan, Honda, entre otros.

1.2.2 Política integrada del sistema de gestión de Seguridad, Medioambiente y Calidad

“En Bridgestone de Costa Rica S.A; producimos llantas, las cuales cumplen con los requerimientos de nuestros clientes. A la vez, mantenemos un ambiente de trabajo seguro y operamos de una manera social y ambientalmente responsable, de acuerdo con los requisitos legales, reglamentarios y otros requisitos aplicables.

Nuestros compromisos son: satisfacción del cliente y de los entes interesados, capacitación de nuestros asociados, trabajo en equipo, decisiones tomadas en base a

hechos y datos, mejoramiento continuo de la eficacia en los sistemas de gestión, comunicaciones abiertas y prevención de la contaminación.

Esta política es el marco para establecer los objetivos del sistema integrado de la empresa.”

1.2.3 Visión y Misión Empresa Bridgestone C.R.

1.2.3.1 Visión

En BRIDGESTONE DE COSTA RICA nos proponemos a ser una empresa cuyos procesos productivos, administrativos, de mercadeo, de recursos humanos y de ventas, sean comparables con las mejores empresas a nivel mundial. Lo anterior nos conducirá a consolidarnos como la mejor planta de la corporación BRIDGESTONE en América Latina.

1.2.3.2 Misión

Ser una empresa líder en la fabricación y comercialización de llantas y productos relacionados, con los más altos estándares de calidad y de servicio al cliente. De igual forma, deseamos contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de nuestros empleados y obtener la más alta rentabilidad, de una manera ambientalmente responsable, basados en la filosofía de Calidad Total.

Ilustración 1: Misión y Visión Bridgestone de Costa Rica S.A.

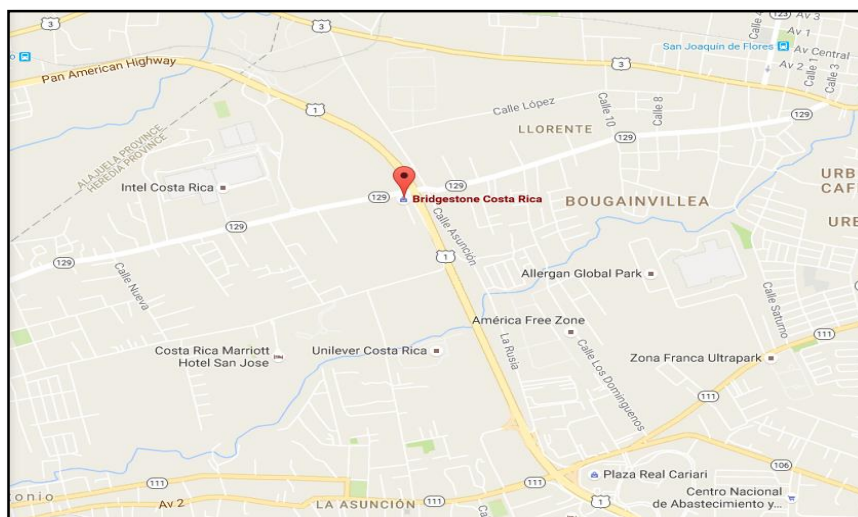


Fuente: Bridgestone.

1.2.4 Ubicación geográfica

La empresa Bridgestone S.A. se encuentra ubicada en el Kilómetro 11 Costado Oeste de la autopista General Cañas, La Ribera de Belén, Heredia, Costa Rica, tal y como se puede ver en la Ilustración 2.

Ilustración 2: Ubicación geográfica

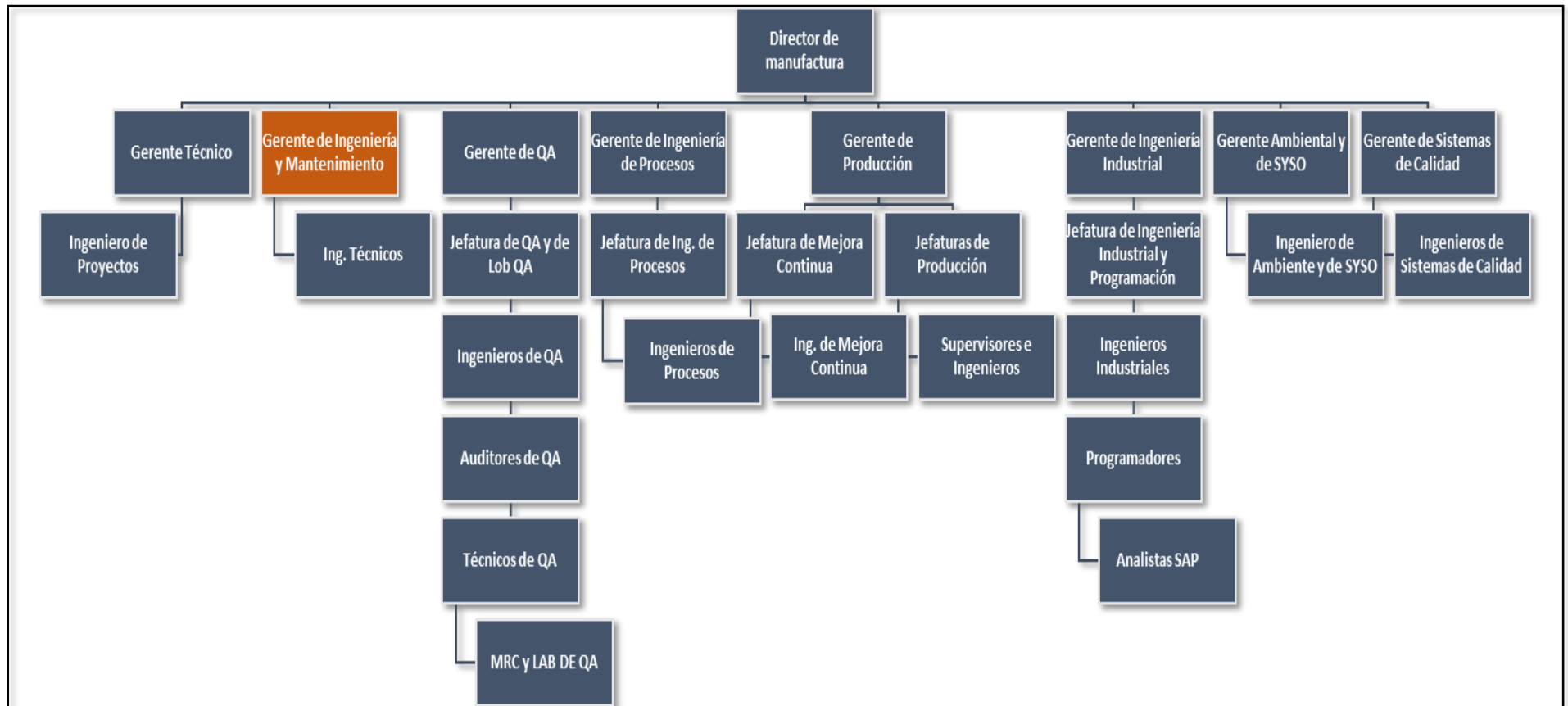


Fuente: Medio de Ubicación Google Maps.

1.2.5 Estructura organizacional de la empresa

El organigrama empresarial en Bridgestone está dividido en direcciones, las cuales son las que abarca el personal a cargo de la producción de la planta. A continuación, se presenta como está conformado la dirección de la compañía.

Ilustración 3: Organigrama general de la Empresa Bridgestone C.R



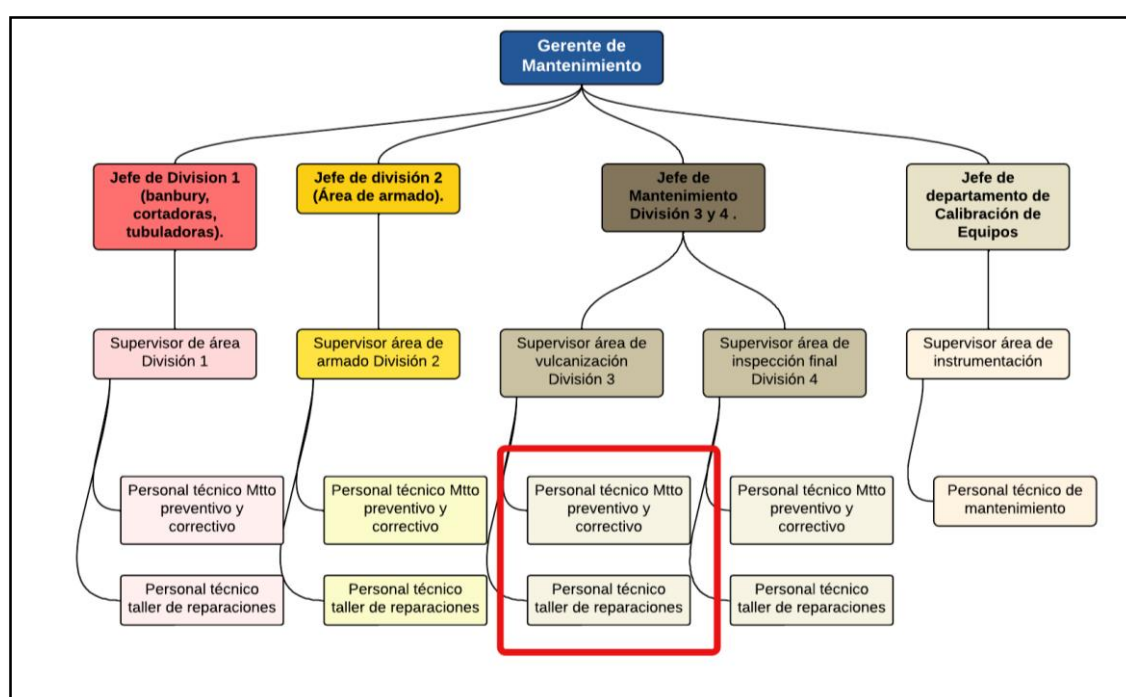
Fuente: Datos brindados por la empresa, elaboración propia.

1.2.6 Descripción de la estructura del Departamento de mantenimiento

La Empresa Bridgestone cuenta con 4 talleres de mantenimiento en la planta, esto para brindar soporte a las distintas actividades que se presentan en el proceso productivo al que pertenece, en total este departamento está constituido de 125 empleados que desempeñan funciones tales como: gestión de proyectos, jefaturas, supervisores y personal técnico.

A continuación, se muestra el Organigrama del Departamento de Mantenimiento.

Ilustración 4: Organigrama del Departamento de Mantenimiento Bridgestone C.R

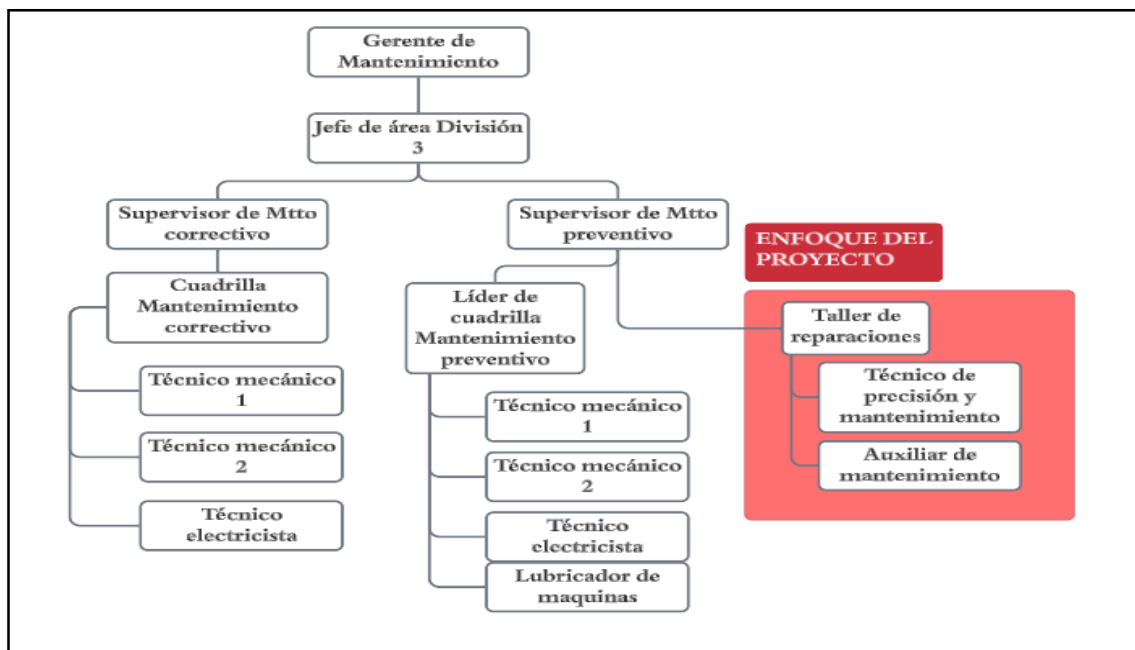


Fuente: Datos brindados por la empresa, elaboración propia.

La dirección de impacto del proyecto es la División 3, (área de vulcanización), la cual es dirigida por el Ingeniero Víctor Espinoza que tiene la responsabilidad de coordinar y gestionar las actividades del departamento. En este caso, el área que se analiza cuenta con un equipo de 25 personas, quienes desempeñan roles especializados en diferentes tareas que van desde la operación y ejecución de actividades hasta la supervisión y control del proceso.

El organigrama que se presenta a continuación proporciona una visión clara de la estructura jerárquica y funcional del área en estudio.

Ilustración 5: Organigrama Departamento de mantenimiento Vulcanización



Fuente: Datos brindados por la empresa, elaboración propia.

1.2.7 Productos

La empresa cuenta con una gran variedad de productos de acuerdo con el tipo de vehículo y al aro de este. Las llantas están divididas por familias: PSR, LTR, LTS, TBS y Tempa.

- Diseño PSR es una llanta tipo pasajero para aros 12 y 13, es decir, para carros livianos. En esta familia se encuentran diseños como F-570, F-590, Seiberling, Dayton, principalmente.
- Diseño LTR es una llanta para camioneta y microbuses aro 14 y 15. En esta se encuentran diseños como Wilderness, Steeltex, Destination, CV3000.
- Diseño LTS es una llanta para camioneta aro 14, 15 y 16. Aquí están los diseños como T494, T423, AT.
- Diseño TBS es una llanta para camión y furgones aro 20. Se encuentran diseños como T494, T423, AT.
- Diseño TSR es una llanta para equipo original aro 14, 15, 16, 17. En esta familia se hallan los diseños como W6H4, HNSA, GEEM.

En los siguientes apartados se mencionan las funciones principales de la llanta, los componentes elementales, las zonas básicas y características y los tipos de productos que ofrece la compañía. Entre las principales funciones se están:

- Transferir fuerzas de tracción y frenado.
- Dar dirección al vehículo.
- Absorber irregularidades del camino.
- Contener el aire que soporta la carga.

1.2.8 Datos generales de la empresa

Bridgestone de Costa Rica produce llantas de diversas medidas, material para reencauche de llantas y protectores. Para que el cliente pueda recibir un producto de alta calidad se realiza un largo y minucioso proceso que empieza con la llegada de materia prima a la denominada “Bodega de Materia Prima”, aquí llegan todos los días contenedores cargados de insumos, entre ellos: hules naturales, hules sintéticos, gran variedad de pigmentos, resinas en estado granulado y el negro de humo en polvo, además de materias primas, se manejan artículos tales como: bolsas, cajas, cubetas, etiquetas, disolventes, aceites.; estos son almacenados hasta que llegue la hora de su uso.

La mayoría de estos insumos son abastecidos por proveedores internacionales, además, la corporación realiza la compra de sus insumos en grandes cantidades, esto, para abastecer a la única planta de manufactura Bridgestone en Costa Rica y además a las que por su posición geográfica quedan más cerca de algún proveedor en específico, lo anterior para bajar los costos de compra de los productos, ya que entre más cantidad se compre más bajo su precio.

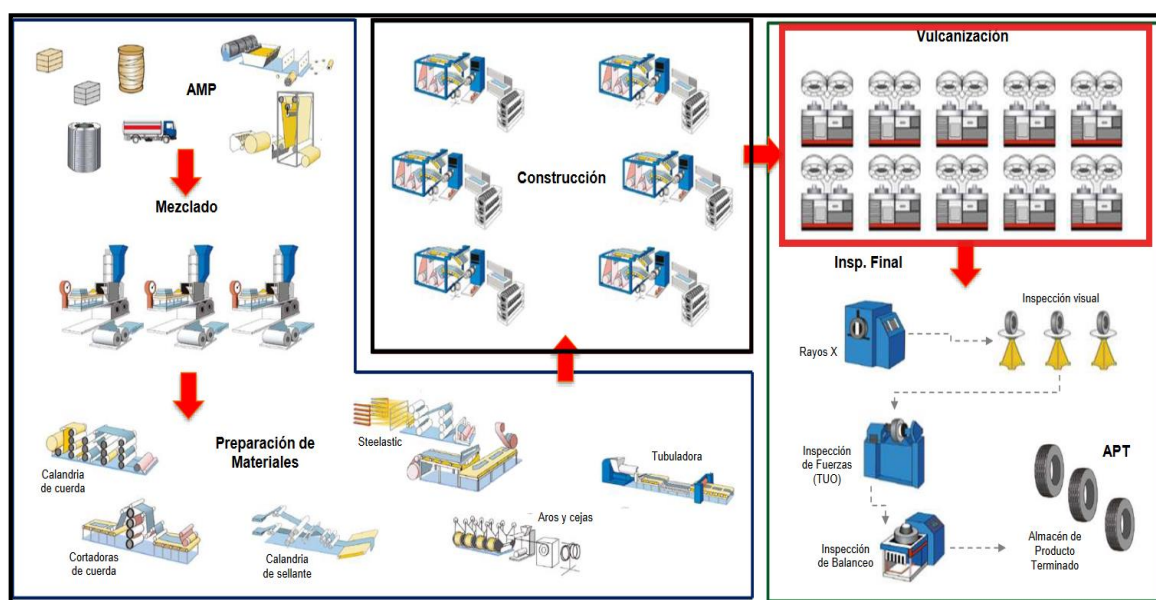
También la empresa posee algunos proveedores nacionales, estos proveedores nacionales son en su mayoría aquellos que distribuyen repuestos o refacciones para el mantenimiento de las máquinas. Muy pocos de los productos que se utilizan como materia prima para la fabricación del hule son nacionales.

El proceso de fabricación de la llanta está constituido por los siguientes departamentos productivos, mostrados según su orden de producción:

1. Banbury.
2. Tubuladoras.
3. Steelastic.
4. Calandras.
5. Cortadoras.
6. Aros.

7. Armado.
8. Vulcanización.
9. Inspección final.

Ilustración 6: Proceso productivo de la llanta.



Fuente: Datos brindados por la empresa, elaboración propia

Para iniciar el proceso de fabricación de la llanta se debe seleccionar los hules y pigmentos en cantidades especificadas por el Laboratorio Químico, cuando se ha realizado la selección adecuada de estos materiales, los mismos son depositados en una máquina llamada Banbury. El Banbury tiene aproximadamente cuatro pisos de altura, tres de los cuales son subterráneos y ocupa un área de 350,00 m² aproximadamente. Esta máquina se encarga de mezclar todos estos materiales y como resultado se obtiene un hule con las propiedades necesarias para continuar con el proceso. Cabe destacar que la empresa cuenta con cuatro Banbury que satisfacen de hule toda la planta.

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

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

Para unir todos estos componentes y formar la llanta verde se dan dos etapas. Para la primera etapa se utilizan unas máquinas denominadas 88s, en la planta hay diez máquinas de estas con una nomenclatura que va de la 88A a la 88J, al producto de esta primera etapa se le denomina “Carcasa”. Cuando la carcasa está lista pasa al proceso de segunda etapa. Las máquinas que elaboran la segunda etapa de la llanta se denominan 99s y van de la 99A a la 99G; el producto de estas máquinas como mencionamos anteriormente se denomina “llanta verde”.

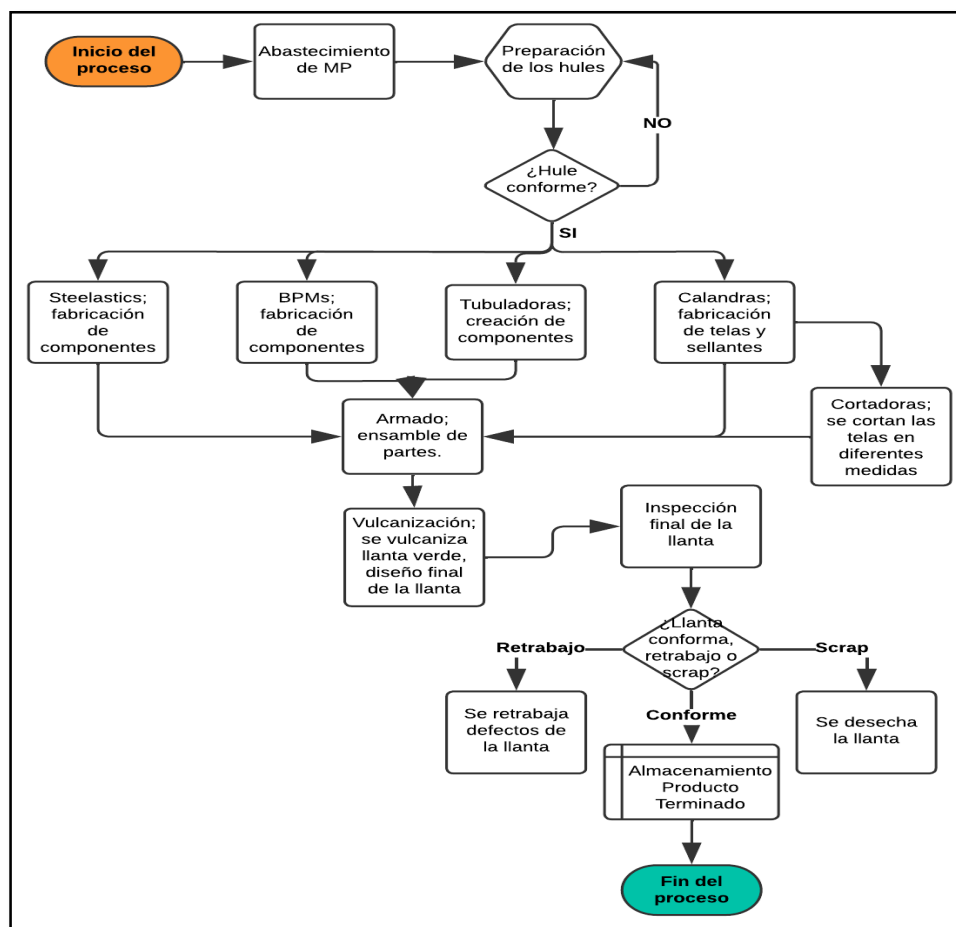
Cuando está terminada la llanta verde esta pasa al departamento de vulcanización. En esta parte del proceso la llanta verde es vulcanizada o mejor dicho cocinada en unas enormes prensas que miden aproximadamente cuatro metros de alto y tres metros de ancho; en la planta existen alrededor de sesenta prensas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

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

Cuando la llanta ha sido inspeccionada al 100%, se envía a la bodega de producto terminado en donde espera a ser transportada al exterior (la gran mayoría) y una parte muy pequeña es consumida por clientes nacionales.

En la siguiente figura se refleja el proceso productivo de la planta, desde el inicio en la preparación de los hules, hasta donde se almacena la llanta en la bodega de producto terminado.

Ilustración 7: Flujo del proceso productivo Bridgestone.



Fuente: Datos brindados por la empresa, elaboración propia.

1.2.9 Antecedentes del contexto de la empresa o institución

Bridgestone es una transnacional e inicio sus operaciones en Costa Rica a partir de 1967 bajo el nombre de Industrias Firestone de Costa Rica S.A., su fuerza laboral para ese entonces era de 200 trabajadores y producía un total de 425 llantas por día. Para 1970 su producción aumento a 1200 llantas por día, con el paso de los años esta empresa crecía, por lo tanto, su producción aumentaba y para el año 1985 su producción rondaba las 2200 unidades diarias.

Ese mismo año SUMMA S.A. adquiere Industrias Firestone de Costa Rica y cambia su razón social a Industria Akron de Costa Rica S.A. Tres años más tarde la corporación japonesa Bridgestone adquiere la compañía Firestone Tire and Rubber Company. Para el año 1995 la empresa contaba con 570 trabajadores los cuales producían un total de 2400

llantas diarias. La unión con la corporación japonesa trae un aumento en la tecnología, que se vio reflejada con nuevos productos.

Los cambios continúan para esta empresa, y para el año 1996 su razón social cambia a Firestone de Costa Rica, S.A. Un año después la empresa obtiene la certificación ISO 9002 lo que le abrió las puertas en el mercado extranjero distribuyendo sus ventas en un 40% para el mercado local, un 42% para el mercado Centroamericano y el 18% restante es enviado a los Estados Unidos.

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

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

A partir del año 2003 la empresa comienza a recibir premios y reconocimientos como el Premio Corporativo de Seguridad y el de Mantenimiento. Para el año 2005 la planta cuenta con 1000 trabajadores y su producción diaria es de 12500 llantas por día operando los siete días de la semana.

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

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

Dentro de los clientes externos de la empresa está la casa matriz, ensambladores de automóviles y distribuidores como: H. Rucavado, Trac Taco, Súper Llantas Ramírez,

Quiroz y Cía., Reenfrio, Superllantas, Centro de llantas, Servicios Gigante, Gallo más Gallo, Sociedad Chávez y Quirós, Centro Llantero, Tecnillantas y Pricessmart entre otros.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Definición y medición del problema

Según los reportes brindados por el área de producción, se ha identificado que una de las principales causas de demoras en el departamento de Vulcanización es la presencia de fallas mecánicas en los equipos, las cuales representan un 41% del total de las demoras en dicho proceso. Esta situación afecta de manera significativa la eficiencia operativa del taller, dado al aumento en la demanda de trabajos de reparación, lo cual genera una sobrecarga de trabajo y aumento en los tiempos de respuesta del taller. A continuación, se presenta una tabla con la información brindada por el departamento de Ingeniería Industrial, en el cual se presentan las demoras que se generan en el área de vulcanización de llantas:

Tabla 1: Demoras en el Proceso de Vulcanización

Demora	Horas de demora	Porcentaje
Open / Close	1583	17%
Falta de llanta Verde	2099	23%
Cambio de Molde	647	7%
<u>Fallas Mantenimiento</u>	<u>3703</u>	<u>41%</u>
Cambio de Bladder	612	7%
Otros	475	5%
Total	9119	100%

Fuente: Departamento de Ingeniería Industrial

El Proceso de Vulcanización cuenta con 98 máquinas vulcanizadoras de llantas de diferentes grupos de familias a las cuales el Departamento de Mantenimiento tiene que ofrecer soporte en fallas ya sea de tipo correctivo o preventivo, el aviso de estas fallas lo gestiona el operador por medio de un sistema interno que genera un informe al mecánico, una vez informado sobre la falla, se procede a la intervención de la máquina generando un tiempo muerto para su reparación, el mecánico realiza el diagnóstico de la falla y en caso de necesitar un repuesto se dirige hacia la bodega principal para verificar la existencia ya sea de un repuesto reparado o nuevo. En caso de no encontrar existencias en inventario, el mecánico debe de solicitar las refacciones necesarias para reparar el

repuesto que necesita, lo cual puede generar que la demora de reparación se extienda hasta 4 horas más.

Sí en la bodega hay repuestos en inventario, entonces la maquina es reparada y se entrega al operador para continuar con la producción.

La problemática en el área de taller de reparaciones es que no se está cumpliendo de manera consistente con la demanda de repuestos dañados que ingresan semanalmente, los repuestos necesarios no están disponibles en el momento adecuado, lo que provoca que los técnicos de mantenimiento correctivo tengan que utilizar repuestos nuevos o deban esperar a que se realice la reparación de un repuesto para poder atender la falla, esto genera mayor demora en la atención de fallas.

Actualmente la empresa tiene proveedores externos a los cuales se les envían repuestos como pistones, válvulas, reductores para que sean reparados, esto ocurre cuando físicamente el espacio del taller se encuentra muy ocupado, sin embargo, no existe algún registro o seguimiento para priorizar los trabajos según la necesidad del departamento.

Bridgestone toma una postura a favor de los repuestos usados, debido a que para la empresa puede generar hasta un 70% de ahorro con respecto a un repuesto nuevo, lo cual es una estrategia atractiva para mantener precios competitivos sin comprometer la funcionalidad de los equipos, también es una industria que tiene máquinas de hasta 30 años de antigüedad lo que ocasiona que un repuesto fabricado en el taller local o reparado sea la única opción para mantener a los equipos en funcionamiento especialmente cuando los repuestos nuevos están obsoletos o tienen un elevado costo. Además, es una forma de promover la sostenibilidad debido a la reutilización de piezas, ya que se reduce el desperdicio y genera una disminución en el impacto ambiental asociado a la producción de repuestos.

Según las entrevistas realizadas al personal y a la jefatura del área se presentan varias situaciones que determinan la necesidad de un estudio ingenieril para determinar las causas y soluciones a corto plazo. Algunos de los principales efectos encontrados en la visita son los siguientes:

- Según el personal del taller, se reciben más de 40 repuestos semanalmente para su reparación. Sin embargo, debido a limitaciones en el proceso, solo es posible reparar aproximadamente 13 repuestos cada semana. Esta situación está generando

- un impacto negativo en los costos de mantenimiento, ya que es necesario recurrir a horas extras para intentar cumplir con la mayor cantidad de reparaciones posibles.
- Se observa que los repuestos que son removidos luego de alguna falla no cuentan con una ubicación adecuada según el peso, la criticidad y las dimensiones, lo cual son dejados en las áreas del taller obstruyendo los pasillos.
 - En las instalaciones del taller no se tiene un sistema para controlar el ingreso y salida de los repuestos usados y reparados; los repuestos se van acumulando en distintas áreas del taller porque son dejados por el personal encargado de atender las fallas, lo cual dificulta obtener información sobre la máquina que se reparó y los detalles del motivo por el cual se reemplazó. Esta situación afecta a los supervisores del área debido a que deben de realizar un análisis posterior a la falla y no cuentan con información. Señalan que este problema generalmente sucede con más frecuencia en el turno de la noche (10p.m-6a.m) debido a que existe menos supervisión por parte de las jefaturas.
 - Es común observar el taller desordenado, en ocasiones se acumulan hasta 80 repuestos en el taller para ser reparados, inclusive de semanas anteriores. Para evitar saturar el área de trabajo, los técnicos desechan aproximadamente 15 de los 43 repuestos que ingresan semanalmente. Los repuestos restantes se almacenan en distintas zonas del taller hasta que puedan ser reparados.

Por lo tanto, de acuerdo con los problemas mencionados, la situación conlleva a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo rediseñar el proceso de reparación de repuestos usados para cumplir con el requerimiento de trabajo que ingresa al taller? Para el problema mencionado se plantearán objetivos que permitan determinar el plan por seguir para solucionar las causas del problema mediante mejoras plasmadas, a través de herramientas de ingeniería industrial.

1.3.2 Justificación del proyecto

En las empresas de manufactura, deben de llevar el control de inventarios de repuestos de forma que permita garantizar la atención de las fallas presentadas dentro del proceso productivo, que a su vez minimice los costos causados por faltantes de piezas y pérdida de producción por tiempos no operativos (NOT'S).

El objetivo de este proyecto es realizar un diagnóstico del proceso actual de reparación de repuestos usados, para identificar las principales causas que impiden cumplir con la demanda de trabajo en el taller.

Con base en este análisis, se propondrán mejoras en el proceso de reparación mediante el uso de herramientas como DMAIC, que permitan definir, medir, evaluar y detectar puntos de mejora, eliminar actividades que no agreguen valor y estandarizar el proceso.

Es importante señalar que, actualmente, algunas reparaciones de estos repuestos se realizan en talleres externos. Sin embargo, no existe información clara ni registros suficientes para estimar el costo que incurre el departamento al optar por reparaciones externas. Estos trabajos son derivados a talleres tercerizados debido a la sobrecarga de trabajo en el taller interno o por la complejidad de las reparaciones que no pueden ser realizadas internamente.

En términos económicos, el Departamento de Mantenimiento de Vulcanización incurre en un gasto mensual de ¢1.600.000 en horas extras, principalmente para apoyar la reparación de repuestos dañados y atender fallas en el proceso productivo.

La implementación de una propuesta de mejora en esta área es crucial para la empresa, ya que podría aumentar la productividad del departamento y, al mismo tiempo, contribuir a la rentabilidad de la empresa. Este proyecto se enfoca en mejorar el proceso de reparación, planificación y control de los repuestos usados que ingresan al taller de mantenimiento de la División 3 (Vulcanización), buscando establecer soluciones para las siguientes problemáticas identificadas:

- Ausencia de controles, con esta propuesta de mejora en el proceso se pretende corregir la pérdida de trazabilidad y la falta de control que se tiene en el ingreso y salida de los repuestos que se reparan en el taller de mantenimiento. Las actividades realizadas en las distintas etapas de reparación carecen de control, desde la recopilación de información para iniciar con la evaluación, el registro del diagnóstico, la ejecución de la reparación hasta la recopilación de la información una vez terminado y despachado el repuesto.
- Los tiempos de reparación no se encuentran estandarizados, actualmente son calculados de acuerdo con la experiencia del supervisor y del técnico, por lo que no se cuenta con valores establecidos que permitan fijar metas de cumplimiento en el

proceso.

- Falta de orden, actualmente las áreas de trabajo y reparación no se encuentran organizadas, ordenadas y limpias. Las herramientas y los repuestos para la atención de las fallas no tienen un lugar específico, estos se encuentran en varios lugares del taller, generando pérdida de tiempo por la búsqueda de los recursos para iniciar y/o continuar la reparación, dificultando las actividades de los procesos de reparación.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Aumentar la productividad en el proceso de reparación de repuestos usados en la empresa Bridgestone en un 30%, utilizando la metodología DMAIC para mejorar el proceso, reduciendo los tiempos de reparación y los costos operativos, en el último semestre del año 2024.

1.4.2 Objetivos específicos

- Describir el estado actual del proceso de reparación de repuestos, identificando puntos críticos y las causas que generan la baja productividad.
- Medir la capacidad actual del taller para la identificación de cuellos de botella y áreas de mejora en la distribución de tareas.
- Identificar las causas raíz de la baja productividad a través de un análisis detallado de los datos y el flujo de trabajo.
- Diseñar propuestas de mejora que permita un incremento en la cantidad de reparaciones realizadas en el taller de reparaciones.
- Implementar mejoras para las causas que se priorizan e inciden en el proceso de reparación de repuestos usados, considerando la evaluación económica de las propuestas.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

El alcance de este plan de mejora se pretende implementar en la Empresa Bridgestone, específicamente en el Departamento de Mantenimiento del área de vulcanizado (división 3) en el periodo comprendido del mes junio a diciembre del 2024

Este proyecto estará enfocado únicamente en el análisis de las causas que afectan al proceso de reparación de repuestos, lo cual se excluye la gestión de compra de los repuestos nuevos y el proceso de atención de fallas.

1.5.2 Limitaciones

- El proyecto está limitado a las operaciones dentro del taller de reparaciones del departamento de Vulcanización y no se extenderá a otros departamentos.
- La toma de evidencias, como fotos o videos de las máquinas que fabrican las llantas, están limitadas.
- Los gastos y ventas de la empresa son confidenciales, por lo cual se utilizarán datos ficticios.
- No existe presupuesto disponible para la implementación de mejoras tecnológicas, capacitación u otros gastos, lo que puede afectar la escala de las soluciones propuestas.

CAPÍTULO 2 : MARCO TEÓRICO

Marco conceptual general relativo a la carrera

En el presente capítulo, se desarrollan los conceptos más importantes que tienen relación directa con la investigación, con la finalidad de resumir y explicar de una forma más sencilla y concreta todo lo que se realiza en este proyecto.

En esta investigación se desarrollan los siguientes conceptos:

1. Ingeniería Industrial
2. Mantenimiento Industrial
3. Procesos
4. Productividad.

También se detallan una serie de herramientas utilizadas en la Carrera profesional Ingeniería Industrial; con el propósito de mejorar y brindar soluciones a problemáticas que se presentan día a día en los procesos.

2.1.1 Ingeniería Industrial

La ingeniería industrial es la rama que se encarga del análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos y logísticos. Mediante esto, el ingeniero gestiona e implementa estrategias de optimización para conseguir el rendimiento máximo de los procesos industriales: la creación de bienes y servicios. (Mayab, 2024)

“La ingeniería industrial es el instrumento para la buena marcha de la fabricación, construcción, transporte, o incluso los sectores comerciales de cualquier empresa. Se dedica a mejorar el trabajo humano para realizar cualquier tipo de producción. Se ha basado en la ingeniería mecánica, sobre la economía, la sociología, la psicología, la filosofía, la contabilidad, para transferir estas ciencias mayores a un grupo distinto de la ciencia propia. Es la inclusión de los elementos económicos y humanos diferenciándola así de la establecida en campos más antiguos de la profesión.” (Going, 2008)

2.1.1.1 Campos de la Ingeniería Industrial

La ingeniería industrial tiene áreas bastantes extensas que se relacionan entre sí, de aquí la importancia de que las organizaciones tengan control sobre ello. A continuación, se mencionan las áreas más importantes en las que se desarrolla un ingeniero industrial:

- Gestión de operaciones
- Gestión de calidad
- Seguridad industrial
- Gestión ambiental
- Gestión del talento humano
- Logística de distribución
- Gestión administrativa
- Mantenimiento

Estas áreas requieren de destrezas y conocimientos especializados, relacionados a las ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto a los principios de diseño y análisis propios de la ingeniería, lo que permite especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de tales sistemas, implementándose así los cursos de acción más adecuados.

“Imagínese el ambiente fabril de fines del siglo XIX en Estados Unidos de América. Casi todas las actividades que ocurren actualmente dentro de una industria, en aquel tiempo no existían. Las industrias funcionaban gracias a algunos conocimientos científicos que se tenían sobre química, electricidad, metalurgia, mecánica, etc. (el conocimiento de los plásticos era muy primitivo); lo que sí había eran hombres emprendedores con extraordinario talento. No existía la administración tal y como se conoce hoy en día. Sólo el talento de los dueños de las grandes empresas hacía que éstas crecieran. La fabricación de nuevos productos y máquinas no se llevaba a cabo como se hace en la actualidad; un método muy común para lograrlo era la llamada *ingeniería inversa*.

Cuando el dueño de una industria quería diseñar una nueva máquina, hablaba con los ingenieros metalúrgicos y mecánicos y transmitía su idea verbalmente. Cuando ellos, más o menos entendían su idea, se construía la máquina o el nuevo producto; luego, mediante varias pruebas, se comprobaba si funcionaba de acuerdo con la idea original. La máquina podía hacerse y deshacerse varias veces hasta que funcionara y sólo hasta entonces se construían los planos de la nueva máquina.

En este punto hay que mencionar al francés Henri Fayol, ingeniero de minas, quien durante 19 años fue director general de una compañía minera. Fayol, a finales del siglo XIX, fue el primer ingeniero que creó los conceptos administrativos que permanecen vigentes hasta nuestros días. En 1916 escribió su libro clásico *Administración industrial y general*, donde describe el proceso administrativo formado por planeación, dirección, administración y control. Fayol sostenía que para que una empresa contratara a un ingeniero, éste debería haber estudiado ingeniería, pero que a los ingenieros o personas con cualquier otra especialidad que ocupaban cargos administrativos, nunca se les exigía tener estudios en administración, tal vez porque esta disciplina aún no estaba desarrollada. Con su libro hizo reflexionar a todos los propietarios de empresas sobre la necesidad de contratar a profesionales en administración y no sólo a ingenieros que aprendieran a administrar por necesidad”. (Baca, 2014)

2.1.2 Mantenimiento Industrial

Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y equipo es un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para la toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento. (*¿Qué es el mantenimiento industrial?*, 2024)

2.1.2.1 Objetivos del Mantenimiento

Cada organización, según su situación particular, establece los objetivos que su unidad de mantenimiento tendrá que alcanzar. Sin embargo, existen algunos objetivos de carácter general que se aplican a las actividades de mantenimiento en cualquier organización. Éstos son:

- Optimizar la disponibilidad del equipo productivo
- Disminuir los costos de mantenimiento
- Optimizar de los Recursos Humanos
- Maximizar la vida útil de la maquinaria, herramientas y equipos.

2.1.2.2 Tipos de mantenimiento industrial

Mantenimiento preventivo industrial

El mantenimiento industrial preventivo se desarrolla para prevenir posibles fallos de equipo o en instalaciones. Su finalidad es reducir todo riesgo potencial detectando a tiempo cualquier tipo de avería o error.

Se trata de un tratamiento sistemático, pues se lleva a cabo, aunque los equipos no den señales de estar fallando. Para ello, el mantenimiento preventivo se realiza de manera constante mediante una planificación adaptada a las necesidades de cada industria.

Mantenimiento correctivo industrial

El mantenimiento correctivo es aquel que se lleva a cabo solo tras detectar un problema en instalaciones o equipos. Dichos errores son revelados y comunicados al departamento de mantenimiento por parte de los usuarios del equipo.

Y, ¿para qué sirve el mantenimiento correctivo industrial? Su fin es corregir el fallo detectado con la mayor celeridad posible para evitar daños colaterales, pero asegurando la máxima calidad en la reparación.

Mantenimiento predictivo industrial

El mantenimiento predictivo industrial también busca anticiparse a cualquier avería, como el preventivo. Sin embargo, este mantenimiento es mucho más técnico y avanzado, pues para la detección es necesario que quien lo lleve a cabo tenga una formación muy específica, focalizada en conocimientos de análisis. Además, también requiere una serie de equipos especializados.

El mantenimiento predictivo en la industria aplica herramientas y técnicas para la localización de diferentes variables que pueden ser el indicio de un mal estado del equipo, anticipándose a un futuro fallo

2.1.2.3 Costo de mantenimiento industrial.

Los costos de mantenimiento son una categoría de costos indirectos que se relacionan con la preservación y protección de un activo o bien a lo largo del tiempo. Se refieren a los gastos necesarios para garantizar que un activo siga funcionando correctamente, que pueda cumplir con sus objetivos y funciones específicas

2.1.2.4 Principales costos de mantenimiento

Los principales costos de mantenimiento pueden variar según el tipo de activo o equipo que se esté considerando, pero en general los siguientes son algunos de los costos más comunes asociados al mantenimiento:

- **Mano de obra:** puede ser uno de los mayores costos de mantenimiento, especialmente si se requiere de personal altamente calificado.
- **Materiales y repuestos:** necesarios para llevar a cabo el mantenimiento también puede representar un costo significativo.
- **Tiempo de inactividad:** cuando un equipo o activo está siendo sometido a mantenimiento, puede estar fuera de servicio durante un tiempo, lo que puede resultar en una pérdida de productividad o ingresos.
- **Contrato de servicio:** si se subcontrata el mantenimiento a un proveedor externo, los contratos de servicio pueden ser un costo significativo.
- **Costo de herramientas y equipos:** para llevar a cabo el mantenimiento, pueden ser necesarias herramientas y equipos especializados, cuyo costo puede ser alto.
- **Costos energéticos:** en algunos casos, el mantenimiento puede requerir el uso de energía adicional, lo que puede aumentar los costos energéticos.
- **Costos de capacitación:** si se requiere capacitación adicional para el personal encargado del mantenimiento, esto puede representar un costo adicional.

Es importante tener en cuenta que estos costos pueden variar según la frecuencia y el tipo de mantenimiento que se esté llevando a cabo, realizar un análisis de costos de ciclo de vida puede ser útil para determinar cuáles son los principales costos de mantenimiento en un activo específico.

2.1.3 Tipos de repuestos

Opción 1. Repuestos reconstruidos o reparados

Son repuestos que fueron reparados por un proveedor externo o en el taller local de la empresa, los mismos son restaurados a su estado funcional original. Esto puede incluir la reparación de piezas defectuosas o la renovación de componentes desgastados.

Opción 2. Repuesto nuevo

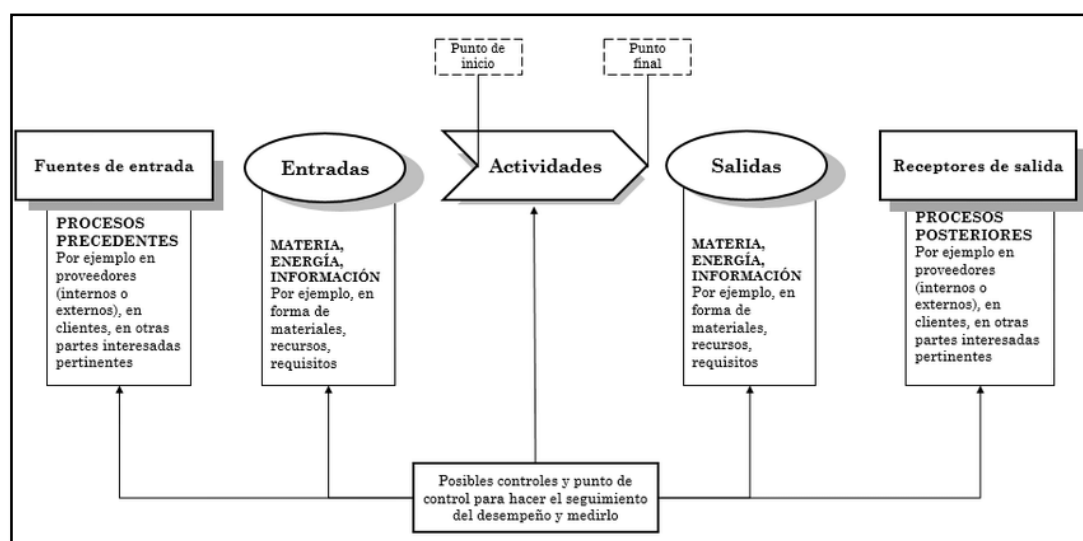
Es una pieza completamente nueva, fabricada específicamente para reemplazar una parte defectuosa o desgastada. A pesar de tener una vida útil más larga y un rendimiento más consistente, estos repuestos nuevos tienen la desventaja de ser hasta un 70% más costoso que uno reparado.

2.1.4 Proceso

Un proceso es un conjunto de actividades de trabajo interrelacionadas, que se caracterizan por requerir ciertos insumos y actividades que agregan valor, para obtener ciertos resultados. Se puede decir que es una variedad de pasos interrelacionados para llegar a un fin determinado.

Un proceso es: “una unidad en sí que cumple con un objetivo completo, un ciclo de actividades que se inicia y termina”.(Ángel, 2010)

Ilustración 8: Proceso



Fuente: (Mejías et al., 2018)

En mantenimiento existen factores que influyen a la hora de implementar un sistema de mantenimiento y que, por lo general, no se tienen en cuenta. Evidentemente estos factores suponen una carga adicional de trabajo, sin embargo, es mucho mayor el beneficio económico y de tiempo que se puede obtener. (Partida, 2012)

A continuación, se detallan algunos de estos factores que pueden tener gran incidencia.

Codificación. Es uno de los sistemas más eficaces y que se suelen ignorar. Es muy importante el tener un sistema de codificación tanto para la documentación, gamas de mantenimiento, equipos y repuestos. Nos facilitará tener localizado el equipo, ver a qué sistema pertenece, qué documentación tiene asociada (datos técnicos, planos y manuales de reparación), los repuestos asignados al equipo y su ubicación en el almacén, las tareas que tiene asignadas.

Seguridad. Un factor imprescindible. Las tareas de mantenimiento deben de realizarse con unas medidas de seguridad adecuadas, el mayor activo de cualquier empresa son los empleados y es una obligación cuidar de ellos.

Medioambiente. Este factor puede ahorrar dinero con una correcta gestión de los residuos o de ciertos materiales. En ocasiones se pierde un tiempo valioso en intentar gestionar los residuos, cuando debe ser algo de sentido común y previsto con anterioridad.

Almacén. Consiste en realizar una correcta discriminación de repuestos, existen críticos, comerciales y de plazo de entrega admisible. Es decir, no es necesario tener repuesto de todo, esto genera un inmovilizado excesivo. Hay que realizar una discriminación de repuestos necesarios por su criticidad o plazo de entrega, ver si una avería puede suponer una parada de la producción.

Documentación. Disponer de la documentación adecuada, actualizada y de fácil acceso, es fundamental a la hora de realizar intervenciones eficaces, tanto a nivel de reparación como de tarea de mantenimiento.

Formación. Es necesario mantener al personal informado y actualizado con la correcta formación. Formación sobre equipos, sistemas, materiales, seguridad y documentación importante para realizar una correcta gestión de mantenimiento.

Programa de gestión de mantenimiento. no tiene por qué ser excesivamente sofisticado y caro, basta con tener ordenados y disponibles ciertos parámetros necesarios, identificar equipos, asociar repuestos y documentación, historial de intervenciones, etc. Supone disponer de una base de datos necesaria para la correcta sistematización del mantenimiento.

Relación entre departamentos. El mantenimiento no se puede considerar como sistema aislado, necesita de una colaboración con otros departamentos, Producción, Compras,

Seguridad, Medioambiente, Recursos Humanos, etc. Si se favorece la comunicación entre los departamentos se potenciará la colaboración, lo que mejorará la eficacia del trabajo y se aumentará la rentabilidad.

2.1.5 Definición de inventario

Son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización. Los inventarios comprenden, además de las materias primas, productos en proceso, productos terminados o mercancías, materiales, repuestos y accesorios para ser consumidos en la producción de bienes fabricados, empaques, envases e inventarios en tránsito. (Ordoñez, 2015.)

Para poder manejar un inventario se debe tomar en cuenta el movimiento de un producto, las causas externas e internas de la empresa, los históricos de ventas, etc., de tal manera que se pueda tener un stock mínimo que no aumente costos de almacenamiento, y tener un balance entre la atención al cliente y los activos de la empresa.

2.1.5.1 Objetivos de la gestión de inventarios en mantenimiento

- **Minimizar el tiempo de inactividad:** Tener el repuesto o material correcto disponible en el momento adecuado evita retrasos en las operaciones.
- **Control de costos:** Un manejo adecuado permite evitar la sobrecompra de productos innecesarios o el desperdicio de materiales.
- **Eficiencia operativa:** Asegura que los técnicos tengan acceso a las herramientas y repuestos que necesitan, mejorando la productividad.
- **Optimización de espacio de almacenamiento:** Un inventario bien gestionado reduce el espacio utilizado en almacenes y evita la obsolescencia de productos

2.1.5.2 Costo de inventario

Según el Ingeniero Matías Riquelme en su informe escrito en el sitio Web y Empresas: “Los costos de inventario son aquellos que están relacionados con el almacenamiento, aprovisionamiento y mantenimiento del inventario en determinado periodo de tiempo; el inventario es el mayor activo, de igual modo es donde se generan mayores gastos, lo que hace fundamental realizar la evaluación de dichos costes.” (Riquelme, 2016)

Los costos de inventario en una empresa se componen por: los costos de mantener el inventario, costos de almacenamiento, costos de ordenar, costo administrativo, costos fijos (como el alquiler, agua, luz, mensualidad del sistema, entre otros) y los costos por imprevistos, esto puede ser hurto, obsolescencia, vencimiento, daños y entre otros. La sumatoria de todos estos costos compone el costo total de los inventarios. Saber el costo del inventario otorga una visión más clara de nuestros gastos, también brinda datos que se pueden analizar con el fin de facilitar la toma de decisiones con función en el beneficio de la empresa.

2.1.5.2.1 Costo de mantener de inventarios.

“De acuerdo con esta definición, los costos de mantener inventarios son de suma importancia para toda empresa porque le permiten al gerente conocer si al tener el inventario de un producto le causa más pérdidas o ganancias según el pago que debe hacer del seguro, si hay mucho desperdicio por obsolescencia a causa de fecha de vencimiento corta, si al cambiar a otro producto tendría la oportunidad de generar mayor cantidad de ganancia con una rotación más frecuente; o también, que si se está pagando de más por almacenar un producto que podría reemplazarse por otro que requiera condiciones más económicas”. (Chávez, 2012)

Los costos de mantener el inventario se refieren a los costos fijos unitarios de mantener un artículo almacenado por un periodo determinado, que se estiman que oscila entre un 12% y 34% del valor anual del producto. Estos costos están compuestos por los siguientes costos:

- Los costos de capital son los gastos o inversiones que se incurren para el mantenimiento del inventario.
- Los costos de servicio se contemplan los costos de seguros asociados al inventario.
- Los costos de almacenamiento contemplan aquellos costos variables relacionados como las instalaciones, operadores de logísticas, entre otros.
- Los costos de riesgos contemplan aquellos costos por mala manipulación de los productos como daños, obsolescencia, entre otros.

2.1.5.2.2 Costo de pedir

Los costos de pedir son los costos fijos de oficina desde que se coloca una orden compra hasta que se recibe la mercadería, que son expresados en gastos o costos por cada pedido realizado. Incluye, salario de la persona que hace las órdenes de pedido, transporte y costos fijos. Este costo es independiente del tamaño de la orden. En el caso de producción incluye el costo fijo por alistamiento de máquinas. (Giovanny, 2011).

Los costos de pedir en una empresa siempre van asociados al inventario y afectan el costo total y la utilidad en los productos los cuales afectan en la empresa porque aumenta el gasto total que al final se resta sobre la utilidad bruta.

2.1.5.2.3 Costos asociados a mantenimiento

Costo de adquisición de materiales: El costo de los repuestos, herramientas y materiales influye en la toma de decisiones sobre el volumen de compra y la frecuencia de reposición.

Costos de almacenamiento: Almacenar grandes cantidades de repuestos puede generar costos adicionales de espacio, gestión y obsolescencia, lo que requiere un balance adecuado.

Costos de inactividad: El costo asociado con la falta de disponibilidad de un repuesto crítico (tiempo de inactividad) también influye en el nivel de inventario a mantener. Es necesario encontrar un equilibrio entre el costo de mantener inventarios y los costos derivados de la paralización de equipos o líneas de producción.

2.1.6 Gestión de Almacenaje

Es un proceso que implica recibir, almacenar y transportar materiales en almacenes y áreas de envío, así como procesar y analizar los datos generados. La gestión de almacenes tiene como objetivo optimizar las áreas logísticas funcionales que operan en dos fases operativas, como el envío y la logística. El propósito general de la gestión de almacenes es asegurar el suministro continuo y oportuno de los materiales y medios de producción necesarios para garantizar un desempeño ininterrumpido y constante. (Ramírez, 2023)

Los principales beneficios de una buena gestión de almacenaje son:

- Reducción de tareas administrativas.

- Agilidad en el desarrollo de los demás procesos logísticos.
- Optimización de la gestión de los niveles de inversión en circulante.
- Mejorar la calidad del producto.
- Tiempo de procesamiento reducido.
- Optimización de costos.
- Mejora de la satisfacción del cliente.

2.1.7 Indicadores

Los indicadores sirven para establecer el logro y el cumplimiento de la misión, objetivos, metas, programas o políticas de un determinado proceso o estrategia, por esto podemos decir que son, ante todo, que es la información que agrega valor y no simplemente un dato, ya que los datos corresponden a unidades de información que pueden incluir números, observaciones o cifras, pero si no están ligadas a contextos para su análisis carecen de sentido. (Ramírez, 2012)

Podemos entender de la anterior definición que los indicadores son expresiones tanto cualitativas como cuantitativas, que permite describir características y comportamientos de las variables que se pueden comparar desde periodos anteriores, permite evaluar el desempeño a través del tiempo cuando se tiene una meta o compromiso, también permite crear un nivel de competitividad que se enfocó en la mejora continua.

2.1.7.1 Importancia de los indicadores en procesos de mantenimiento

Mejora en la toma de decisiones

Los indicadores proporcionan datos objetivos que facilitan la toma de decisiones informadas. Por ejemplo, el tiempo promedio de reparación o la frecuencia de fallos pueden ayudar a decidir si es más rentable reparar un repuesto o reemplazarlo. Además, ayudan a priorizar las reparaciones según la criticidad del equipo, lo que optimiza el uso de recursos.

Gestión eficiente del inventario de repuestos

El seguimiento de indicadores como el porcentaje de repuestos reparados vs. reemplazados permite evaluar si se está reparando efectivamente lo necesario y si los niveles de repuestos de repuesto son adecuados. Un indicador clave podría ser el nivel de

rotación de repuestos, lo que ayuda a garantizar que no haya exceso de piezas almacenadas que se vuelvan obsoletas.

Eficiencia en los tiempos de reparación

Uno de los indicadores más importantes en la reparación de repuestos es el tiempo de reparación o tiempo de respuesta, que mide cuánto tiempo se tarda en reparar un componente o repuesto. Los indicadores de tiempo permiten identificar cuellos de botella en el proceso y tomar medidas correctivas, como mejorar las habilidades del personal o realizar cambios en el flujo de trabajo para reducir el tiempo de inactividad.

Mejora continua y control de calidad

Los indicadores relacionados con la calidad de las reparaciones (como la tasa de repuestos fallidos después de la reparación) son esenciales para evaluar la efectividad del proceso de reparación. Un alto índice de fallos después de la reparación puede indicar problemas en el proceso de reparación, lo que lleva a la implementación de mejoras en los procedimientos, la capacitación del personal, o el uso de mejores materiales o herramientas.

2.1.8 Estandarización

2.1.8.1 Definición

“La estandarización es el proceso de uniformar una característica en un producto o servicio, pueden ser las cantidades del material, tiempo, entre otros. Esto con el objetivo de que estos se asemejen a un tipo de modelo común para facilitar la medición, el control y calidad del producto o servicio.

Estandarizar o estandarización es el proceso de implementar estándares técnicos basada en el consenso de diferentes grupos que estén incluidos en el proceso. La estandarización ayuda a maximizar la compatibilidad, interoperabilidad, seguridad, repetitividad, calidad y comodidad del proceso”. (Zambelli, 2021)

Se refiere cuando el receptor ve el valor que le ponen a un producto para lograr ser cientos de ellos por un precio aceptable, y de gran calidad por los estándares óptimos para alcanzar dichos resultados.

2.1.8.2 Beneficios de la estandarización de procesos

Los principales beneficios de la estandarización de procesos son los siguientes (Trujillo, 2022):

Mejora la experiencia del cliente. Si la experiencia positiva de sus clientes es la misma, una y otra vez, entonces puede construir más fácilmente una base de clientes leales y recomendar sus productos o servicios a otros. No hay nada más eficaz que la publicidad de boca en boca.

Logre la eficiencia operativa. Las operaciones proporcionarán constantemente los mismos resultados, lo que se traduce en optimización y control de las operaciones. Al optimizar el proceso, podrá comprender su tiempo y costos con mayor precisión.

Evitar errores. Reducir los costosos errores al evitar fallas en el proceso que fueron previamente descubiertas y documentadas.

Reducir la frustración. Al seguir un proceso de trabajo eficaz, sus empleados se sentirán extremadamente frustrados y el trabajo será mejor y más rápido

2.1.9 Productividad

La productividad es la base de la eficiencia y efectividad de una empresa, se puede entender como la capacidad de producir la mayor cantidad, con el mínimo de recursos posibles. Sin duda alguna, convertir en realidad la productividad es una tarea propia del ser humano. “La productividad se realiza por medio de la gente, de sus conocimientos, y de recursos de todo tipo, para producir o crear de forma masiva los satisfactores a las necesidades y deseos humanos”. (Herrera, 2012)

2.1.10 Rentabilidad

La rentabilidad hace referencia a los beneficios que se han obtenido o se pueden obtener de una inversión (Sevilla, 2015). Se refiere a un beneficio económico como resultado de todas las inversiones realizadas. Su cálculo se hace multiplicando el margen que se obtiene de la venta de un producto por las veces que se ha vendido ese mismo producto. Una manera de aumentar la rentabilidad es elevar los precios de venta y reducir los costos; sin embargo, si existe mucha competencia, lo que debe hacerse para aumentar la rentabilidad es aumentar los ingresos y establecer un margen de ingresos mensual efectivo.

2.1.11 Valor Actual Neto (VAN)

Definición

El VAN es una herramienta financiera utilizada para evaluar la rentabilidad de una inversión o proyecto. Esta técnica calcula el valor presente de todos los flujos de efectivo futuros (tanto ingresos como egresos) relacionados con la inversión, descontados a una tasa de interés específica. (Morales, 2014)

El resultado es una cifra en unidades monetarias (como euros, dólares o pesos) que indica cuánto se espera ganar o perder con la inversión.

Es decir, el VAN ayuda a entender si un proyecto vale la pena desde el punto de vista económico, considerando el valor del dinero a lo largo del tiempo.

Fórmula del valor actual neto (VAN)

Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia.

Ilustración 9: Formula VAN

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Fuente: (López, 2019)

- F_t son los flujos de dinero en cada periodo t
- I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)
- n es el número de periodos de tiempo
- k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son factibles y, en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión serán los siguientes:

- **VAN > 0:** El valor actualizado de los cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.

- **VAN = 0:** El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- **VAN < 0:** El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado

2.1.12 Tasa interna de retorno (T.I.R.)

“Se define como la tasa de actualización por medio de la cual el valor actual de ingresos de efectivo igual al valor actual de los egresos o salidas de efectivo”.

2.1.13 Análisis Costo-Beneficio (ACB)

El **Análisis Costo-Beneficio (ACB)** es un proceso que busca determinar si los beneficios esperados de un proyecto o inversión son superiores a los costos en que se incurre para llevarlo a cabo. A través de este análisis se calculan y comparan los costos y los beneficios a lo largo del tiempo, generalmente en términos monetarios, para determinar la rentabilidad o viabilidad del proyecto.

El ACB se basa en la premisa de que todo recurso invertido tiene un costo, y cualquier acción que genere un beneficio debe ser evaluada en función de la relación entre ese beneficio y el costo.

La fórmula básica para el análisis es:

$$\text{Valor Neto de los Beneficios} = \sum \left(\frac{B_t}{(1+i)^t} \right) - \sum \left(\frac{C_t}{(1+i)^t} \right)$$

Donde:

- B_t = Beneficio esperado en el período t.
- C_t = Costo esperado en el período t.
- i = Tasa de descuento.
- t = Número de períodos.

El Valor Neto de los Beneficios (VNB) indica si el proyecto es rentable. Si es positivo, el proyecto es viable; si es negativo, no lo es.

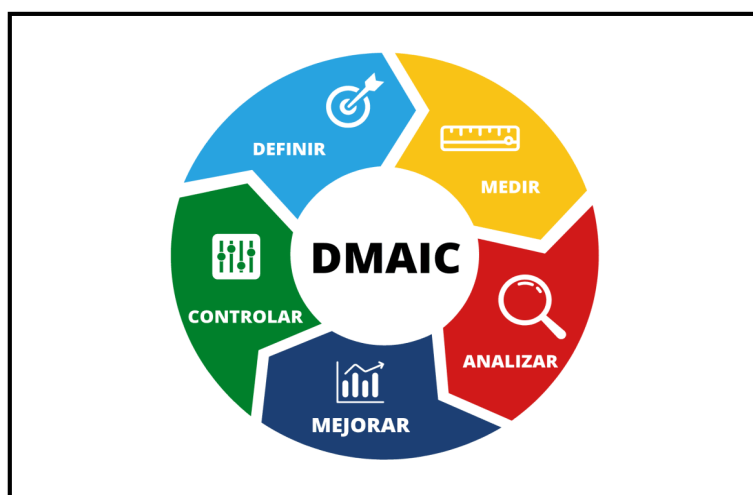
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

2.2.1 DMAIC

“La metodología DMAIC se deriva de Lean Six Sigma que fue creada por el ingeniero Bill Smith en la década de los 80, la cual se basa en estadística que da énfasis a la recolección de datos con el propósito de mejorar procesos”. (Laoyan, 2024)

DMAIC es la metodología principal de Six Sigma, diseñada para mejorar procesos y eliminar defectos. Esta metodología, sistemática y rigurosa, se divide en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En la fase de **Definir**, se identifican los problemas y objetivos del proyecto. En **Medir**, se recopilan datos relevantes para entender el proceso actual. Durante **Analizar**, se examinan los datos para identificar las causas raíz de los problemas. En **Mejorar**, se desarrollan e implementan soluciones para corregir los problemas. Finalmente, en **Controlar**, se monitorean los resultados para asegurar que las mejoras se mantengan a largo plazo. DMAIC se puede aplicar a cualquier proceso con el fin de alcanzar los objetivos de Six Sigma.

Ilustración 10: Metodología DMAIC



Fuente: (Pérez, 2024)

Las 5 fases en las que se desarrolla este proyecto son:

- Definir el problema y el objetivo del proyecto.
- Medir la línea base del proceso (validar las métricas e identificar todas las variables que influyen en los procesos).
- Analizar y validar las causas identificando factores críticos.
- Mejorar (improve): implementar soluciones.

- Controlar: mantener las soluciones en el tiempo. Pasamos a detallar cada una de ellas.

2.2.1.1 Definición

La fase de definición es quizás la más importante de cualquier proyecto Lean Six Sigma, la definición establece cuál es la situación actual y marca claramente los objetivos que se quieren conseguir.

Para que la definición sea útil y pragmática, se deben establecer unas métricas que sirvan para cuantificar el estado presente de los procesos. Estas métricas son necesarias para poder hacer un seguimiento de la evolución de la mejora del proceso y el grado de avance hacia los objetivos fijados. Esos objetivos deben tener asociado un valor para cada una de las métricas, de tal forma que el equipo de trabajo disponga de una referencia con la que comparar el estado de los procesos en todo momento. Las herramientas que se pueden utilizar en esta etapa son: diagrama de flujo, el carácter del proyecto, SIPOC y voz del cliente.

2.2.1.1.1 Project charter

En la gestión de proyectos, a Project Charter or Project Definition (una carta del proyecto o la definición del proyecto) es una declaración del alcance, los objetivos y los participantes en un proyecto. Proporciona una delimitación preliminar de las funciones y responsabilidades, se exponen los objetivos del proyecto, identifica las principales partes interesadas, y define la autoridad del director del proyecto. Sirve como una referencia de autoridad para el futuro del proyecto. Los términos de referencia es generalmente parte de la carta del proyecto”. (Martins, 2024)

La carta del proyecto suele ser un documento breve que se refiere a documentos más detallados, tales como una solicitud nueva oferta o una solicitud de propuesta. Algunas razones claves para tener este documento serian:

- Razones para llevar a cabo el proyecto.
- Objetivos y limitaciones del proyecto.
- Instrucciones relativas a la solución.
- Las identidades de los actores principales.

2.2.1.1.2 Método de observación directa

La observación es una técnica utilizada en diversos ámbitos del conocimiento, que implica la recolección sistemática de información sobre un fenómeno o situación determinada mediante la percepción y registro de datos a través de los sentidos.

La observación puede ser directa, cuando el investigador está presente en el lugar y momento en que ocurre el fenómeno o situación que se quiere estudiar, o puede ser indirecta, cuando se obtiene información a partir de documentos, registros o testimonios de otros. (Ortega, 2023)

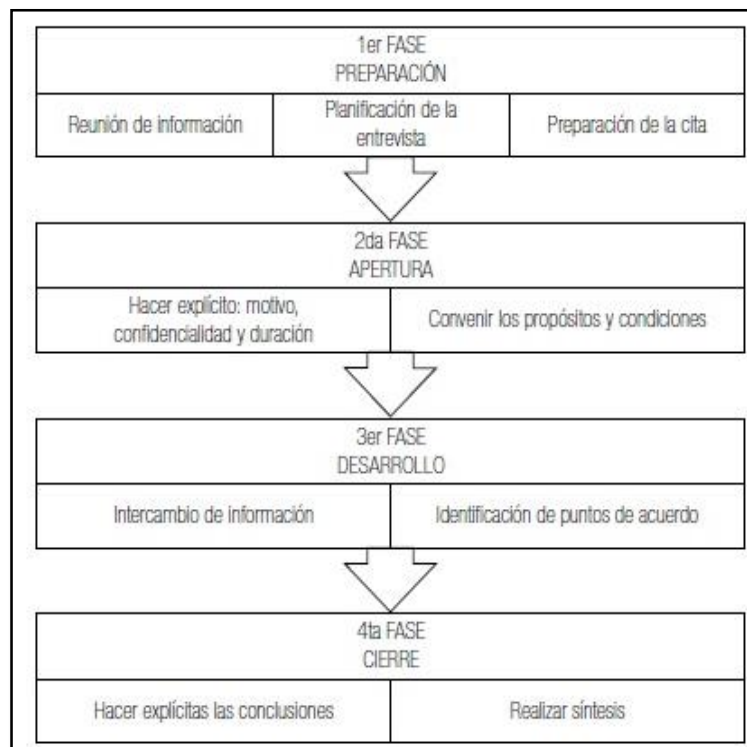
Ventajas de la observación directa:

- Permite obtener datos auténticos y reales sobre lo que sucede en un contexto natural.
- Es útil cuando los sujetos de estudio no pueden o no quieren proporcionar información verbal, como en el caso de niños pequeños o procesos automatizados.
- Ofrece una comprensión más rica y detallada de los fenómenos al permitir que el observador vea los hechos tal como ocurren

2.2.1.1.3 Entrevista

La entrevista se define como "una conversación que se propone con un fin determinado distinto al simple hecho de conversar". Es un instrumento técnico de gran utilidad en la investigación cualitativa, para recabar datos.

Ilustración 11: Fases de la entrevista



Fuente: (Díaz et al., 2013)

2.2.1.1.4 SIPOC

Un diagrama SIPOC es una herramienta de calidad utilizada en la gestión de procesos que se utiliza para identificar y visualizar los elementos clave de un proceso. El acrónimo SIPOC significa Suppliers (proveedores), Inputs (entradas), Process (proceso), Outputs (salidas) y Customers (clientes). (Ortega, 2023a)

En general, el diagrama SIPOC es una herramienta útil para mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos al proporcionar una visión clara y detallada de cómo se realiza un proceso.

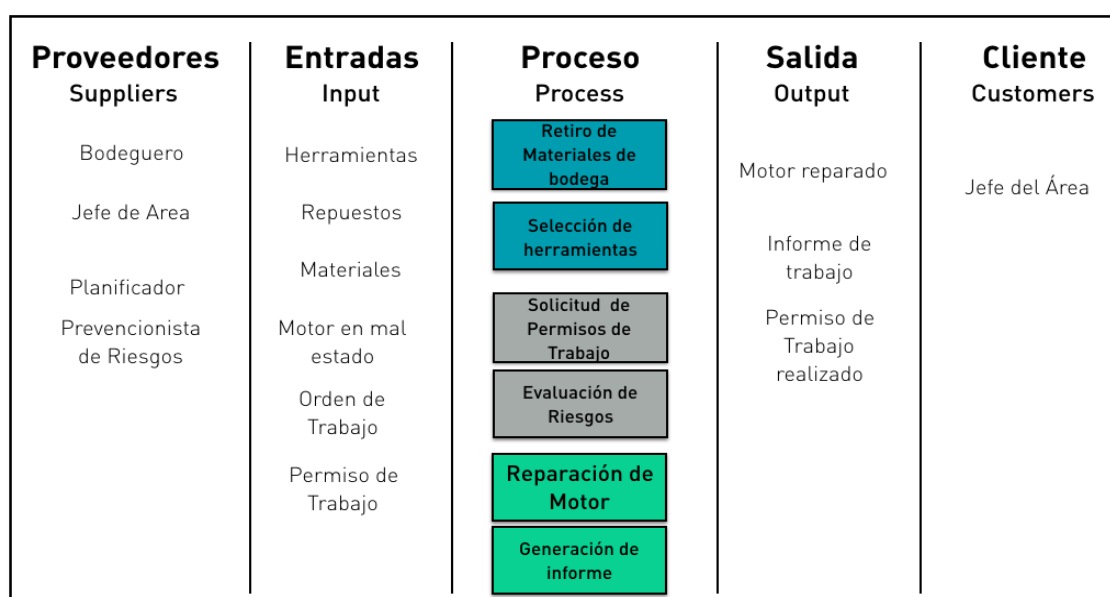
Los elementos clave de un diagrama SIPOC son:

- 1) **Suppliers (Proveedores):** Son las personas o empresas que proporcionan los materiales, herramientas, información o cualquier otro elemento que se necesite para llevar a cabo el proceso.
- 2) **Inputs (Entradas):** Son los insumos o recursos que se necesitan para iniciar el proceso. Pueden ser datos, materiales, información, tiempo, entre otros.

- 3) **Process (Proceso):** Es el conjunto de actividades que se realizan para transformar las entradas en salidas.
- 4) **Outputs (Salidas):** Son los resultados o productos que se obtienen después de completar el proceso. Estos pueden ser productos físicos, servicios, informes, entre otros.
- 5) **Customers (Clientes):** Son las personas o entidades que reciben los productos o servicios resultantes del proceso. Pueden ser internos o externos a la organización

En la siguiente figura se puede observar un ejemplo del diagrama SIPOC.

Ilustración 12: Diagrama SIPOC Proceso de reparación de un motor












Fuente: (Cabrera, 2017)

2.2.1.1.5 Diagrama de Flujo

“Los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimiento y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida mientras recorre la planta” (W, 2009)

En todo proceso es importante contar con herramientas que permitan un fácil entendimiento de la circulación de las actividades, de esta manera el diagrama de flujo representa de forma gráfica un proceso de fabricación o servicio, donde se en listan las actividades para observar como una precede de otra.

Ilustración 13: Simbología del diagrama de flujo

Símbolo	Utilidad o significado
	Línea de flujo o flecha, usado para mostrar la continuidad y orden del proceso.
	Usado para indicar el inicio o fin del proceso o subprocesso.
	Indica una actividad del procesos en el diagrama.
	Usado para indicar un decisión de dos opciones (si, no o verdadero, falso).
	Entrada y salida de datos al proceso.
	Documentos del proceso.
	Usado para representar un enlace dentro de otra parte del proceso, este lleva una letra o numero en el centro que es con que empieza el enlace.
	Usado para representar demora en la secuencia de una actividad.
	Usado para representar dos partes del diagrama en diferentes paginas.

Fuente: (Mairene, 2022)

En la ilustración se puede detallar la simbología correcta, para asignar en cada paso en un flujo de trabajo en cada actividad en específico, es importante respetar los criterios de cada figura, con el fin de tener una apreciación real del proceso en un solo diagrama.

2.2.1.2 Medición

Esta fase de medición permite conocer de forma más detallada los procesos incluidos en el alcance del proyecto. La medición proporciona información sobre el rendimiento del proceso, sus entradas y salidas y las expectativas del cliente.

Aquí se pretende refinar la comprensión del proceso y determinar la estabilidad y capacidad del proceso. La capacidad se refiere al grado de aptitud que tiene un proceso para cumplir con las especificaciones técnicas. La estabilidad de un proceso es la consistencia respecto a una dimensión clave o la variación de esa dimensión. Si el proceso se comporta de forma consistente, entonces se dice que el proceso está bajo control. Para hacer todo esto, es importante contar con un sistema de medición fiable. Para ello, esta fase incluye una actividad de evaluación del sistema de medición.

Las herramientas que se utilizan en esta etapa son: cursograma analítico, diagrama Ishikawa, ponderación de causas entre otros.

2.2.1.2.1 Cursograma analítico.

Un cursograma analítico es la representación gráfica del orden de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes que tienen lugar durante un proceso o procedimiento, y comprende la información considerada adecuada para el análisis, como, por ejemplo: tiempo requerido y distancia recorrida. (López, 2019a)

Al realizar un diagrama del proceso del recorrido, se pueden presentar tres (3) variantes, es decir que el cursograma analítico describa el orden de los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponde enfocado a Operario/ Material/ Equipo.

Ilustración 14: Ejemplo de Cursograma analítico

		DIAGRAMA ANALÍTICO				
		Método	Actual	Propuesto		
Actividad:	Desmontar, limpiar y desengrasar antes de la inspección	Empieza				
Objeto	Motores de autobús usados	Operario	Material	Equipo		
Lugar	Taller de desengrase					
Operario(s)						
Elaborado por		Fecha				
Aprobado por		Fecha				
					Resumen	
					Actividad	
					Operación	
					Transporte	
					Espera	
					Inspección	
					Almacenamiento	
					Distancia (m)	
					Tiempo (min - hombre)	
					Actual	
					Propuesta	
					Economía	
					4	
					21	
					3	
					1	
					1	
					237,5	
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	V.A.	Símbolo	Observaciones
En almacén de motores usados	1				●	
Motor recogido					→	Con grúa eléctrica
Transportado hasta grúa siguiente		24			●	Con grúa eléctrica
Descargado en tierra					◐	
Recogido					■	Con grúa eléctrica
Transportado hasta taller de desmontaje		30			●	Con grúa eléctrica
Descargado en tierra					◐	
Desmontado					▼	
Piezas principales limpiadas y extendidas					●	

Fuente: (López, 2019b)

2.2.1.2.2 Estudio de tiempos

Es una técnica que emplea diversas herramientas para la medición de trabajo, se emplea para registrar la cantidad de tiempo invertido en una actividad realizada bajo ciertas condiciones y cuando se analizan labores cuya duración y repetición son elevadas. («Estudio de Tiempos y Movimientos», 2018)

Objetivo

El objetivo de realizar un estudio de tiempos es poder medir el trabajo realizado para posteriormente analizar y realizar mejoras que se traduzcan en beneficios como eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar u optimizar los movimientos eficientes.

Herramientas

El Estudio de Tiempos demanda cierto tipo de material fundamental:

- Cronómetro.
- Tabla de observaciones.
- Formularios de estudio de tiempos.

Con el paso del tiempo y los avances tecnológicos estas herramientas han sido sustituidas por aplicaciones digitales que hacen más sencillo medir tiempos y movimientos.

¿Qué es un estándar de Tiempos?

Tiempo requerido para producir un producto en una estación de trabajo en las siguientes condiciones: Con un operador bien entrenado, trabajando a ritmo normal y haciendo una tarea específica.

Los estándares de tiempo bien establecidos hacen posible producir más e incrementar la eficiencia del equipo y del personal, mientras que los tiempos mal establecidos conducen a tener altos costos operativos, fallas en toda la empresa y disentimientos del personal.

Beneficios

Una vez implementada esta técnica, se busca obtener los siguientes beneficios:

- Reducir el tiempo requerido para la ejecución de trabajos
- Conservar los recursos y minimizan los costos
- Llevar a cabo la producción sin perder de vista la disponibilidad de la energía
- Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad

2.2.1.2.3 Gráficas de comparación

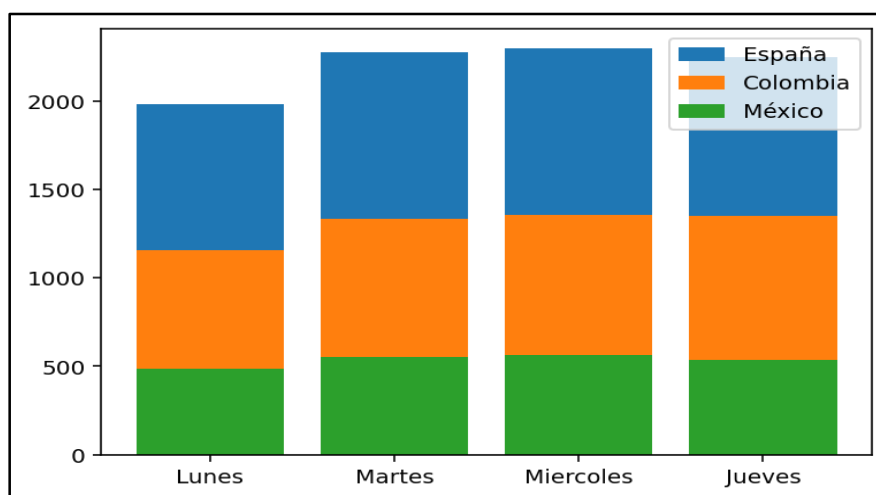
Los gráficos comparativos son representaciones visuales de datos que se utilizan para comparar y contrastar dos o más conjuntos de datos, estos se utilizan comúnmente en el análisis de datos para identificar patrones, tendencias y relaciones entre variables.

Estos gráficos vienen en muchos tipos diferentes, incluidos gráficos de barras, gráficos de líneas, diagramas de dispersión y más. (usman, 2023)

Se pueden utilizar para comparar datos entre diferentes categorías, a lo largo del tiempo o entre diferentes variables.

Al mostrar la información visualmente, los gráficos pueden facilitar la comprensión de datos complejos y extraer información significativa de ellos.

Gráfico 1: Ejemplo de gráficos comparativos



Fuente: (Rodríguez, 2022)

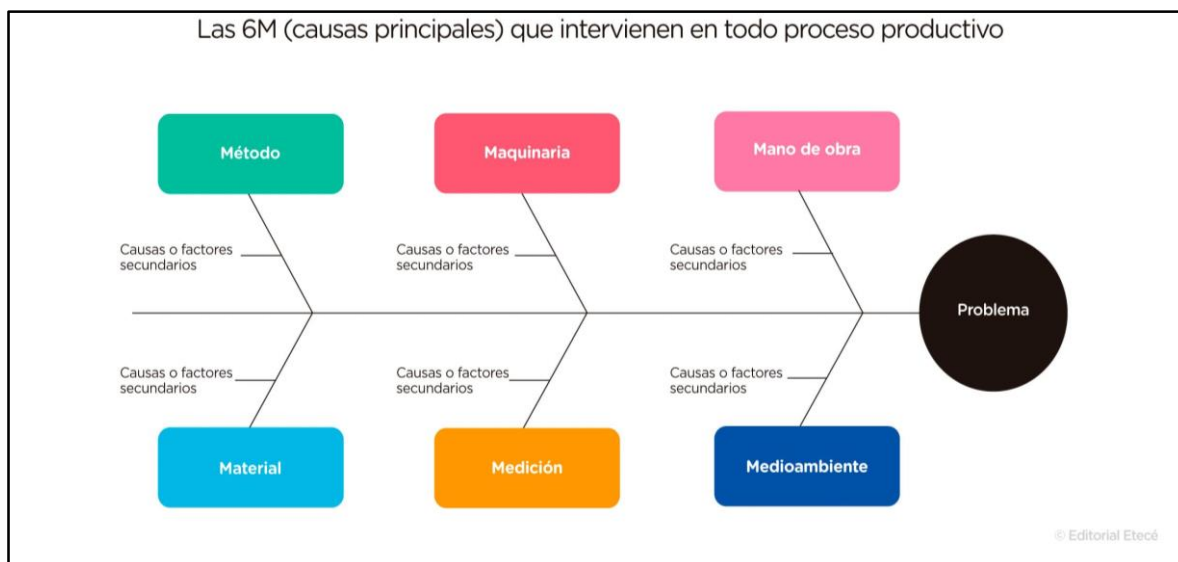
2.2.1.2.4 Diagrama Ishikawa

Según el Ingeniero Alejandro Pérez en su artículo escrito en CEO Level Corporation “el diagrama Ishikawa consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha”. (Pérez, 2024)

La utilización del diagrama Ishikawa identifica un problema y luego enumera el conjunto de eventos que potencialmente explican dicho problema. Adicionalmente, cada causa puede tener sus sub-causas. La herramienta tiene seis clasificaciones para cada causa las cuales son las siguientes: hombre, máquina, entorno, material, método y medida.

Finalmente, la utilización del diagrama Ishikawa se complementa de buena forma con el diagrama de Pareto que permite priorizar las causas principales del problema. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de un diagrama Ishikawa.

Ilustración 15: Partes del Diagrama de Ishikawa



Fuente: (Giani, 2024)

2.2.1.2.5 Ponderación de causas

La ponderación es una técnica estadística que se puede utilizar para corregir cualquier desequilibrio en los perfiles de muestra después de la recolección de datos. (Ortega, 2018)

Una ponderación estadística es una cantidad que se da para aumentar o disminuir la importancia de un elemento, ya que muchas veces los datos recopilados de las encuestas no son exactamente de una muestra representativa de la población.

Generalmente, se utiliza para que el perfil de la población de estudio coincida en más de 1 variable para obtener una muestra lo más representativa posible.

2.2.1.3 Análisis

La fase de análisis permite investigar sobre las relaciones entre el rendimiento de los procesos y las entradas del proceso gracias a los datos recogidos en la fase de medición. Aquí es donde se establecen las hipótesis de mejora y se crea el plan de mejora basados en la lista de factores con sus respectivos impactos.

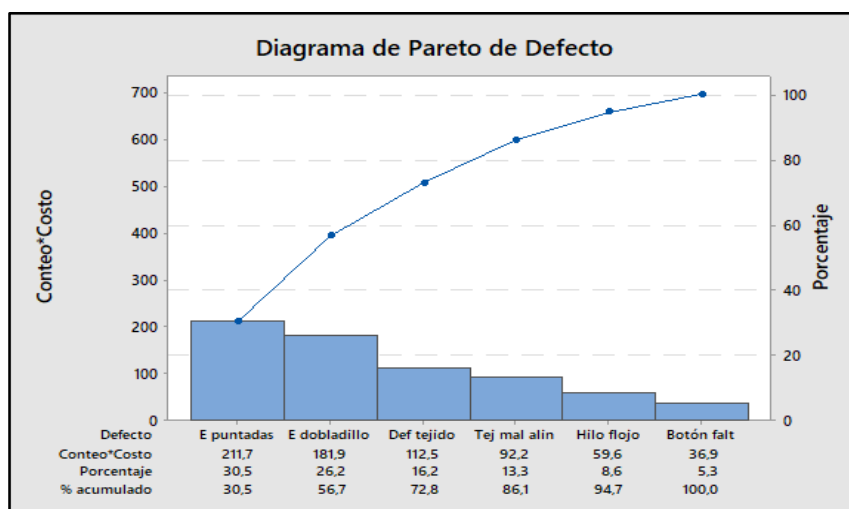
Esta es la fase más intensiva en cuanto a cálculos estadísticos y la que permite identificar y confirmar las correlaciones entre las variables que se consideran en las distintas hipótesis. Es el proceso para determinar las causas profundas de la variación, los malos resultados(defectos), y examinar cada una de ellas, con el fin de observar posibles oportunidades de mejora.

2.2.1.3.1 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica donde los datos se ordenan de mayor a menor, priorizando los aspectos que deben resolverse primero. Se apoya en el principio de Pareto: el 80 % de las consecuencias son resultado del 20 % de las causas. Busca priorizar los factores que generan un fenómeno específico.(Rafael Obando, s. f.)

Esta herramienta es de suma importancia, ya que ayuda a la toma de decisiones en una organización, identifica las principales causas del problema para poder minimizarlas.

Gráfico 2: Diagrama de Pareto



Fuente:(Cabrera, 2021)

La ilustración refleja un diagrama Pareto de un sistema productivo en donde muestra las posibles causas del problema con su respectiva frecuencia.

2.2.1.3.2 Análisis de causas

El análisis de la causa raíz es una técnica de resolución de problemas que ayuda a las organizaciones y a las personas a entender por qué las cosas van mal. Puede ayudar a identificar posibles soluciones y evitar que se produzcan problemas similares en el futuro.(Análisis causa raíz, s. f.)

Cuando algo va mal en un sistema o proceso, a menudo resulta tentador tratar los síntomas y seguir adelante. Sin embargo, si no se identifica y aborda la causa raíz del problema, lo más probable es que el mismo problema siga apareciendo.

No es una herramienta concreta, sino un planteamiento estructurado y objetivo de la resolución de problemas. El proceso implica profundizar en los factores subyacentes que contribuyen al problema. Al identificar la causa, las organizaciones pueden desarrollar soluciones prácticas que aborden el origen del problema en lugar de limitarse a tratar los síntomas.

2.2.1.4 Mejora (Improve)

La mejora verifica el trabajo realizado en la fase de análisis a través de las propuestas de acción y la realización de estas propuestas. Se diseña, se prueba y se implementa la solución propuesta.

Con la solución implementada se hace un nuevo análisis de *stakeholders*, un *business case* y una evaluación de riesgos, así como un cálculo de la nueva capacidad y sigma de los procesos del proyecto.

. En esta etapa se desarrollan, implantan y se realiza la validación de las alternativas de mejora para el proceso estudiado.

2.2.1.4.1 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt constituyó la primera técnica de control y planeación de proyectos, como respuesta a la necesidad de administrar proyectos y sistemas complejos de defensa de una mejora manera. En general dicho diagrama muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con el respecto al tiempo. (González, 2017).

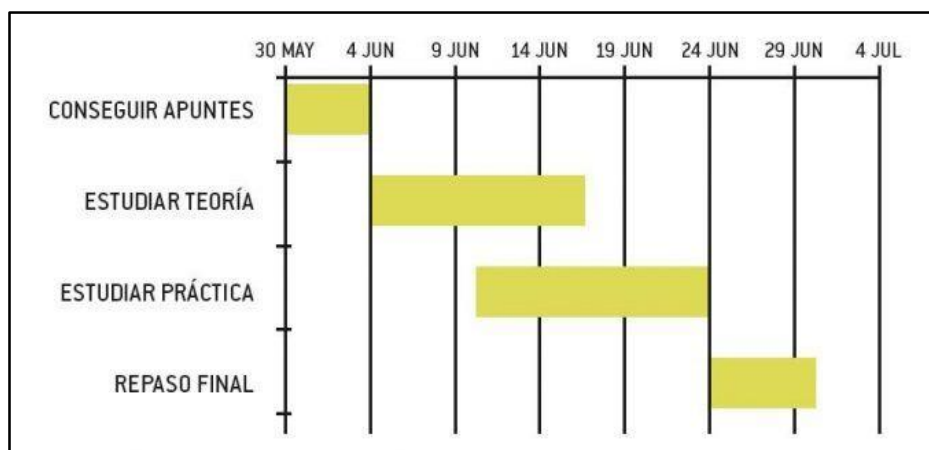
Es importante la mención de algunos requerimientos para la creación de dicho diagrama:

1. Definir el proceso que deseamos planificar con el nivel de detalle deseado.
2. Dividir el proceso en fases o tareas, determinando la duración de cada una de estas.
3. Diseñar un cuadro o tabla colocando de izquierda a derecha y en el eje superior de las “X” las unidades de tiempo.
4. Las tareas o fases se representarán mediante barras horizontales con una longitud equivalente al periodo de tiempo la duración de cada una de las fases.

El grafico de Gantt representa una herramienta de bajo costo y de extrema simplicidad para su utilización, se observan como ventajas que ayuda a organizar ideas, contribuye a establecer plazos realistas y resultar de gran utilidad para el proceso, ejemplificado en la Ilustración 19.

A continuación, se presenta una ejemplificación de diagrama de Gantt;

Ilustración 16: Diagrama de Gantt



Fuente: (Usar, 2022)

2.2.1.4.2 Tablero Kanban

Un Tablero Kanban es una brillante herramienta visual que ofrece una visión general del estado actual del trabajo y simplifica la comunicación del equipo. También es un elemento fundamental del método Kanban, que ayuda a optimizar y mejorar continuamente cualquier proceso de negocios. Visualizar el trabajo en un tablero Kanban aumentará la productividad y eliminará el caos en tu lugar de trabajo. (Plantillas de Kanban y ejemplos para los equipos / Miro, s. f.)

2.2.1.4.3 Clasificación ABC

El análisis ABC es un método de categorización y control de inventarios que utiliza un criterio de valoración establecido por la gestión de mantenimiento para determinar el valor relativo de un conjunto de artículos, agrupándolos en tres categorías A, B y C. (Análisis ABC para control del inventario, s. f.)

Clasificación ABC y similitudes entre el principio de Pareto

El principio de Pareto, también conocido como la regla 80/20, afirma que el 80% de los resultados son causados por el 20% de las entradas. En el contexto del mantenimiento, significa que a menudo el 20% del inventario de una empresa representa el 80% de su valor. Así, los artículos de inventario podrían clasificarse de la siguiente forma:

Artículos A (Prioridad alta): Son de mayor valor de consumo y representan el 80% del valor total de consumo, pero sólo el 20% del total de artículos del inventario.

Artículos B (Prioridad media): Son de consumo moderado y representan el 15% del valor total de consumo y el 30% del total de artículos de inventario.

Artículos C (Prioridad baja): Son de menor valor de consumo y representan el 5% del valor de consumo total y el 50% de los artículos de inventario totales.

2.2.1.4.4 Definición de las 5S

Muchos autores han definido la metodología 5S de manera objetiva, dándole un sentido de interpretación según el proceso al que se aplica. “En este sentido las 5S son una herramienta mundialmente conocida, implantada inicialmente en las industrias japonesas, gracias al impacto y cambio que generan tanto en las empresas como en las personas que la desarrollan; se centran en potenciar el aprendizaje de las personas que trabajan en las organizaciones gracias a su simplicidad y agilidad por realizar pequeños cambios y mejoras con el fin de experimentar y aprender con ellas”. (Aldavert et al., 2016, p. 15)

Pero en sí, ¿Qué se comprende por metodología 5S? Se conoce como estrategia de las 5S, porque promueve un método básico desarrollado a partir de cinco palabras japonesas que comienzan con S. Cada palabra tiene una trascendencia e importante que influye directamente para crear un puesto de trabajo adecuado y de confianza. Estas palabras son:

Ilustración 17: Metodología 5'S



Fuente: (Piñero et al., 2018)

(i) Seiri (Clasificar)

Eliminar o clasificar los residuos (Seiri) significa retirar del lugar de trabajo los materiales que ya no son necesarios y esenciales para el desempeño de una actividad. Para un mayor entendimiento se define al Seiri como: “Clasificar cada objeto como necesario o innecesario. Liberar espacio al desechar lo innecesario “. (Berganzo, 2023). De esta manera la primera S (Seiri), busca evitar la presencia de materiales innecesarios. el Seiri consiste:

- Diferenciar la ubicación de los materiales requeridos e innecesarios.
- Separe los materiales según la frecuencia de rotación.
- Guarda lo que necesitas y tira lo que no necesitas.
- Separar los materiales utilizados según tipo, utilidad, manejo y repetición para agilizar el trabajo.
- Coloque los accesorios donde sean fácilmente accesibles.
- Deseche los materiales que perjudiquen el rendimiento durante el almacenamiento.
- Actualice los informes de inventario para evitar confusiones.

(ii) Seiton (Ordenar)

Seiton implica organizar los elementos necesarios para el trabajo de manera sistemática, asegurándose de que cada herramienta, equipo o material tenga su lugar asignado, según criterios de uso y frecuencia. El principio fundamental es que todo debe estar a la vista y

al alcance de quien lo necesite, para minimizar tiempos de búsqueda y evitar el desorden. Además, este paso también busca optimizar el uso del espacio disponible.

Objetivos de Seiton:

1. **Facilitar el acceso rápido:** Colocar herramientas, materiales y equipos de manera que se puedan localizar de forma rápida y fácil.
2. **Reducir tiempos de inactividad:** Al tener todo ordenado y accesible, se eliminan los tiempos muertos causados por la búsqueda de herramientas o piezas.
3. **Optimizar el espacio:** Aprovechar el espacio de manera eficiente, asegurando que no se pierda espacio útil y que no haya desorden que obstruya el flujo de trabajo.
4. **Seguridad:** Un lugar organizado reduce riesgos de accidentes, ya que todo está en su lugar y se evita la posibilidad de tropezar o no encontrar lo necesario rápidamente.

(iii) Seiso (limpiar)

Consiste en combatir las fuentes de contaminación de manera que desaparezcan las causas que provocan el deterioro y el mal funcionamiento. Limpiar significa utilizar máquinas, equipos, herramientas, documentos, mesas de trabajo, armarios, estanterías, pizarras, escritorios, suelos, paredes, zonas peatonales, ventanas, etc. en óptimas condiciones. Limpio y ordenado en función de su capacidad para realizar tareas con habilidad y calidad.

El Seiso implica:

- El aseo deber ser parte fundamental de la rutina diaria.
- Recordar que la limpieza es un trabajo de mantenimiento. Por lo tanto, hacer una correcta auditoría se considera limpieza.
- No se recomienda dejar la limpieza a personal no entrenado o calificado.
- El principal objetivo no es solo eliminar la suciedad, sino poder definir la causa y origen de la suciedad para eliminarla.

2.2.1.4.5 Lean Six Sigma

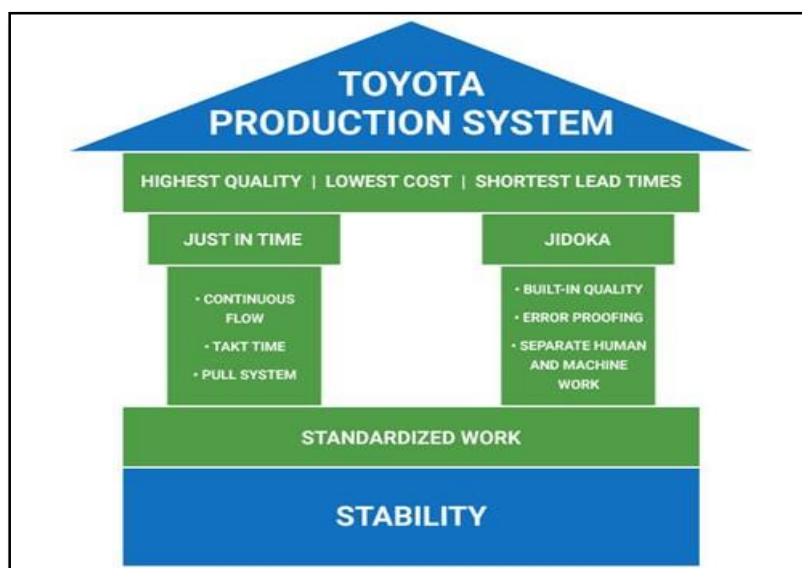
En los párrafos que siguen se define y describe el marco conceptual atinente a la gestión del proyecto el cual, en este caso, corresponde con la metodología Lean Six Sigma que,

actualmente tiene un impacto relevante en la mejora de procesos para hacer frente a los problemas que enfrentan las empresas y organizaciones, tanto multinacionales como pequeñas y medianas empresas.(Felizzola Jiménez & Luna Amaya, 2014)

Por consiguiente, según los citados autores, la aplicación de esta metodología tiene como objetivo primordial la optimización de sus recursos, agregar valor, además de reducir los tiempos y costos de las actividades propias de cada organización para incrementar la satisfacción del cliente.

Cuando se hace referencia a Lean, se debe pensar en Toyota, en su modelo de producción, que consiste en el Sistema de Producción Toyota, (TPS, por sus siglas en inglés). Esta organización está conformada por Heijunka, el JIT (Just in Time o Justo a Tiempo), los principios Jidoka, el Control Total de Calidad y la mejora continua, con el propósito de enfocarse hacia la satisfacción del cliente.

Ilustración 18: TPS (Sistema de Producción Toyota)



Fuente: (Sejzer, 2016)

Como conclusión, esta metodología es empleada para mejorar los procesos ya existentes, debido a que los resultados no cumplen con las expectativas de los clientes. Así, mediante LSS, las organizaciones han comenzado a desarrollar técnicas más eficientes con el propósito de optimizar sus procesos, en función de incrementar tanto la competitividad como la productividad.

2.2.1.4.6 Lluvia de ideas

Esta herramienta se utiliza para obtener información de primera mano, donde los participantes brindan su punto de vista respecto al objeto de estudio de la investigación. La herramienta es importante puesto que se obtienen diferentes criterios, mismos que se pueden entrelazar para conocer a fondo un problema. Esta técnica se utiliza en las etapas tempranas del proceso de desarrollo (incluso de prediseño), cuando se conoce poco acerca del diseño real y hay necesidad de nuevas ideas (Aiteco Consultores S.L, 2019). Para aplicar esta herramienta de manera adecuada se puede

- 1) Hacer que la reunión sea breve.
- 2) Convocar a pocos participantes.
- 3) Definir claramente cuál es el problema para resolver.
- 4) Establecer una agenda clara.
- 5) Sugerir a los miembros del grupo que se preparen individualmente.
- 6) Designar un facilitador para la reunión.
- 7) Considerar alternativas para la reunión.

2.2.1.4.7 Análisis financiero de la propuesta

El análisis financiero de la propuesta en una tesis es una evaluación detallada que tiene como objetivo analizar la viabilidad económica y los posibles impactos financieros de la propuesta o proyecto que se presenta. Este análisis permite entender los costos, los beneficios y los riesgos asociados con la implementación del proyecto, y ayuda a determinar si es una inversión rentable o no. (*Estudio financiero*, 2021)

El análisis financiero se realiza utilizando diversas herramientas y métricas financieras, como el flujo de caja, el análisis de rentabilidad y el cálculo de indicadores clave como el Valor Actual Neto (VAN) o la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Propósito del análisis financiero:

El análisis financiero tiene como objetivo demostrar si la propuesta es viable desde un punto de vista económico. Esto es crucial, especialmente cuando el proyecto implica grandes inversiones de capital, ya que los resultados financieros ayudarán a determinar si el proyecto es sostenible y si generará suficientes beneficios para justificar la inversión.

2.2.1.5 Control

Esta fase es clave para el mantenimiento del trabajo realizado en todas las fases anteriores. Se encarga de establecer controles lo más automatizados posible para que la mejora del proceso perdure en el tiempo. El sistema de control también debe tener en cuenta un plan de mitigación y una estructura de *reporting* específica para gestionar los riesgos y reaccionar de forma eficiente ante un incidente en un proceso.

En resumen, la metodología DMAIC es un enfoque muy estructurado, ya que analiza cuidadosamente un proceso antes de implementar mejoras, lo cual nos genera múltiples beneficios para el proceso estudiado, y para la organización en general, dentro de los más destacados se encuentran: la reducción de ciclos de tiempo, disminución de errores y defectos, ahorro de costos, mejora de la satisfacción del cliente, fidelización de los clientes, ventajas competitivas sostenibles, captura de nuevos mercados, imagen de excelencia, liderazgo, entre otros (Santos, 2015, p. 35)

2.2.1.5.1 *Seiketsu (estandarizar)*

Seiketsu busca mantener los resultados logrados en el desarrollo de las tres "S" anteriores. Si no somos conscientes en tener un procedimiento detallado para conservar lo logrado, es muy probable que rápidamente se pierda todo lo alcanzado.

Seiketsu implica:

- Mantener los resultados logrados en las etapas predecesoras, como lo son el nivel de aseo y el orden logrado.
- Capacitar al personal antiguo como a los nuevos ingresos, para que puedan practicar la de manera correcta la metodología.
- Tener un control adecuado de las modificaciones realizadas en las áreas de trabajo.
- Debemos estar seguros de utilizar los estándares correctos, a fin de garantizar el óptimo desarrollo en la organización.
- Esta 4ta "S" se relaciona directamente con la creación de rutinas o hábitos, lo que nos permite garantizar que el ambiente de trabajo se encuentra en las mejores condiciones.

2.2.1.5.2 Shitsuke (Disciplina)

Shitsuke se entiende por: “Mantener el hábito de cumplir con las 4S anteriores. Establecer un control permanente en el desempeño de cada tarea.”

Shitsuke implica:

- Controlar las técnicas y estándares definidos, asegurándose que la empresa se mantiene en las mejores condiciones.
- Llevar a cabo un monitoreo continuo y asegurarse que el personal se encuentra alineado a las normativas de la empresa.
- Tener un control acerca de todos los procedimientos definidos en las etapas precedentes.
- Lograr que las 4's anteriores sean parte de la filosofía de cada colaborador de la empresa.

2.2.1.5.3 Formatos de control

Los formatos de control son herramientas estructuradas que se utilizan para registrar, monitorear y verificar el cumplimiento de procesos, actividades o tareas dentro de una organización. Estos formatos permiten a las empresas mantener un seguimiento adecuado de los procedimientos, asegurando que se cumplan las normativas, se controlen los recursos y se identifiquen problemas o áreas de mejora en el momento adecuado.

Funciones de los formatos de control:

- **Estandarización:** Proporcionan un formato estandarizado para registrar información, lo que facilita su análisis y comprensión.
- **Monitoreo:** Permiten llevar un registro detallado de las actividades y el desempeño, lo que facilita la supervisión y el seguimiento.
- **Detección de problemas:** Ayudan a identificar inconsistencias o áreas que no están funcionando correctamente, lo que permite tomar decisiones correctivas rápidamente.
- **Trazabilidad:** Facilitan el rastreo de los datos y las decisiones, lo que es útil tanto para auditorías internas como para cumplir con requisitos de calidad y normativas externas.

La propuesta busca reducir los costos asociados con la utilización de repuestos usados, mejorar la gestión administrativa del proceso de reparación y mantener el taller ordenado y libre de obstáculos que puedan ocasionar accidentes. Además, se espera que la implementación de esta propuesta permita disminuir los tiempos de reparación de los repuestos y, en consecuencia, aumentar la productividad del departamento.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

2.4.1 Antecedente 1

Un estudio de Bain & Company (2015), muestra las dificultades que enfrentan las empresas intensivas en uso de capital para generar utilidades, y en como las presiones de un mundo globalizado reducen los márgenes, sugiriendo dentro de las estrategias de supervivencia, el necesario ejercicio de optimización de costos. Una de las alternativas que tienen este tipo de empresas para la reducción de sus costos es la optimización de su cadena logística, por lo que considerando lo indicado por Chen, et al. (2003), en cuanto a que los costos de inventario son superiores al 30% de la estructura de costos de la cadena logística, la optimización del inventario de repuestos en empresas intensivas en uso de capital es más que mandatorio.

Sin embargo, la optimización de repuestos en empresas intensivas en uso de capital debe conciliar el menor inventario posible, con la más alta disponibilidad de repuestos para el mantenimiento de equipos, dados los costos que conlleva una parada operativa. En línea con lo anterior, el nivel de repuestos tiene un impacto directo en la disponibilidad de los equipos, dado que la disponibilidad de equipos es función del tiempo medio para corregir una falla, el cual depende entre otros factores, del tiempo para reemplazar o reparar un repuesto. (Bharadwaj, et al., 2011)

Es igualmente conocido que, en empresas intensivas en uso de capital, las altas inversiones realizadas en activos fijos conllevan a una demanda por altos niveles de disponibilidad de sus activos y en consecuencia la alta disponibilidad de repuestos (Pascual, et al., 2017). Por lo anterior, es igualmente relevante, la adecuada coordinación de las áreas encargadas de la producción/operación y el mantenimiento, con las áreas de soporte, como es el caso del área de abastecimiento, que presta el servicio de compras y almacenamiento de repuestos para el mantenimiento de los activos.

2.4.2 Antecedente 2

En el año 2017 Esteban Alberto González Pacheco Ph.D. y Alba Guzmán-Duque, de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, seccional Bucaramanga, Colombia. En su artículo de investigación “Una estrategia de gestión de activos para equipo rotativo en los procesos de operación y mantenimiento para las empresas del sector petrolero”. se realiza una propuesta para plantear una estrategia de gestión de activos basada en los fundamentos dados por la norma PAS 55 que reúne los lineamientos requeridos para una estrategia integral de activos, a partir de esta propuesta se plantea la necesidad de las empresas deben centrarse en establecer estrategias en su ámbito que permitan cerrar la triada con objetivos correlacionados y compartidos, aportando a que todos los actores involucrados aúnen esfuerzos hacia un mismo objetivo común y se apalanque una estrategia de gestión de activos exitosa de dichos equipos (González Pacheco, 2017). El trabajo citado sirve de guía a la presente investigación teniendo en cuenta la estrategia de gestión de activos como herramienta para el proceso de mantenimiento de equipos uniendo la gestión a un mismo objetivo.

2.4.3 Antecedente 3

Unos de los casos de implementación exitosos del modelo ABC que se pudo observar en Costa Rica fue en la compañía Volio & Trejos en el 2014 en el proyecto de la construcción de Dreams Las Mareas ubicada en La Cruz Guanacaste. Para dar referencia de este caso de éxito se vio la importancia del Ing. Alejandro Rodríguez, donde la bodega de los recursos para el trabajo no estaba bien acomodada, había dificultad de flujo por falta de pasillos entre estantes, había material sin rotación, material en mal estado, no se acomodaban los materiales según su demanda y la entrega era ineficiente.

Al definir el problema, y medir la utilización de los materiales y analizando su criticidad se pudo implementar el modelo ABC para controlar mejor el inventario en bodega. Finalmente se volvió a medir los tiempos y se pudo observar una reducción del tiempo de entrega de materiales en un 40%, optimización del espacio hasta en un 30%, pasillos sin obstrucción, identificación de artículos sin rotación, facilidad para visualizar y controlar el inventario, que evitó compras innecesarias o daños en materiales, esto también ayudó en la estandarización del acomodo en los siguientes proyectos de Volio & Trejos. (J., 2018)

2.4.4 Antecedente 4

Autores Boris Andrés Alarcón Quiñonez, y Denis Melissa romero Montenegro, Guayaquil- Ecuador, febrero 2020. En este proyecto se tuvo como objetivo optimizar los procesos de mantenimiento preventivo de los equipos productivos de la empresa Nutrifishing S.A. “Empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado”. La cual presenta cambios en su infraestructura, se realizó un estudio de la situación actual de la planta, para conocer su proceso productivo y específicamente enfatizar en las fases de mayor relevancia y los equipos involucrados a considerar como críticos; para de esta manera realizar un plan de mantenimiento recomendado por las especificaciones técnicas de los fabricantes, así como los técnicos internos y externos de la empresa y para así evaluar el detalle oportuno de cada equipo y la frecuencia de los diversos mantenimientos preventivos establecidos. Como resultado de este plan de mantenimiento preventivo propuesto, se espera que la empresa reduzca el porcentaje de mantenimiento correctivo, pues significa retrasos de la producción, alteraciones en la calidad del producto final y daños considerables en los equipos afectados, además de la pérdida de tiempo por la llegada de los repuestos para su reparación. Adicionalmente se planteó una estructura organizacional en el departamento de mantenimiento para dar soporte a respuestas a los mantenimientos requeridos (Alarcón Quiñonez & Romero Montenegro, 2020). El presente trabajo tiene vital importancia para adquirir información sobre los activos críticos y por medio de esto generar un mejor plan de mantenimiento preventivo y reducir las fallas.

CAPÍTULO 3 : METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología creada en este trabajo se enfoca en 5 etapas, cada una para lograr el cumplimiento de un objetivo en específico.

3.1 Metodología para la definición del problema

Mediante la herramienta DMAIC se realizó un análisis del proceso de reparación de repuestos usados en el departamento de mantenimiento de la empresa Bridgestone S.A, con el propósito de diagnosticar de forma oportuna las diferentes actividades que no agregan valor.

El desarrollo de este proyecto se fundamenta en la aplicación del paradigma de investigación mixto ya que combina elementos cuantitativos y cualitativos mediante técnicas de observación no estructurada, revisión de documentos y discusiones en grupo.

Para realizar de manera más sencilla y comprensible este análisis, se abordó este diagnóstico contemplando las partes interesadas o actores de cada parte del proceso, y sus componentes claves.

En la primera etapa se recolectó información sobre el proceso en general y las diferentes actividades que lo conforman, además se obtuvo información sobre la demanda de trabajo del taller y las posibles causas que interfieren en el proceso de reparación de repuestos, esto con el fin de determinar la situación actual del área.

También por medio de una entrevista semiestructurada se obtiene información importante para determinar objetivamente el planteamiento del problema, el diagnóstico y su metodología, además del funcionamiento logístico y operacional de la empresa.

En esta etapa se optó por realizar un análisis de diagrama de flujo con el fin de entender con mayor claridad las actividades que componen el proceso en la gestión de los repuestos del departamento, además se utilizó la herramienta llamada SIPOC que nos permitió vincular diferentes elementos tales como: Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes.

Tabla 2: Matriz “DEFINIR”

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos (días)	Responsables
Describir el estado actual del proceso de reparación de repuestos, identificando puntos críticos y las causas que generan la baja productividad.	- Definir el alcance general, los objetivos y las partes interesadas involucradas en el proyecto.	Project Charter	Se crea documento y se definen los puntos a tratar junto al Jefe de área.	3	Jefatura del área y estudiante
	- Obtener información sobre el proceso, realizar Gemba Walks.	Observación directa y entrevistas al personal	Se realizan visitas a planta, caminatas en las áreas en estudio.	5	Estudiante
	- Observar y analizar los diferentes procesos del taller, que abarca la entrada y salida de los repuestos.	SIPOC	Resumen de las actividades involucradas en el proceso.	3	Personal de planta y jefaturas
	- Resumir la información recolectada.	Diagrama de Flujo.	Se presenta información de manera visual y comprensible.	3	Estudiante

Fuente: Elaboración propia

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

En esta sección, se definió la metodología de abordaje utilizada para medir y evaluar de manera integral tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos del proyecto.

Mediante un estudio de tiempos y un análisis de cursograma analítico, se lograron identificar las diferentes actividades realizadas en el proceso y se determinó el tiempo promedio de ejecución. Asimismo, se presentó el problema y las principales causas encontradas en el departamento de mantenimiento. Para ello, se llevó a cabo una reunión con el Jefe de Área, con el propósito de presentar los datos que evidencian la necesidad de mejorar el control y de diseñar planes de buenas prácticas para incrementar la productividad y reducir los costos en el departamento.

Las herramientas empleadas para realizar la medición y análisis del proceso fueron las siguientes: cursograma analítico, descripción de datos, gráficos de comparación, diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto. Estas herramientas ingenieriles permitieron identificar las causas potenciales, priorizarlas y seleccionarlas según su importancia. Además, se analizó la capacidad actual del taller en comparación con la demanda de ingreso de repuestos usados.

A través del diagrama de flujo utilizado en el apartado anterior, se logró desglosar el proceso por actividad, permitiendo visualizar el flujo del proceso desde su inicio hasta su finalización. Esto proporcionó un panorama completo sobre la situación actual del proceso, en el que, mediante el uso de herramientas de medición y análisis, se determinaron los factores más relevantes para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

En síntesis, en esta etapa se realiza:

- Identificación las causas potenciales.
- Se validan las causas.
- Priorización y selección de causas.
- Identificación de las oportunidades de mejora del proceso.

Tabla 3: Etapa "MEDIR Y ANALIZAR"

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Medir la capacidad actual del taller para la identificación de cuellos de botella y áreas de mejora en la distribución de tareas.	- Revisión de los datos del proceso	Gráficos comparativos	Información histórica, información brindada por el Jefe de área.	2 días	Jefatura de área
	- Representar gráficamente las actividades, pasos y flujo de trabajo del proceso.	Cursograma analítico situación actual	Observaciones, medición de tiempos y distancias en el proceso.	2 días	Estudiante
	- Medición de tiempos de reparación	Cronometraje de tiempos	Cálculo de tiempo promedio del proceso.	4 días	Estudiante
	- Detallar que causas afectan el proceso.	Ishikawa	Descripción de las causas.	1 días	Estudiante y Jefaturas
	- Ponderación de las causas analizadas	Análisis Multivoto	Se priorizan las causas	2 días	Estudiante y Jefaturas
Identificar las causas raíz de la baja productividad a través de un análisis detallado de los datos y el flujo de trabajo.	- Determinar las causas más importantes.	Diagrama de Pareto	Selección de causas por medio del 80/20 y se clasifican las posibles causas del problema	3 días	Estudiante
	- Análisis de las causas				

Fuente: *Elaboración propia*

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

La propuesta de mejora fue respaldada por la metodología DMAIC.

La estrategia implementada en esta etapa se centra en diseñar una propuesta que optimice el uso de los recursos de la empresa, aumente la productividad y acondicione adecuadamente el área de reparación de repuestos. El objetivo es prevenir accidentes y garantizar el orden y la limpieza en el espacio de trabajo.

La propuesta de mejora se planteó de la siguiente manera:

Estandarización del proceso, mediante el diseño de formatos, registros se pretende determinar procedimientos estándar operativos para las actividades realizadas en el taller de reparaciones con el fin de evitar la variabilidad en el proceso de reparación de repuestos. Esto incluye:

- Definir pasos claros y secuenciales en las actividades.
- Reorganizar el flujo de trabajo actual.
- Crear formatos de registro.
- Proponer auditorías periódicas para verificar el cumplimiento.

Como parte de la propuesta de mejora se pretende, además, implementar la metodología 5`S en el taller de reparaciones con el fin de aumentar la productividad del proceso, en donde el principal enfoque será la organización, estandarización y limpieza del área de trabajo. Esto permitirá optimizar el flujo de trabajo, reducir tiempos improductivos y generar un entorno de trabajo más eficiente y seguro.

La implementación de los cambios se realizará de forma que se pueda estandarizar el proceso de forma progresiva, además de visualizar el impacto económico del proyecto que generará a la empresa.

Tabla 4: "Propuesta de Mejora"

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Diseñar propuestas de mejora que permita un incremento en la cantidad de reparaciones realizadas en el taller de reparaciones.	- Propuesta de mejora.	Cursograma analítico propuesto, Kanban y Layout del taller.	Mejora continua del proceso y reorganización del flujo de trabajo	5 días	Estudiante
	- Analizar información con los colaboradores de la empresa.	Lluvia de ideas	Se toma en cuenta las opiniones de los colaboradores en sesiones de trabajo	3 días	Estudiante y personal de mantenimiento
	- Inspecciones, acciones y evaluaciones del área de taller.	5'S	Se evalúan en conjunto con el jefe de área.	2 día	Estudiante y jefe de área.

Fuente: Elaboración propia

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

La implementación de este proyecto consistió en proponer la optimización de los recursos del área de taller, así como la reducción de actividades que no agregan valor al proceso, dentro de la implementación se encuentra el análisis financiero que define la viabilidad del proyecto. Para llevar a cabo la implementación de las 5`S, se proponen las siguientes acciones detalladas:

Seiri (Clasificación):

- Identificar y retirar aquellos artículos que no se utilizan o que están obsoletos.
- Implementar un sistema de almacenamiento para los repuestos y herramientas, facilitando su acceso y visibilidad.

Seiton (Orden):

- Designar un lugar específico para cada herramienta, repuesto y equipo dentro del taller, de acuerdo con su uso y frecuencia.
- Establecer un flujo de trabajo lógico, asegurando que las estaciones de trabajo estén organizadas según el proceso de reparación.

Seiso (Limpieza):

- Desarrollar una rutina de limpieza diaria y semanal para mantener el taller ordenado y libre de residuos.
- Asignar tareas específicas de limpieza a cada miembro del equipo, garantizando la responsabilidad compartida.

Seiketsu (Estandarización):

- Crear procedimientos estándar que definan cómo deben organizarse y limpiarse las áreas del taller.
- Establecer un sistema de verificación y auditoría periódica para asegurar que se cumplan las normas de las 5S.

Shitsuke (Disciplina):

- Fomentar la cultura de las 5S mediante capacitaciones periódicas y sensibilización sobre la importancia de mantener un espacio de trabajo organizado.
- Establecer un sistema de monitoreo continuo de la implementación de las 5S, incluyendo visitas de inspección y evaluaciones regulares.

Tabla 5: Matriz "Implementar"

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Implementar mejoras para las causas que se priorizan e inciden en el proceso de reparación de repuestos usados, considerando la evaluación económica de las propuestas.	Implementar mejoras a las causas más importantes según el análisis.	Análisis financiero de las propuestas	Identificar aspectos económicos y financieros de la propuesta.	7 días	Estudiante y departamento compras
		Planes de acción	Realizar estandarización del proceso y asignación de tareas específicas al personal.	12 días	Estudiante y personal de mantenimiento

Fuente: *Elaboración propia*

En la realización de este proyecto se contó con la ayuda de los colaboradores del área de mantenimiento, además del Jefe de Vulcanización, el cual brindó los datos necesarios para proponer e implementar en este caso los planes de acción.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Por último, se trabajó en la fase final de la metodología DMAIC, la fase de control en donde se presentó el plan de control del proyecto para asegurar su cumplimiento posterior a la aplicación del entrenamiento y mejoras.

Las herramientas aplicadas en esta etapa permitieron mantener un adecuado control de los procedimientos, ya que estos posibilitan: uniformar y controlar el cumplimiento de las rutinas de trabajo y evitar su alteración arbitraria y facilitar las labores de auditoría, la evaluación y control interno y su vigilancia.

En esta etapa se brindaron herramientas para que las mejoras sean sostenibles en el tiempo y que no se repitan las mismas situaciones de la problemática actual. Para realizar el seguimiento de los resultados del proyecto, se utiliza un registro del control de los repuestos que ingresan y salen del taller; así como aquellos que son desechados por completo, además se propuso el control semanal de indicador de productividad y una auditoría mensual de 5´ para mantener el orden y aseo en el área de trabajo.

Finalmente se implementan reportes diarios los cuales son revisados semanalmente por los supervisores del área, con el fin de que se pueda obtener la trazabilidad de lo que sucede en las reparaciones de las maquinarias y con eso poder tomar mejores decisiones con las compras de refacciones y repuestos.

Tabla 6: Etapa "Controlar"

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Controlar el proceso mediante la implementación de un plan de seguimiento y medición para el proceso de reparación de repuestos usados en la empresa Bridgestone.	Control y seguimiento de implementación de la mejora.	Estandarización de procesos	Check list y formatos de evaluación.	10 días	Estudiante
		Reportes de control	Asegurar la ejecución de las propuestas y la medición del desempeño	12 días	Estudiante y personal de mantenimiento
		KPIs	Control de los indicadores	5 días	Estudiante

Fuente: *Elaboración propia*

CAPÍTULO 4 : ANALISIS DE CAUSAS RAIZ

Este capítulo contempla la descripción del proceso de reparación de repuestos usados en la empresa Bridgestone S.A, el objetivo principal de esta etapa es medir y analizar la información importante para identificar las causas que permitirán el planteamiento de las soluciones.

Este proyecto tiene un enfoque mixto, ya que se aplicaron herramientas cualitativas como es la observación y cuantitativas como la realización de encuestas y análisis estadísticos. El tipo de investigación es no experimental-descriptivo, esto se debe a que se observan los acontecimientos como se presentaron sin existir una manipulación que altere las conductas y comportamientos, mientras que es descriptiva ya que se recolectó información a lo largo del estudio especificando las propiedades y características de esta.

El procesamiento de datos fue realizado con el propósito de cumplir los objetivos de este trabajo mediante los siguientes procesos:

- Identificación de variables, condiciones actuales del servicio.
- Levantamiento de datos
- Ordenamiento, compilación de datos
- Clasificación de datos
- Análisis de datos
- Elaboración de propuesta de mejora

En esta fase se determinó si los diagnósticos cumplieron los objetivos, según los análisis, se podrían hacer varias preguntas: ¿Cuáles son las actividades del proceso que se realizan en el taller de mantenimiento?, ¿Cuáles serían los principales desperdicios de tiempo durante el proceso de reparación de repuestos ?, ¿Cuáles son las principales causas que contribuyen a que se tenga este desperdicio de tiempo?, una vez que se obtengan las respuestas a estas preguntas se podrá llegar al desarrollo de conclusiones y recomendaciones de las cuales se guía a las propuestas de mejora para el proceso de reparación de repuestos en la empresa Bridgestone de Costa Rica.

4.1 Project Charter

Con el fin de establecer las bases fundamentales para el desarrollo del proyecto se utilizó la herramienta Project Charter. Este documento define el alcance, los objetivos, las partes

interesadas, los recursos y los plazos asociados con el proyecto, asegurando una estructura clara para la ejecución y el seguimiento de la investigación.

Tabla 7: Project Charter.

Nombre del proyecto: Propuesta de mejora en el proceso de reparación de repuestos usados en el taller de mantenimiento del departamento de Vulcanización, en la empresa Bridgestone de C.R durante el segundo semestre del año 2024.				
Declaración del problema		Oportunidad de negocio y posibles beneficios		
La situación actual del proceso de reparaciones presenta deficiencias en la gestión operativa, ineficiencia en el uso de los recursos y baja productividad.		Oportunidad económica: Con esta propuesta se pretende generar un aumento de productividad en el proceso de reparaciones de repuestos, esto sin necesidad de incurrir en inversiones adicionales, además de mejorar la eficiencia en la gestión de reparaciones, estandarizar los procedimientos, esto para tener como resultado rentabilidad a largo plazo.		
Declaración de meta		Cronograma		
Estandarizar el proceso, eliminar tareas innecesarias y optimizar la disposición de los espacios.	Etapa	Plan	Actual	
	Definir:	Diagnóstico de la situación actual.	Concluido	
	Medir:	Observación directa, entrevistas.	Concluido	
	Analizar:	Herramientas de análisis de datos.	Concluido	
	Implementar:	Mejoras, plan de acción.	Concluido	
	Controlar:	Indicadores.	Concluido	
Alcance		Miembros del Equipo		
Inicio del proyecto	1/6/2024	Puesto	Nombre	Tiempo por semana
Fin del proyecto	31/01/2025	Supervisor de mantenimiento	Guido Castro	5 horas
Instalaciones	Planta Bridgestone C.R	Técnico en mantenimiento	Juan Salazar	5 horas

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Diagrama SIPOC del proceso

Se realiza el diagrama SIPOC, en el cual se considera, los proveedores de la materia prima, en este caso los proveedores más grandes e importantes en el proceso que son la bodega principal de repuestos y el departamento de mantenimiento, además de las entradas en el proceso, la descripción del proceso general para la producción, las salidas correspondientes y los clientes a quienes se debe de satisfacer.

Ilustración 20: SIPOC- del proceso de reparación de repuestos usados.

PROVEEDORES	ENTRADAS		PROCESO	SALIDA	CLIENTE
Bodega de repuestos	Refacciones	1	Generación de orden de trabajo	Repuestos reparados	Bodega de repuestos
Mecánicos	Partes retiradas	2	Retiro de refacciones en bodega	Informe de trabajo	Jefe de área
Departamento de producción	Ordenes de trabajo	3	Selección de herramientas	Permiso de trabajo realizado	Producción
Jefe de área	Equipos y herramientas de trabajo	4	Solicitud de permiso de trabajo		
Salud ocupacional	Permisos de trabajo	5	Evaluación de riesgos cuando corresponda		
		6	Reparación de los repuestos		
		7	Completar orden de trabajo		
		8	Entregar a repuesto reparado a bodega		

Fuente: Datos brindados por la empresa, elaboración propia.

En la ilustración anterior, indica los componentes principales del diagrama SIPOC, con el fin de tener el reconocimiento de los principales actores del proceso actual.

4.3 Descripción del Taller de mantenimiento de la empresa Bridgestone.

4.3.1 Servicios y equipamientos del taller de mantenimiento.

El taller de reparaciones del área de división 3 (Vulcanización) se encuentra equipado con herramientas manuales, eléctricas, equipos de soldadura y maquinaria de precisión, lo cual le permite cumplir con los requerimientos de los distintos trabajos que surgen en el área.

El área de taller de reparaciones es atendida únicamente por un mecánico especialista y un auxiliar de mantenimiento que se encargan de recibir, evaluar y administrar los recursos necesarios para realizar las labores de reparación de los repuestos que ingresan al taller.

A continuación, se mencionan los principales trabajos que se realizan en el Taller de reparaciones:

- Servicio de inspección, evaluación y reparación de repuestos.
- Fabricación de piezas mediante equipos de fresado y torno.
- Soldaduras especiales por arco eléctrico.
- Corte con plasma.
- Soldadura y corte por oxiacetileno.
- Desarrollo de proyectos de mejora en los equipos de producción.
- Reparación de repuestos hidráulicos, mecánicos, neumáticos y eléctricos.
- Tareas de orden y aseo en el taller.

En el **anexo 1**, se presentan imágenes de algunas áreas y equipos que se encuentran en el taller.

Herramientas utilizadas por los técnicos.

A continuación, se presenta una lista de las principales herramientas utilizadas en el taller de mantenimiento. Cada una de estas herramientas juega un papel crucial en el proceso de reparación y mantenimiento, permitiendo a los técnicos ejecutar las tareas de manera eficiente y con precisión.

- Caja de herramientas manuales.
- Fresadora y torno.
- Máquina de soldar.
- Herramientas eléctricas (taladro, esmeril, taladro de banco).
- Herramientas neumáticas (pistola de impacto, pulidores).
- Tecele de cadena y tecele eléctrico.
- Instrumentos de medición (vernier, escuadras, cinta métrica, nivel, micrómetro).

Equipo de protección utilizado por el personal de uso obligatorio.


Además, como parte de la responsabilidad del puesto de trabajo y para garantizar la seguridad de los colaboradores, la empresa proporciona equipos de protección personal (EPP). El objetivo principal de esta provisión es minimizar los riesgos de accidentes laborales durante el desarrollo de las actividades diarias, asegurando un ambiente de trabajo seguro y protegiendo la integridad física de los empleados en todo momento. A continuación, se mencionan algunos de los EPP proporcionados por la empresa:




- Lentes para los ojos.
- Tapones para los oídos.
- Guantes.
- Zapatos de seguridad.
- Mascara de soldar.

4.3.2 Diagnóstico actual de las instalaciones del taller


A continuación, se presenta una tabla que contiene información clave sobre las condiciones operativas actuales de las distintas áreas del taller de mantenimiento. El objetivo de este diagnóstico es proporcionar una visión clara de los desafíos a los que se enfrenta el taller y señalar oportunidades específicas para optimizar su funcionamiento y mejorar las condiciones generales del área.

Tabla 8: Diagnóstico actual del taller de reparaciones.

Área del taller	Descripción	Evidencia
<ul style="list-style-type: none"> - Área de Carretas 	<ul style="list-style-type: none"> - Se encontraron cajas de herramientas obstruyendo los pasillos del taller. 	

Área del taller	Descripción	Evidencia
- Basureros	- Productos inflamables cerca de los basureros	 A photograph of a workshop area. In the background, there are several grey metal lockers. In the foreground, on a green-painted floor with yellow safety markings, there is a blue barrel, a red barrel, and a black bucket. The barrels are stacked on a blue metal frame.
- Almacenamiento de repuestos	- Repuestos almacenados en el suelo, sin identificación	 A photograph showing various mechanical parts and tools scattered on a green-painted floor. There are several metal rods, gears, and other components. The parts are not organized or labeled.
- Cuarto de Soldadura	- Materiales en el cuarto de soldadura sin identificar y con peligro de caída.	 A photograph of a cluttered welding area. There are various materials, tools, and equipment scattered around. The area appears disorganized and unsafe.

Área del taller	Descripción	Evidencia
<ul style="list-style-type: none">- Cuarto de Soldadura	<ul style="list-style-type: none">- Piso del cuarto de soldadura sin demarcar las áreas de trabajo.	
<ul style="list-style-type: none">- Herramientas	<ul style="list-style-type: none">- Equipo de soldadura obstruyendo el pasillo, no se encuentra en el lugar designado.	
<ul style="list-style-type: none">- Pasillos	<ul style="list-style-type: none">- Acumulación de repuestos usados en tarimas plásticas sin clasificar.	

Área del taller	Descripción	Evidencia
<ul style="list-style-type: none"> - Banco de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> - Mesa de trabajo con acumulación de repuestos, inflamables, trapos y botellas sin identificar. 	

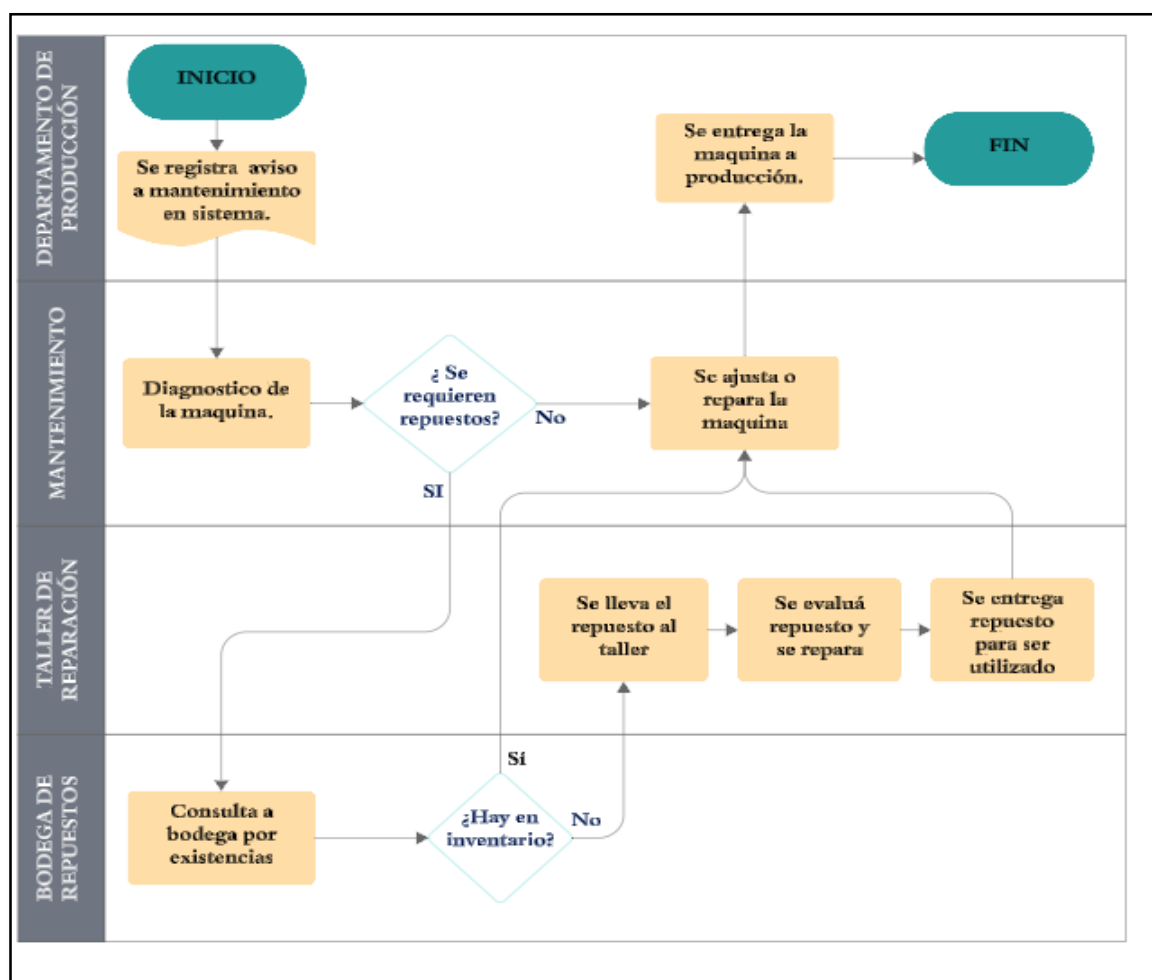
Fuente: Elaboración propia

4.4 Descripción del proceso de reparación de repuestos.

Para comprender mejor el contexto, es necesario describir el proceso de atención de fallas en las máquinas, ya que este constituye el punto de partida para la generación de los repuestos que ingresan al taller. Es crucial aclarar cómo se gestiona el aviso de la falla a los técnicos y cómo se lleva a cabo el procedimiento desde el momento en que se detecta el problema hasta que el repuesto dañado es retirado de la máquina y trasladado al taller de reparaciones para su respectiva atención.

Inicia con la notificación a los técnicos, diagnóstico del problema y, finalmente, la reparación o sustitución de las piezas dañadas. El departamento de mantenimiento en el área de vulcanización se encarga de este servicio correctivo, cuyo objetivo es restaurar el funcionamiento de las máquinas para evitar interrupciones prolongadas en la producción. Se incluye un diagrama de flujo que detalla los pasos del proceso.

Ilustración 21: Diagrama de flujo del proceso de atención de fallas.



Fuente: Datos brindados por la empresa, elaboración propia.

Registro de aviso de falla en sistema (departamento de producción).

El proceso comienza cuando algún operador de la maquina o supervisor de producción informa sobre una falla a través del sistema de gestión de mantenimiento. El reporte es generado con un código único para poder brindarle el seguimiento correspondiente. Una vez registrada la falla, el departamento de mantenimiento prioriza el tipo de incidencia según la gravedad e impacto en la producción, esto con el fin de disminuir el impacto por tiempo inactivo de la máquina.

Ilustración 22: Sistema de Gestión de órdenes de trabajo.

Gestión de órdenes de trabajo • WO-42416

1. EMERGENCIA Electricista ✓ 2. Contramedida ⌚

Información De Orden De Trabajo Requerida

SOLICITANTE QUIROS ARAYA, JONATHAN	PASO Contramedida
DEPARTAMENTO Vulcanización	GRUPO Prensas de Vulcanización Línea B
MÁQUINA/LÍNEA Prensa B12	ENSAMBLAJE/SUBENSAMBLAJE Mecanismo Central
ACTIVO CR-B12-03CMA-MECH - Componentes Mecán...	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO Componentes Mecánicos
<i>BT MODELOS (ESTO COMPLETA AUTOMÁTICAMENTE PARTE DE LA INFORMACIÓN DE OT A CONTINUACIÓN)</i>	
PROBLEMA	
COMPETENCIA REQUERIDA	
Este suceso causo pérdida de producción	
<input type="checkbox"/> Este suceso causo pérdida de producción	
EQUIPO DE TRABAJO Mantenimiento	
CLASIFICACIÓN (¿QUÉ ESTÁ SIENDO AFECTADO POR SU PROBLEMA ACT...)	ESTATUS DE MÁQUINA (ESTADO ACTUAL DE LA MÁQUINA)
DESCRIPCIÓN DE LA OT Reforzar recorrido mant basico fugas en prensas mecanicas con hidraulico, reforzar en bodega stock de cobertores de freno.	

Fuente: Elaboración propia

Diagnóstico.

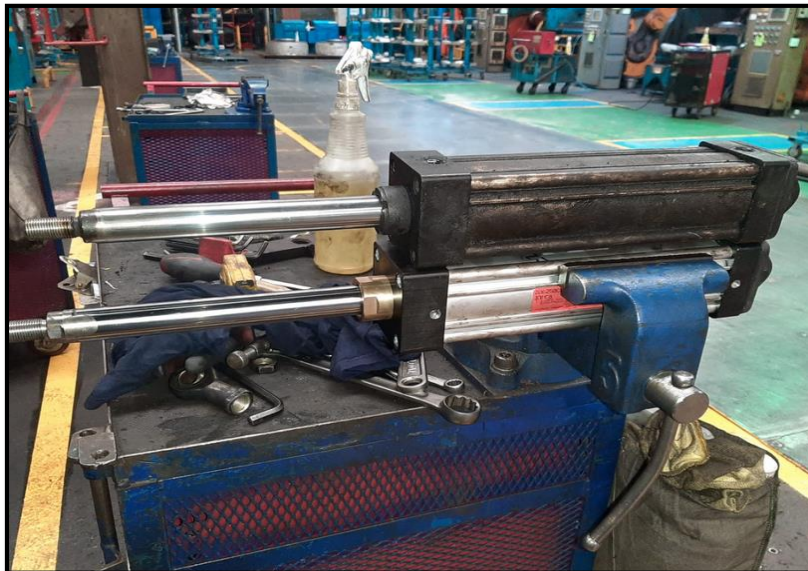
En esta etapa, el personal técnico realiza un análisis detallado de la falla con el fin de determinar la causa raíz del problema. Este diagnóstico puede incluir pruebas al equipo, consulta al programa del PLC y entrevistas al personal de producción que utiliza la máquina.

Resolución y Corrección.

Una vez diagnosticada la falla, si no se requieren repuestos, se ajusta la máquina y se entrega a producción. Dependiendo de la incidencia, esto puede implicar una solución rápida o una intervención más compleja que incluya reparación o reemplazo. Si se requiere de algún repuesto o refacción, el técnico debe dirigirse a la bodega de repuestos para verificar las existencias en inventario. Si hay repuestos nuevos o reparados disponibles, se solicitan para continuar con la reparación del equipo. En caso de que no haya existencias, se solicitarán las refacciones necesarias para que el taller de reparaciones pueda llevar a cabo la reparación del repuesto, el cual será utilizado posteriormente.

A continuación, se presenta un ejemplo ilustrativo de una reparación, en la que se sustituyó un pistón neumático por uno nuevo debido al deterioro de los empaques internos.

Ilustración 23: Atención de falla mecánica (reemplazo de pistón neumático).



Fuente: Bridgestone C.R

Pruebas y Validación.

Tras aplicar la corrección, se realizan pruebas para asegurarse de que el problema haya sido resuelto y que la máquina esté funcionando correctamente. En esta fase se verifica que la solución no haya generado efectos secundarios o nuevas fallas.

Cierre del reporte (respuesta de mantenimiento).

Una vez confirmada la resolución del problema, se cierra el reporte en el sistema de gestión. Se documenta la solución aplicada, el tiempo de resolución y cualquier recomendación para el cliente interno. Si la falla es recurrente, se pueden sugerir acciones preventivas.

Ilustración 24: Respuesta de mantenimiento

Respuesta de Mantenimiento	
RESPONSABLE MURILLO RODRIGUEZ, JULIO	RANK DE LLAMADA ①
TIPO DE MANTENIMIENTO Emergencia - Asistencia	TIEMPO NO OPERATIVO POR MANTTO 0.25
TRIPULACIÓN/EQUIPO D	TIEMPO DE REPARACIÓN 0.23
REQUIERE PERMISO? <input type="checkbox"/> No se Necesitan Permisos.	FECHA INSCRITA 10/12/2024 - 12:49 a.m.
RIESGO IDENTIFICADO <input type="button" value="-> Ver JSA"/>	FECHA INICIO DE REPARACIÓN 10/12/2024 - 12:50 a.m.
<input type="checkbox"/> Requiere LOTO?	FECHA FIN DE REPARACIÓN 10/12/2024 - 1:08 a.m.
COMENTARIOS DE SEGURIDAD	FECHA COMPLETADA 10/12/2024 - 1:09 a.m.
TRABAJO EFECTUADO se resocaron guias de la aplicadora	

Fuente: Bridgestone C.R

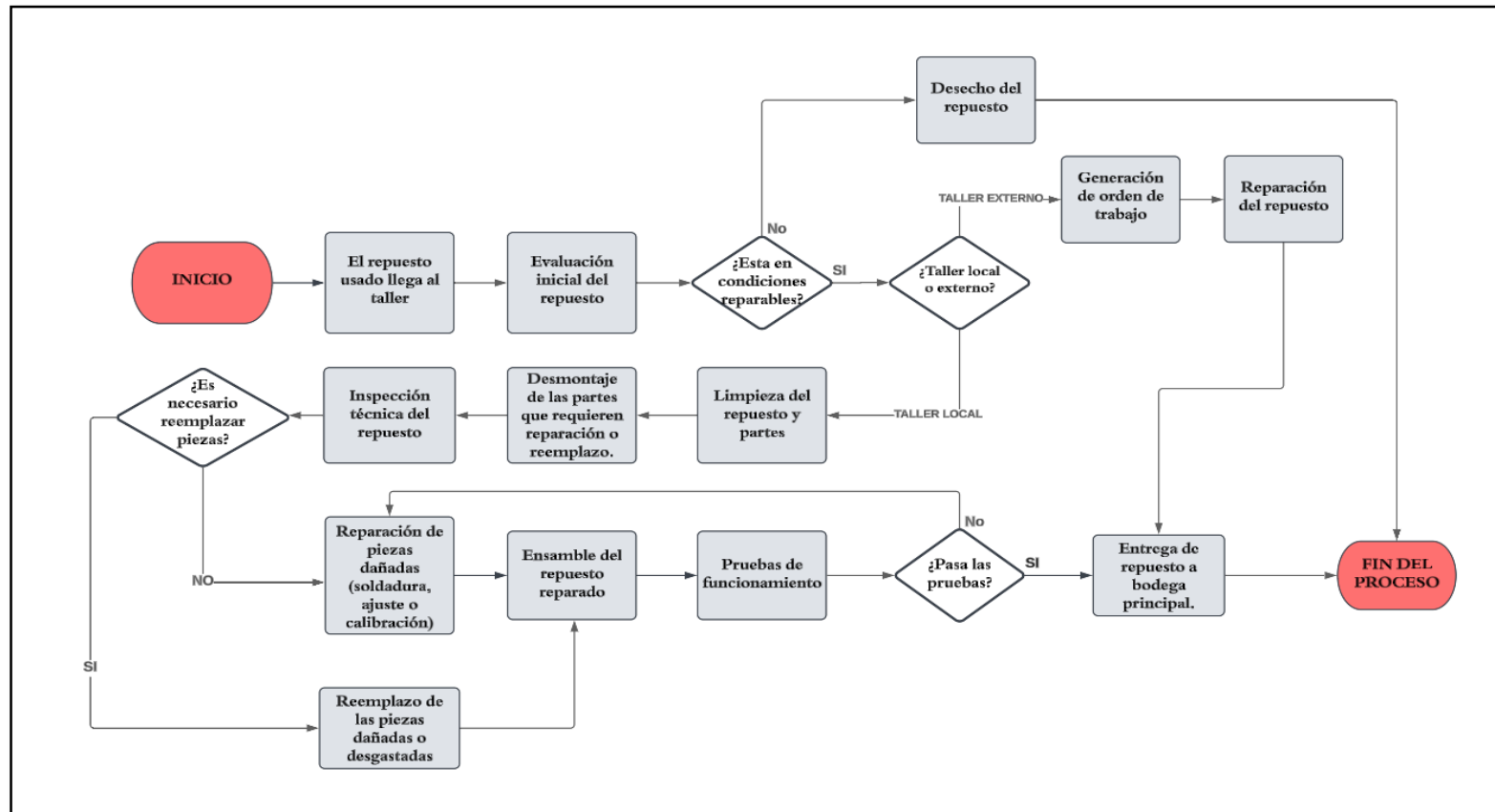
Una vez finalizada la atención de la falla, el técnico de mantenimiento correctivo lleva el repuesto dañado al taller de reparaciones y lo coloca cerca del banco de trabajo, donde se reparará según la disponibilidad del taller. Las reparaciones se realizan según las prioridades del técnico responsable de la zona, por lo que no existe un orden fijo.

En el taller, se realiza una evaluación inicial para determinar el estado del repuesto. Si presenta corrosión avanzada o daños graves, se desecha en un estañón destinado para ello y se envía al área de reciclaje para su adecuada gestión. Si el repuesto tiene solo desgaste leve, se solicita una orden de trabajo y se adquieren las refacciones necesarias en la bodega de repuestos. El mecánico, junto con el auxiliar de mantenimiento, proceden a reparar, limpiar, engrasar, pintar y ensamblar las partes.

Una vez finalizada la reparación, el mecánico registra las actividades en una bitácora personal y devuelve el repuesto reparado a la bodega principal, donde quedará disponible para futuras tareas de mantenimiento.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de proceso de reparaciones de repuestos usados que permite representar de manera visual y clara el flujo de las actividades.

Ilustración 25: Diagrama de flujo del proceso de reparación de repuestos usados.



Fuente: Elaboración propia

Los repuestos que no pueden ser reparados en el Taller Local de Bridgestone debido a su complejidad, especialidad o la necesidad de herramientas especiales, se tercerizan a talleres externos, según el tipo de componente y especialidad. El Supervisor y el Jefe de área son responsables de generar las órdenes de trabajo y gestionar el envío de los repuestos. Una vez realizada la reparación, el proveedor entrega los repuestos reparados a la bodega de repuestos

Además de los trabajos especializados, algunos repuestos se envían a talleres externos debido a que la demanda de reparaciones supera la capacidad del taller. Este proceso no se realiza con frecuencia, por lo que no es posible calcular un promedio de la cantidad de repuestos enviados en un período determinado.

Algunos de los trabajos que se tercerizan a talleres externos son:

- Reparación y limpieza de bombas hidráulicas.
- Trabajos de precisión que requieren equipos especiales.
- Reparación de equipos eléctricos, como motores de gran capacidad.
- Diseño y fabricación de equipos en Fresado por CNC.

La gestión de control de salida e ingreso de repuestos al taller se realiza actualmente mediante las siguientes etapas:

- **Generación de una orden de trabajo interna:** Detalles del repuesto y motivo de reparación.
- **Registro de salida:** Información sobre el repuesto enviado al taller para que pueda salir de las instalaciones.
- **Registro de ingreso:** Detalles sobre el repuesto recibido.
- **Informe final:** Información general de la reparación y devolución.

Según la información obtenida, se ha determinado que, en el caso de estas reparaciones especializadas, no se dispone de un informe detallado del diagnóstico y la reparación por parte del proveedor, solo se proporcionan detalles generales sobre el proceso.

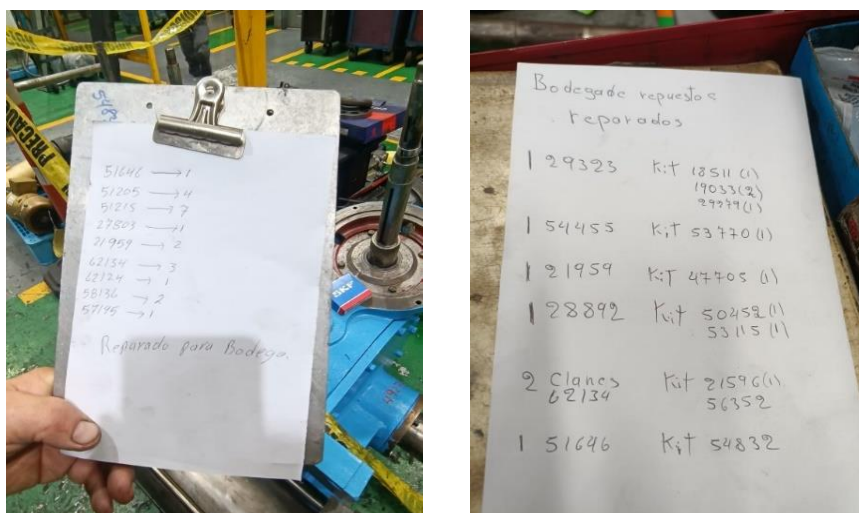
4.5 Diagnóstico del volumen y almacenamiento de repuestos en el taller.

4.5.1 Volumen de repuestos recibidos y reparados en el Taller.

En esta sección se analiza el volumen promedio de repuestos que ingresan semanalmente, esto con el fin de conocer la demanda de trabajo.

A través de un feedback sobre el proceso del taller, el técnico ha señalado que el registro de entradas y salidas de repuestos se realiza de manera manual. Actualmente, se anotan diariamente en un registro físico tanto la cantidad de repuestos que ingresan al taller como los que son reparados y posteriormente almacenados en bodega. A pesar de que no existen registros digitales o sistemas automatizados que documenten de manera precisa el flujo de repuestos, el personal del taller ha observado y señalado que, en promedio, solo se reparan alrededor de **13 repuestos por semana**. Esta cifra se basa en la información proporcionada por el personal técnico, quien realiza un seguimiento manual del trabajo realizado.

Ilustración 26: Tabla de registro del técnico



Fuente: Bridgestone C.R.

El registro del inventario que ingresa y sale del taller se realiza de forma manual, utilizando anotaciones en la bitácora

del técnico. Este control se lleva a cabo al inicio de cada turno, cuando el técnico de mantenimiento realiza una inspección y un recuento de todos los repuestos que han ingresado al taller de reparaciones, esta actividad demanda aproximadamente de 20 a 30 minutos diarios.

Mediante la información obtenida de los registros de control manual brindados por el técnico, fue posible realizar el cálculo del promedio del volumen de ingreso del cuatrimestre que comprende del mes de junio 2024 a Setiembre 2024.

Tabla 9: Volumen de ingresos de repuestos semanalmente.

Meses	Semanas				Promedio Semanal
	N°1	N°2	N°3	N°4	
Junio	39	43	43	46	43
Julio	47	40	45	41	43
Agosto	43	44	37	41	41
Setiembre	47	44	45	41	44
	Volumen promedio de ingreso semanal				43

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla de datos anterior, se determina que el promedio semanal de repuestos que ingresan al taller para reparación es de **43**, incluyendo pistones hidráulicos, válvulas y cualquier otro tipo de repuesto que requiera reparación.

4.5.2 Acomodo y almacenamiento de los repuestos.

Los repuestos en mal estado retirados de las maquinas no se clasifican al momento de su ingreso, ya que el área de reparaciones tiene un turno de 6 a.m. a 2 p.m., mientras que la empresa opera las 24 horas en turnos rotativos. Como resultado, los repuestos están ingresando al taller durante todo el día sin un proceso inmediato de clasificación.

Los repuestos son dejados inicialmente en diversas áreas del taller, lo que dificulta su trazabilidad y el seguimiento adecuado del motivo por el cual fueron reemplazados. Esta falta de organización provoca que no siempre se tenga acceso inmediato a la información relevante sobre cada repuesto, como el tipo de falla que ocasionó su reemplazo o el estado exacto de la pieza.

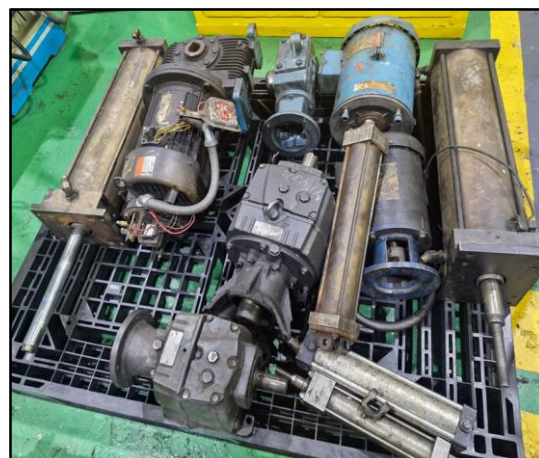
En ocasiones, los repuestos no se organizan de manera sistemática hasta que el supervisor delega la orden de hacerlo. En ese momento, se procede a acomodarlos en tarimas plásticas, lo que contribuye a mejorar el orden y la visibilidad dentro del área de trabajo. Sin embargo, este proceso no siempre es inmediato, lo que genera retrasos en la productividad de las reparaciones.

Ilustración 27: Almacenamiento actual de los repuestos.



Fuente: Bridgestone C.R

Ilustración 28: Clasificación en tarimas plásticas.



Fuente: Bridgestone C.R.











4.6 Medición de tiempos y movimientos

4.6.1 Cursograma analítico del proceso de reparación.

En este análisis, se utilizó la herramienta de cursograma analítico del proceso para visualizar el flujo de trabajo del personal en las actividades del proceso de reparación de repuestos usados.

El proceso de reparación en el taller consta de varias fases, cada una de las cuales implica una operación específica, como inspección, desmontaje, limpieza y reparación, entre otras. A lo largo de este proceso, los repuestos deben ser transportados entre diferentes áreas del taller, lo que conlleva múltiples movimientos de materiales y personal. Este diagrama ilustra las principales estaciones del taller, así como las esperas y los desplazamientos del personal entre ellas.

Tabla 10: Cursograma analítico del proceso de reparación de repuestos usados.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
		Operar.	<input checked="" type="checkbox"/>	Mater.	<input type="checkbox"/>	Maqui.	<input type="checkbox"/>			
Proceso: Reparación de repuestos usado		RESUMEN								
Fecha:		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
Método: Actual: X Propuesto: _____			Operación	6		0%				
Repuesto: Pistones hidráulicos.			Transporte	5		0%				
Nombre del operario: Juan Salazar			Inspección	2		0%				
Elaborado por: Fabián Vargas Quirós			Espera	1		0%				
			Almacenaje	1		0%				
		Total de Actividades realizadas		15		0%				
		Distancia total en metros		1 823		0%				
		Tiempo Horas/hombre		4		0%				
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Selección del repuesto que se va a reparar.	1		600,0						
2	Inspección y evaluación del repuesto.			300,0						
3	Mover el repuesto al banco de trabajo.		3,0	10,0						
4	Se desarma el repuesto para evaluar su estado.			1500,0						
5	Limpieza de las partes.			1200,0						
6	Evaluación de los componentes.			480,0						
7	El mecánico se dirige a bodega por refacciones.		450,0	420,0						
8	Espera para ser atendido por el bodeguero			1200,0						
9	Regreso al taller de reparaciones.		450,0	420,0						
10	Reparación y ensamble del repuesto.			4200,0						
11	Pruebas de funcionamiento.			900,0						
12	Pintado y acabado del repuesto.			1800,0						
13	Se lleva el repuesto a bodega principal.		450,0	450,0						
14	Se almacena repuesto en estantería.		20,0	240,0						
15	Regreso al taller para continuar con otra reparación		450,0	420,0						
Tiempo Minutos: 3,9		m	1 823,0	14 140,0	s					

Fuente: Elaboración propia.

El análisis muestra que, aunque una reparación debería durar aproximadamente 4 horas, en ocasiones el mecánico debe realizar hasta dos viajes adicionales a la bodega de repuestos debido a olvidos de piezas necesarias. Este desplazamiento adicional incrementa el tiempo de reparación en hasta 1 hora más, siendo el trayecto a la bodega el factor que más impacta el proceso, debido a la considerable distancia y el tiempo de espera para ser atendido por el personal de la bodega.

Posteriormente, se llevará a cabo una toma de tiempos sobre una cantidad determinada de muestras con el objetivo de identificar el tiempo promedio actual de las reparaciones en el taller.

4.6.2 Metodología de la toma de tiempos.

El estudio de tiempos se llevó a cabo utilizando la técnica del cronometraje, mediante la cual se registró el tiempo total de los ciclos de reparación de cada repuesto. En este proyecto, los tiempos que se analizaron corresponden al tipo de repuestos de pistones hidráulicos debido a que son aquellos que se reparan con mayor frecuencia en el taller y presentan mayor costo económico para el departamento.

Para calcular la desviación estándar, se llevó a cabo un estudio preliminar en el que se registraron las mediciones de 8 reparaciones de pistones hidráulicos, con el objetivo de obtener los datos necesarios para el estudio de tiempos. A continuación, se presenta la tabla con la información obtenida:

Tabla 11: Desviación estándar

Muestras	Tiempos	Diferencias al cuadrado
1	3,5	0,30
2	3	1,10
3	5	0,90
4	4,5	0,20
5	3,2	0,72
6	4,1	0,00
7	6	3,80
8	4	0,00
Media	\bar{x}	4,05
Varianza	$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$	1
Desv. Estándar	$\sqrt{s^2}$	1 hora

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras utilizadas para el estudio fueron tomadas de 15 repuestos reparados durante el mes de agosto de 2024 en el taller.

- σ = desviación estándar de 1 hora
- Z = nivel de confianza del 95%
- E = margen de error permitido 0.5 horas
- n = tamaño de la población igual a 15

$$n = \left(\frac{Z \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

Entonces:

$$n = \frac{(1,96 * 1)^2}{0,5^2} = 15,37$$

Por lo tanto, el número de muestras necesarias sería **15 muestras** y garantiza que el estudio de tiempos realizado tenga una estimación precisa del tiempo de reparación con un 95% de confianza y un margen de error de 0.5 horas.

4.6.3 Resultados de medición de tiempos actual del proceso

A continuación, se presentan las muestras utilizadas para el estudio, las cuales corresponden a 15 repuestos reparados durante el mes de agosto de 2024 en el taller de reparaciones.

Tabla 12: Toma de tiempos del proceso actual.

Observación	Tiempo Cronometrado (hrs)
1	4
2	5
3	4,5
4	4
5	5,5
6	4
7	4,5
8	5
9	3,5
10	6
11	5
12	3,5
13	4
14	4,5

15	5
Tiempo promedio (horas)=	4,3

Fuente: Elaboración propia

Según los datos de la tabla anterior se puede concluir que el tiempo promedio actual de reparación por repuesto es de 4 horas y 30 minutos aproximadamente.

4.7 Análisis de demanda vs. capacidad de trabajo en el taller.

4.7.1 Cálculo de la demanda

El cálculo de la demanda se refiere a la cantidad de trabajo que se requiere en un determinado tiempo, en esta ocasión fue semanalmente.

$$D = \sum (N_i \times T_i)$$

Donde:

- Ni: Número de unidades de trabajo o tareas (por ejemplo, reparaciones) solicitadas.
- Ti: Tiempo estimado necesario para cada unidad de trabajo.

Entonces:

Tabla 13: *Calculo de la demanda de trabajo.*

Repuesto reparable	Frecuencia semanal de ingreso de repuestos	Tiempo promedio de reparación (hrs)	Demanda de tiempo total de trabajo (hrs)
Válvulas mecánicas de 1/4, 3/8 y 1/2.	10	4,5	45
Pistones hidráulicos	7	5	35
Seguros de las prensas (clamps).	4	3,5	14
Válvulas de control de flujo de gas y vapor Rocky	6	4,5	27
Reductor brazo cargador.	2	3,5	7
Diafragmas de válvulas.	6	2	12
Pistones de segmentado HYD.	2	5	10
Pistones de segmentado kobelco.	2	5	10
Cabezas de Posinflado.	4	3	12
Totales	43	36	172

Fuente: Elaboración propia.

Al utilizar la fórmula para obtener la demanda de trabajo, se determina que es necesario de **172 horas** semanales para lograr cumplir con las reparaciones de los repuestos que ingresan al taller.

4.7.2 Capacidad del taller de reparaciones.

Para realizar el análisis correspondiente de la capacidad actual del taller para cumplir con la demanda, se recolectaron datos precisos sobre el proceso:

- **Numero de técnicos disponibles:** 1 técnico y 1 un asistente de mantenimiento que da soporte en tareas de limpieza de partes.
- **Horas de trabajo por técnico al día:** 8 horas.
- **Tiempo promedio de reparación por repuesto:** 4 horas.

Para medir la capacidad máxima del taller se utilizó la siguiente formula:

$$C = \sum (N_{\text{trabajadores}} \times T_{\text{disponible}} \times \text{Eficiencia del trabajador})$$

Donde:

- **N. trabajadores:** Número de trabajadores técnicos disponibles.
- **T. disponible:** Tiempo disponible por trabajador durante el periodo (horas de trabajo diario por turno).
- **Eficiencia del trabajador:** Porcentaje de tiempo efectivo que el trabajador dedica a tareas productivas (este es menor al 100% debido a descansos, tiempos de espera, etc.).

Entonces:

Tabla 14: Capacidad del taller.

Capacidad del taller=	C=2*48*0,90	86,4	horas de trabajo semanales
-----------------------	--------------------	------	----------------------------

Fuente: Elaboración propia.

Mediante la fórmula anterior, se determina que el taller tiene una capacidad de 86 horas de trabajo semanales.

4.7.3 Comparación demanda vs. capacidad del taller.

Una vez obtenido el análisis de la demanda del taller y su capacidad, se analizó en qué situación se encuentra el taller de reparaciones, esto con el fin de entender si está logrando o no el objetivo y el cumplimiento de los trabajos que están ingresando para ser reparados.

Tabla 15: *Tabla comparativa.*

Demanda > Capacidad	172 > 86 =	El taller está sobrecargado
---------------------	------------	-----------------------------

Fuente: *Elaboración propia.*

En este caso la demanda es mayor que la capacidad, lo cual quiere decir que el taller está sobrecargado y no podrá cumplir con la cantidad de trabajo requerida en los tiempos establecidos.

Este análisis de demanda vs. capacidad es esencial para entender la situación actual del taller de reparaciones y poder identificar oportunidades de mejora relacionado a la eficiencia, reducir tiempos muertos, y tomar decisiones estratégicas para aumentar la productividad.

4.8 Identificación del problema

La principal problemática en el área de taller de División 3, en relación con las reparaciones, es la demora y la baja cantidad de repuestos reparados semanalmente en comparación con el volumen de repuestos que ingresan. Esto genera la necesidad de pagar horas extras y asumir costos adicionales por enviar algunos repuestos a talleres externos para su reparación.

Para hacer frente a esta demanda parcial, la empresa ha implementado la estrategia de ampliar los turnos mediante horas extras, con el apoyo de algunos técnicos. A continuación, se presenta una tabla con la información sobre la cantidad promedio de horas semanales reportadas para apoyar en las tareas de reparación:

Tabla 16: *Costo de hora extra por técnico*

Puesto	Salario/hora	Tiempo extra	Costo total por hora
Técnico en mantenimiento	₡ 3 650,00	150%	₡ 5 475,00

Fuente: *Datos brindados por la empresa, elaboración propia.*

Con base en los datos mencionados anteriormente, se ha elaborado una tabla que muestra la cantidad total de horas extras asignadas semanalmente para brindar soporte a las actividades de reparación en el taller.

Tabla 17: Costo total de horas extras semanalmente

Puesto	Costo hora extra	Cantidad de técnicos	Total de hrs por semana	Costo total por extras
Técnico en mantenimiento	₡ 5 475,00	3	24	₡394 200,00

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra la cantidad de horas y el costo asociado que el departamento de mantenimiento de División 3 está generando. En total, la empresa está asumiendo un costo mensual aproximado de **1.600.000 colones**.

4.8.1 Registro de ingreso de repuestos al taller.

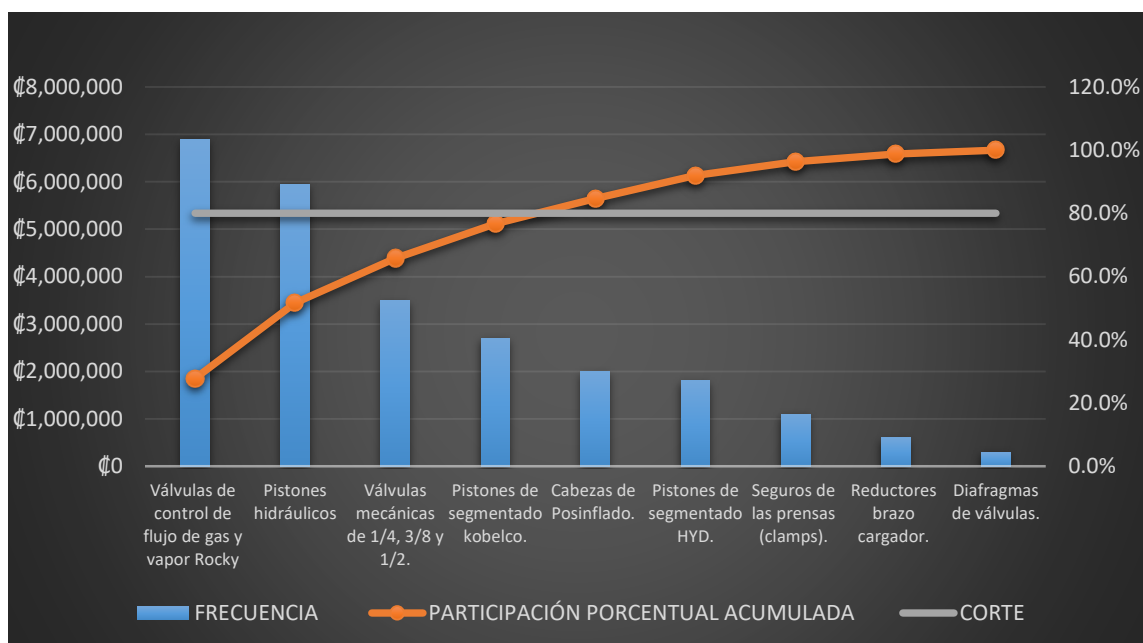
En este análisis, se elaboró un diagrama de Pareto para identificar los repuestos dañados que ingresan con mayor frecuencia al taller, así como para realizar un análisis del costo que la empresa incurre al adquirirlos.

Tabla 18: Ponderado de frecuencia de ingreso de repuestos al taller.

Repuestos reparables	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Válvulas mecánicas de 1/4, 3/8 y 1/2.	23%	23,3%
Pistones hidráulicos	16%	39,5%
Válvulas de control de flujo de gas y vapor Rocky	14%	53,5%
Diafragmas de válvulas.	14%	67,4%
Seguros de las prensas (clamps).	9%	76,7%
Cabezas de Posinflado.	9%	86,0%
Reductor brazo cargador.	5%	90,7%
Pistones de segmentado HYD.	5%	95,3%
Pistones de segmentado kobelco.	5%	100,0%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Diagrama Pareto frecuencia de ingreso de repuestos.



Fuente: Elaboración propia

Del análisis anterior, se concluye que los repuestos con mayor frecuencia de ingreso al taller son las válvulas mecánicas, los diafragmas de válvulas, las válvulas de control de flujo de gas y vapor, y los pistones hidráulicos, los cuales representan el 77% del total de repuestos dañados que ingresan semanalmente. Estos repuestos presentan una oportunidad de reparación, ya que en la bodega principal se disponen de los kits de reparación necesarios para realizar mantenimiento adecuado, como limpieza, pulido, cambio de empaques y sellado de juntas, lo que permite su reutilización.

4.8.1.1 Análisis del costo promedio de los repuestos nuevos que ingresan a la bodega de repuestos.

A través de las entrevistas realizadas en el Departamento de Bodega de Repuestos, se obtuvo información sobre el costo promedio de los repuestos nuevos importados para el mantenimiento de las máquinas de vulcanización. Estos costos se correlacionaron con la frecuencia con la que los repuestos llegan al taller para ser reparados, con el objetivo de calcular el ahorro total semanal que la empresa logra al reparar estos repuestos en lugar de desecharlos.

Tabla 19: Costos de los repuestos nuevos.

Repuestos reparables	Costo Repuesto nuevo
Válvulas mecánicas de 1/4, 3/8 y 1/2.	¢350 000,00
Pistones hidráulicos	¢850 000,00
Seguros de las prensas (clamps).	¢275 000,00
Válvulas de control de flujo de gas y vapor Rocky	¢1 150 000,00
Reductor brazo cargador.	¢300 000,00
Diafragmas de válvulas.	¢50 000,00
Pistones de segmentado HYD.	¢900 000,00
Pistones de segmentado kobelco.	¢1 350 000,00
Cabezas de Posinflado.	¢500 000,00

Fuente: Elaboración propia.

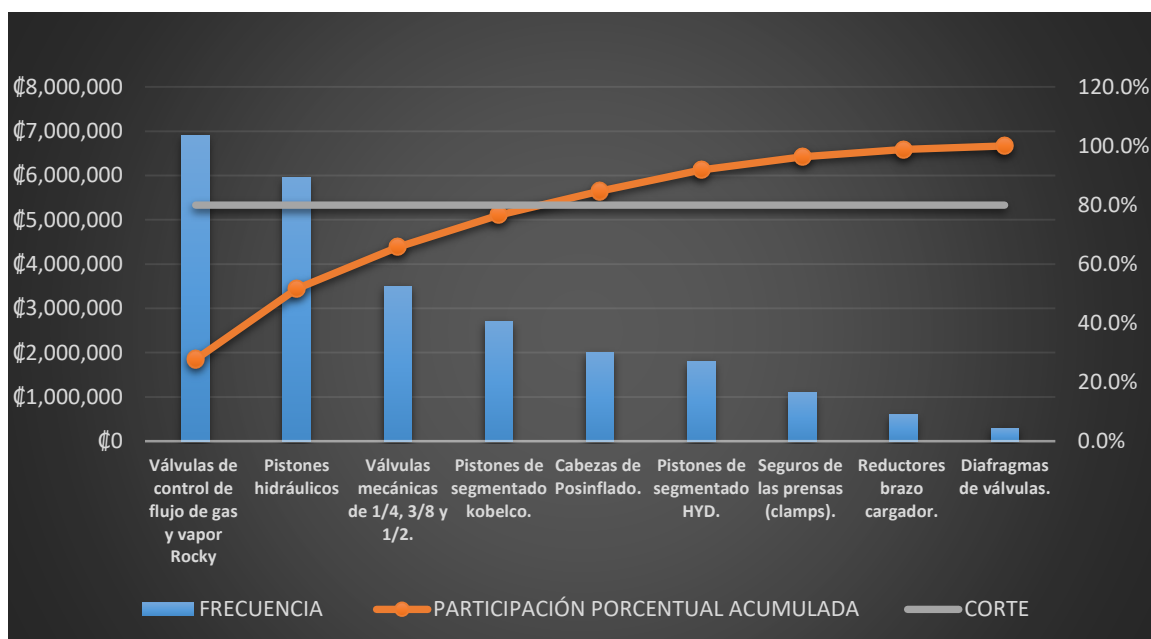
A continuación, se realiza un análisis de diagrama Pareto para determinar cuáles son los repuestos que representan mayor impacto en el costo debido a la frecuencia de uso y alto valor de compra.

Tabla 20: Tabla de análisis de costos.

Repuestos reparables	Costo repuesto nuevo * frecuencia	Participación Porcentual	Participación % Acumulada
Válvulas de control de flujo de gas y vapor Rocky	¢6 900 000,00	28%	27,8%
Pistones hidráulicos	¢5 950 000,00	24%	51,7%
Válvulas mecánicas de 1/4, 3/8 y 1/2.	¢3 500 000,00	14%	65,8%
Pistones de segmentado kobelco.	¢2 700 000,00	11%	76,7%
Cabezas de Posinflado.	¢2 000 000,00	8%	84,7%
Pistones de segmentado HYD.	¢1 800 000,00	7%	92,0%
Seguros de las prensas (clamps).	¢1 100 000,00	4%	96,4%
Reductor brazo cargador.	¢600 000,00	2%	98,8%
Diafragmas de válvulas.	¢300 000,00	1%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4: Diagrama Pareto repuestos y costos.



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis anterior, se puede concluir que los repuestos con mayor impacto económico potencial son las válvulas mecánicas, de flujo de gas y vapor, así como los pistones hidráulicos y de segmentado Kobelco. Estos repuestos representarían el 77% del ahorro si se prioriza su reparación, considerando además su alta frecuencia de ingreso al taller. Por lo tanto, se deduce que, al enfocarse en la reparación de estos repuestos, no solo se lograría un beneficio económico, sino también mejoras en el espacio, el orden y la limpieza de las áreas del taller, con un impacto positivo en los costos generados en el área de mantenimiento.

4.8.1.2 Análisis del costo de reparación de un repuesto en el taller local de Bridgestone C.R.

Para obtener el costo total de la reparación de un repuesto, se tomó en consideración el dato del costo de mano de obra que brindó el Departamento de RRHH, por lo tanto:

Tabla 21: Salario por hora

Puesto	Salario Mensual	Salario/hora
Técnico en mantenimiento	¢ 700 000,00	¢ 3 650,00
Asistente de mantenimiento	¢ 410 000,00	¢ 2 150,00

Fuente: Recursos humanos.

Una vez determinado el salario por hora de los responsables del proceso de reparación de repuestos, se calculó el costo total, el cual incluye además el costo de los materiales y refacciones utilizados en la reparación de los repuestos en el taller.

Tabla 22: Análisis de costo de reparación de un repuesto en taller local.

Repuesto reparable	Costo de reparación de un repuesto		Tiempo promedio de reparación (hrs).	Costo Total de reparación
	Costo de Mano de Obra*hora* 2 técnicos	Costo de materiales o refacciones.		
Válvulas de control de flujo de gas y vapor Rocky	¢5 800,00	¢200 000,00	4,5	¢226 100,00
Pistones hidráulicos	¢5 800,00	¢148 000,00	5	¢177 000,00
Válvulas mecánicas de 1/4, 3/8 y 1/2.	¢5 800,00	¢115 000,00	4,5	¢141 100,00
Pistones de segmentado kobelco.	¢5 800,00	¢120 000,00	5	¢149 000,00
Cabezas de Posinflado.	¢5 800,00	¢60 000,00	3	¢77 400,00
Pistones de segmentado HYD.	¢5 800,00	¢350 000,00	5	¢379 000,00
Seguros de las prensas (clamps).	¢5 800,00	¢95 000,00	3,5	¢115 300,00
Reductor brazo cargador.	¢5 800,00	¢110 000,00	3,5	¢130 300,00
Diafragmas de válvulas.	¢5 800,00	¢10 000,00	2	¢21 600,00

Fuente: Elaboración propia.

A través de la tabla anterior, se realizó un análisis de los costos asociados a la reparación de un repuesto usado, con el fin de prolongar su vida útil y permitir su reutilización en futuras ocasiones.

4.8.1.3 Análisis del costo de reparación de un repuesto en talleres externos de la empresa.

Aproximadamente, solo el 5% de los repuestos usados se envían a talleres externos. Estos repuestos son derivados a servicios externos cuando la demanda supera la capacidad del taller o cuando, por motivos de urgencia, se requiere realizar una reparación de manera inmediata. A continuación, se detallan los repuestos que comúnmente se envían a reparación externa, así como el costo asociado a este servicio:

Tabla 23: Análisis de costo de reparación de un repuesto en taller externo.

Repuesto	Costo M.O Taller externo	Costos materiales	Costo total
Válvulas mecánicas de 1/4, 3/8 y 1/2.	¢195 000,00	¢115 000,00	¢310 000,00
Pistones hidráulicos	¢350 000,00	¢148 000,00	¢498 000,00
Reductor brazo cargador.	¢220 000,00	¢110 000,00	¢330 000,00
Pistones de segmentado kobelco.	¢ 300 000,00	¢120 000,00	¢420 000,00

Fuente: Elaboración propia

Además, se envían trabajos de mayor complejidad que, debido a la falta de herramientas especializadas y capacitación del personal, no pueden ser reparados en el taller local de Bridgestone. Sin embargo, estos repuestos solo se mencionan en este proyecto y no forman parte del desarrollo de esta tesis.

4.9 Análisis de las causas cualitativas

Para obtener información sobre las diferentes causas del proceso, se llevó a cabo una sesión con los colaboradores directamente involucrados, como el supervisor de área, el jefe de mantenimiento y el mecánico a cargo del taller. El objetivo de esta reunión fue identificar oportunidades de mejora en el proceso actual y proporcionar un panorama más claro y enfocado para el estudio.

4.9.1 Digrama Ishikawa

El problema principal, corresponde al incumplimiento de la demanda de trabajo en las reparaciones de repuestos usados, lo que ocasiona dificultad en la planificación de las actividades y sobrecarga de la capacidad de trabajo.

En este apartado haciendo uso de las opiniones del personal involucrado se identificaron los vacíos e inconformidades que se presenta de manera frecuente. Esto aplicado en el proceso de reparación de repuestos para el área de mantenimiento, de manera que se identifiquen los aspectos más relevantes.

En la información obtenida se detalla una lista de las posibles causas que están influyendo negativamente en el proceso de reparaciones:

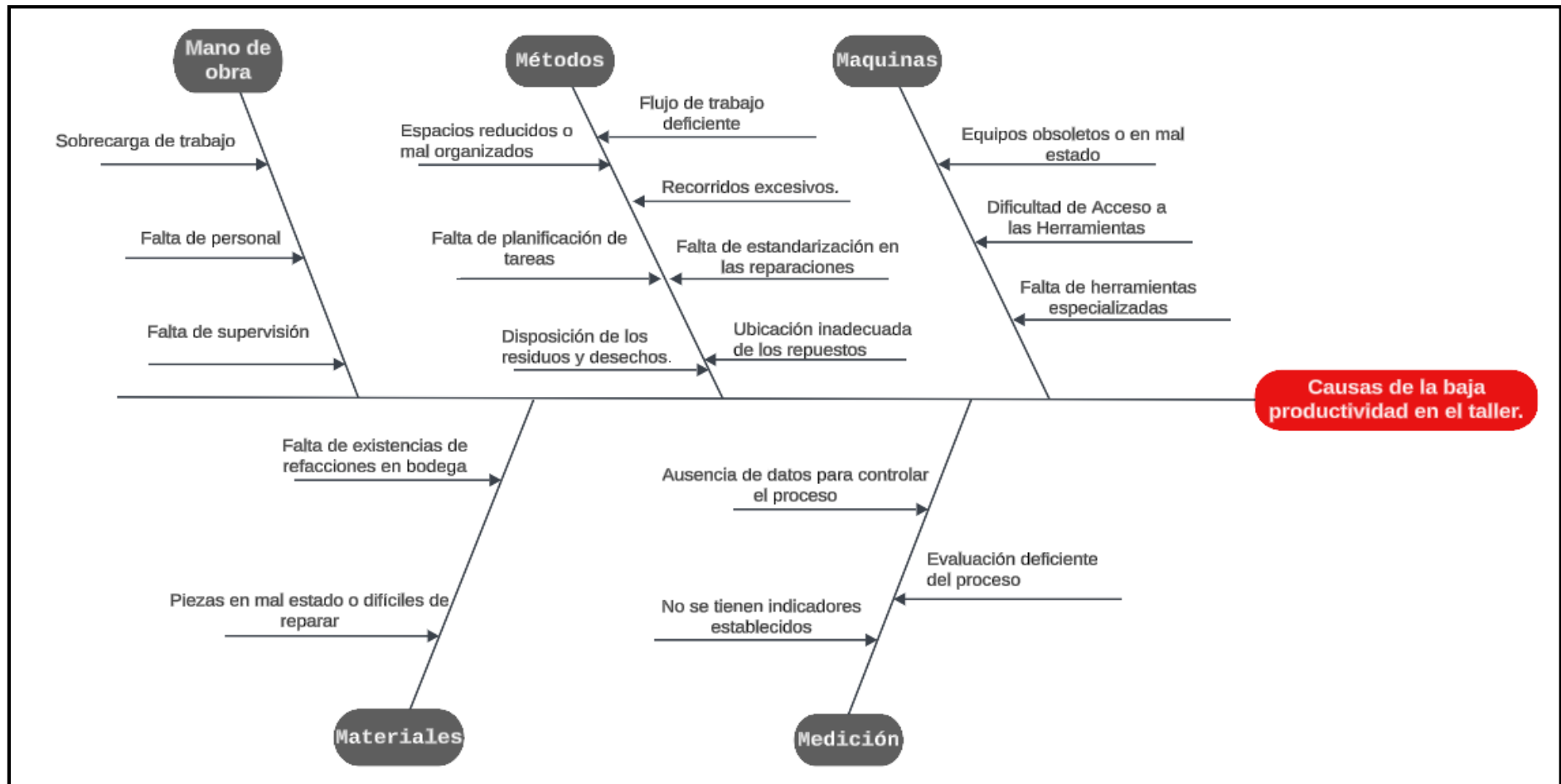
- Ubicación inadecuada de los repuestos
- Piezas en mal estado o difíciles de reparar

- Sobrecarga de trabajo
- Falta de supervisión
- Equipos obsoletos o en mal estado
- Espacios reducidos o mal organizados
- Falta de herramientas especializadas
- No se tienen indicadores establecidos
- Falta de personal
- Disposición de los residuos y los desechos.
- Ausencia de datos para controlar el proceso
- Falta de existencias de refacciones en bodega
- Disposición de los residuos y desechos.
- Falta de planificación de tareas
- Falta de estandarización en las reparaciones
- Recorridos excesivos.
- Evaluación deficiente del proceso
- Flujo de trabajo deficiente
- Dificultad de Acceso a las Herramientas

Para visualizar de manera más clara y estructurada las causas que contribuyen al problema, se utilizó el Diagrama de Ishikawa. Esta herramienta facilitó el análisis y la toma de decisiones para alcanzar el objetivo propuesto.

El Diagrama de Ishikawa permitió realizar un análisis exhaustivo de diversas categorías de causas, como personas, procesos, materiales, máquinas, métodos y entorno. Además, ayudó a descomponer los factores que influyen en el problema, identificando las relaciones entre ellos. Las causas identificadas fueron ponderadas y, posteriormente, se elaboró un Diagrama de Pareto para determinar el 20% de las causas que generan el 80% del problema de "baja productividad en el taller".

Ilustración 29: Diagrama Ishikawa de las causas.



Fuente: Elaboración propia.

4.9.2 Análisis Multivoto.

Se llevó a cabo una reunión en la que se obtuvo la opinión de diferentes niveles del área de mantenimiento. Además, se elaboró una tabla en la que se identificaron los problemas y sus respectivas causas, asignando una puntuación a cada una, donde 10 representaba la mayor importancia y 1 la menor. Con el ponderado obtenido, se analizó la información, lo que permitió identificar las causas más relevantes según el criterio experto del personal directamente involucrado en el proceso.

Tabla 24: Análisis Multivoto de causas.

6 M's	Causas	Jefe de área	Supervisor	Técnico	Ponderación total
Maquinas	Equipos obsoletos o en mal estado	3	5	4	12
Maquinas	Dificultad de Acceso a las Herramientas	6	5	5	16
Maquinas	Falta de herramientas especializadas	3	2	3	8
Métodos	Falta de planificación de tareas	8	10	8	26
Métodos	Falta de estandarización en las reparaciones	10	8	9	27
Métodos	Recorridos excesivos.	9	7	9	25
Métodos	Espacios reducidos o mal organizados	9	10	8	27
Métodos	Ubicación inadecuada de los repuestos	9	9	9	27
Métodos	Disposición de los residuos y desechos.	9	8	9	26
Métodos	Flujo de trabajo deficiente	9	9	8	26
Mano de Obra	Falta de supervisión	3	3	5	11
Mano de Obra	Falta de personal	3	3	4	10
Mano de Obra	Sobrecarga de trabajo	4	4	6	14
Material	Falta de existencias de refacciones en bodega	5	5	6	16
Material	Piezas en mal estado o difíciles de reparar	8	6	5	19
Medición	Evaluación deficiente del proceso	10	9	8	27
Medición	No se tienen indicadores establecidos	10	9	9	28
Medición	Ausencia de datos para controlar el proceso	9	10	9	28

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla #24, se enumeran y describen las causas identificadas en el proceso de reparación de repuestos. En total, se definieron 18 causas, las cuales están clasificadas en las categorías de medición, mano de obra, medio ambiente, material, métodos y máquinas.

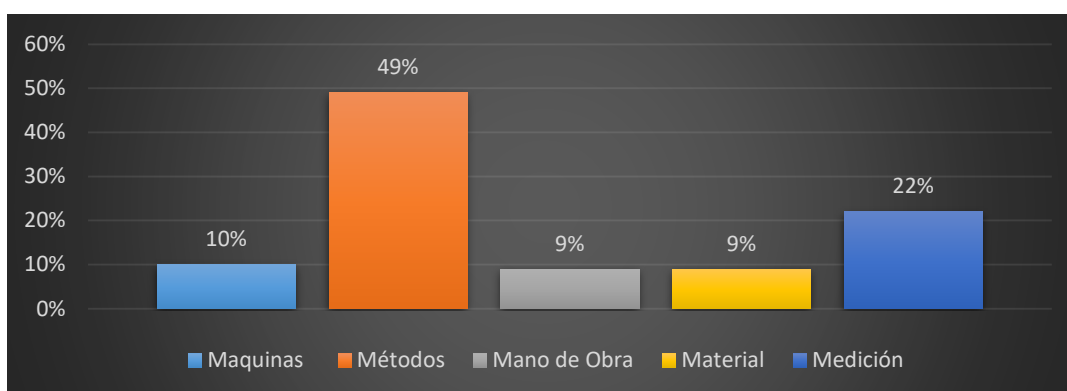
4.9.3 Análisis de Diagrama Pareto

Con la lista detallada y clasificada, se evaluaron las causas más críticas y su ponderación, lo que permitió identificar la categoría que más impacta el proceso, como se muestra en el gráfico siguiente.

El propósito de aplicar este diagrama es identificar las causas que tienen mayor influencia en el resultado, lo cual facilitará la concentración de las soluciones en las áreas de mayor impacto.

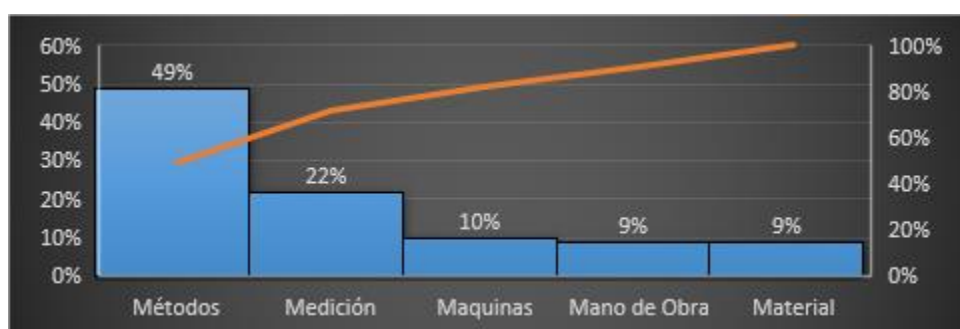
El objetivo principal del Diagrama de Pareto en este proyecto es mejorar la eficiencia del proceso y tomar decisiones informadas, basadas en un análisis cuantitativo y visual de las causas. Al identificar los problemas más críticos, se podrá priorizar las acciones correctivas o preventivas, logrando resultados más rápidos y efectivos.

Gráfico 5: Porcentajes de causas por categorías



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Diagrama Pareto 6M's



Fuente: Elaboración propia.

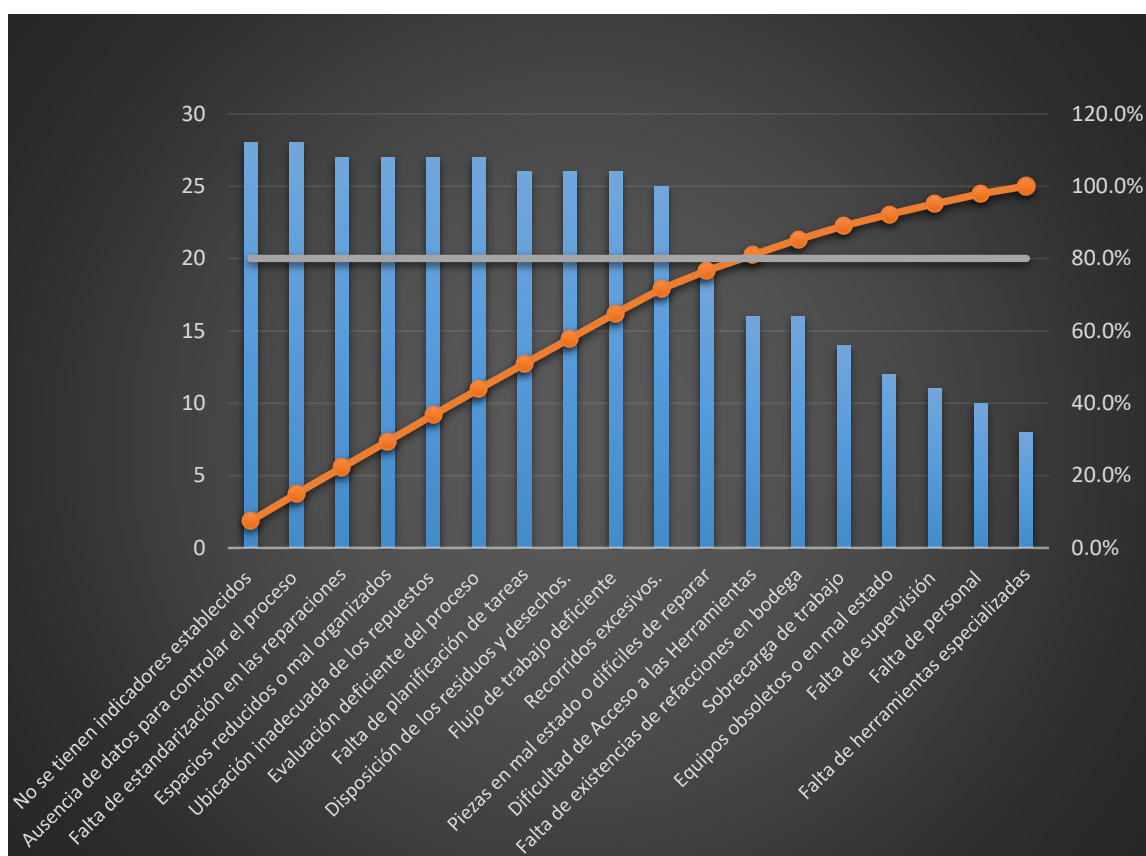
De acuerdo con el análisis que se realizó, se puede deducir que las causas de mayor relevancia y que afectan en el proceso de reparación se encuentran agrupadas en las

categorías de método y medición representando el 71% que genera el problema de acuerdo con el diagrama Pareto realizado según el gráfico #7.

Por otro lado, las demás categorías no fueron catalogadas, ya que se examinó que no presentan mayor incidencia en el proceso de este estudio.

Para identificar cuales con las causas más importantes de acuerdo con la ponderación realizada anteriormente se realiza un análisis de Diagrama Pareto.

Gráfico 7: Diagrama Pareto de causas.



Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico anterior del diagrama Pareto, se identificaron las causas que representan el 80% del problema relacionado con la baja productividad en el proceso de reparación. Estas causas serán detalladas a continuación, junto con su respectivo análisis, para determinar las propuestas de mejora correspondientes.

Tabla 25: Clasificación de las causas más predominantes.

Métodos	Falta de planificación de tareas
	Recorridos excesivos.
	Falta de estandarización en las reparaciones
	Espacios reducidos o mal organizados
	Ubicación inadecuada de los repuestos
	Disposición de los residuos y desechos.
	Flujo de trabajo deficiente
Medición	Evaluación deficiente del proceso
	No se tienen indicadores establecidos
	Ausencia de datos para controlar el proceso

Fuente: Elaboración propia.

Una vez seleccionadas las causas más significativas, aquellas que contribuyen al problema principal, se procedió a priorizar las causas que se tomaron en cuenta para abordar las propuestas de mejora en el capítulo V. Estas causas fueron el enfoque del esfuerzo y se analizaron brevemente a continuación.

1. Métodos:

Falta de planificación de tareas: en el taller de reparaciones no existe ningún control o método donde se puedan asignar y dar seguimiento a los distintos trabajos que se realizan a diario, no cuentan con algún plan de trabajo diario o semanal que defina claramente las tareas a realizar, es muy común que se dejen tareas incompletas como repuestos desarmados.

Recorridos excesivos: Actualmente, los técnicos deben recorrer hasta 800 metros para obtener las refacciones o materiales necesarios para realizar las reparaciones. En ocasiones, realizan hasta tres desplazamientos por reparación, lo que genera fatiga y reduce la productividad del taller.

Falta de estandarización en las reparaciones: en el proceso de reparación no existen estándares de trabajo, por lo tanto, los técnicos siguen su propio criterio o improvisan en sus labores.

Espacios reducidos o mal organizados: Las herramientas especializadas no se encuentran organizadas y son de difícil acceso, lo cual provoca que el colaborador pierda tiempo buscando lo que necesita, además no cuentan con algún sistema de control de permita mantener el área ordenada y logre reducir significativamente la probabilidad de perder herramientas en el taller.

Ubicación inadecuada de los repuestos: el taller recibe en promedio 8 repuestos diarios para ser reparados, actualmente no cuentan con una adecuada ubicación o almacenamiento, provocando que la zona sea insegura y se pierdan piezas constantemente.

Disposición de los residuos y desechos: Actualmente, el personal de mantenimiento enfrenta dificultades para llevar a cabo una disposición adecuada de los desechos generados durante el proceso. Esta falta de claridad en los procedimientos ha originado que los desechos no se gestionen de manera eficiente ni conforme a las normativas establecidas. Además, los repuestos que ingresan a la operación no reciben una clasificación correcta ni un manejo apropiado, lo que genera que algunos de ellos sean descartados sin considerar la posibilidad de repararlos para un uso posterior. Este proceso inadecuado no solo incrementa los costos operativos, sino que también desperdicia recursos que podrían haber sido reutilizados, contribuyendo a un ciclo insostenible de desperdicio.

Flujo de trabajo deficiente: Durante el análisis, se identificaron interrupciones frecuentes para obtener refacciones, así como demoras de hasta 30 minutos en la espera de atención por parte del bodeguero. Además, la falta de un orden claro en la ubicación de materiales y equipos provoca la pérdida de tiempo valioso buscando componentes o herramientas.

2. Medición

Ausencia de datos para controlar el proceso: no se llevan registros estandarizados de las reparaciones realizadas, diagnósticos previos, y los pasos seguidos para cada trabajo, esto provoca pérdida de trazabilidad en las reparaciones.

Evaluación deficiente del proceso: el proceso de reparación no cuenta con indicadores para monitorear el rendimiento, lo cual dificulta que se puedan identificar áreas de mejora y evaluar el desempeño continuo del proceso.

4.10 Conclusiones de la situación actual.

Mediante el análisis de la situación actual, estudio de sus datos históricos, análisis multivoto, herramientas de diagrama de flujo, estudio de tiempos, Ishikawa y Pareto; se puede concluir lo siguiente con respecto al proceso de estudio:

- A través de entrevistas, recopilación de información y observación directa del proceso, se determinó que el taller de reparaciones recibe un promedio de 43 repuestos usados.
- Mediante el análisis comparativo de la capacidad y demanda, se determinó que el taller de reparaciones se encuentra sobrecargado de trabajo, ya que la cantidad de horas necesarias para cumplir con la demanda supera las horas de capacidad disponibles en el taller.
- Mediante el cursograma analítico y estudio de tiempos, se determinó que, en promedio, un técnico tarda 4 horas y 30 minutos en reparar un repuesto. Sin embargo, este tiempo puede verse afectado por factores como la disponibilidad de refacciones, la complejidad de la reparación, y las interrupciones durante el proceso.
- Si se prioriza la reparación de las válvulas de control de flujo de gas y vapor marca Rocky, las válvulas mecánicas, así como los pistones hidráulicos y de segmentado para prensas Kobelco, se podría lograr un ahorro mensual del 76.7% del costo total de la compra de repuestos nuevos.
- Se identificaron varias causas que afectan la baja productividad del taller y el incumplimiento con la demanda, entre ellas: Falta de planificación de tareas, recorridos excesivos, falta de estandarización en las reparaciones, espacios reducidos o mal organizados, ubicación inadecuada de los repuestos, disposición de los residuos y desechos, flujo de trabajo deficiente, evaluación deficiente del proceso, no se tienen indicadores establecidos, ausencia de datos para controlar el proceso.

CAPÍTULO 5 : DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Argumento y despliegue de las propuestas

A continuación, se presenta una tabla que resume las propuestas diseñadas para mejorar el proceso de reparación de repuestos en el taller. Las propuestas presentadas se centran en la reorganización y el orden de los espacios del taller, con el objetivo de mejorar la productividad. Para ello, se implementarán herramientas que faciliten la visualización clara de las tareas prioritarias, permitiendo que los técnicos se enfoquen en las reparaciones más urgentes y evitando la sobrecarga de trabajo. Además, se asignarán roles y responsabilidades al personal, lo que contribuirá a reducir la duplicidad de esfuerzos y optimizar los tiempos de reparación.

Tabla 26: Diseño de las propuestas.

Causas predominantes	Herramientas	Propuesta
Disposición de los residuos y desechos. Espacios reducidos o mal organizados. Ubicación inadecuada de los repuestos.	Implementación de las etapas Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Diseño de estándar 5's del taller y check list de limpieza.	Propuesta de implementación de Metodología 5'S
Flujo de trabajo deficiente. Recorridos excesivos. Falta de estandarización en las reparaciones. Ausencia de datos para controlar el proceso. Falta de planificación de tareas.	Cursograma analítico Asignación de roles y responsabilidades, Estándar 5's Formatos, check list y ordenes de trabajo. Tablero Kanban y Método de clasificación ABC	Propuesta de reducción de tiempos de reparación
Evaluación deficiente del proceso, no se tienen indicadores establecidos.	Definición de indicadores para controlar el proceso.	

Fuente: Elaboración propia.

5.1 Diseño de propuesta de Implementación de Metodología 5S

La propuesta de mejora presentada se basa en la implementación de la metodología 5S en el taller de mantenimiento, con el objetivo de transformar el entorno laboral en un espacio organizado, limpio y seguro, lo cual facilitará la productividad y promoverá una cultura de orden y limpieza.

Es relevante señalar que esta propuesta incluirá la formación de un comité 5S, que será responsable de liderar, coordinar y supervisar la implementación y el mantenimiento continuo de la metodología en el lugar de trabajo.

Considerando la situación actual del taller, se sugiere sensibilizar al personal operativo sobre la importancia de este proceso, asegurando que comprendan el valor y los beneficios que se obtendrán al aplicar la metodología 5S. Por ello, se prevé una capacitación adecuada para comunicar los objetivos y el alcance de la iniciativa.

La implementación de esta propuesta se llevará a cabo de manera progresiva y se estructurará en las siguientes etapas:

Tabla 27: Propuesta de implementación 5s

Seiri (clasificación)	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar los criterios de evaluación de desechos. - Clasificar repuestos, herramientas y materiales que no se utilizan.
Seiton (ordenar)	<ul style="list-style-type: none"> - Organizar los repuestos, herramientas y materiales. - Definir un lugar de almacenamiento de repuestos reparados. - Demarcación de áreas de trabajo, equipos y pasillos. - Asignar un espacio de desechos de materiales.
Seiso (limpiar)	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar limpieza en general - Implementación de rutina de limpieza.
Seiketsu (estandarizar)	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar procedimiento estándar del taller de reparaciones. - Diseñar sistemas visuales.
Shitsuke (Mantener)	<ul style="list-style-type: none"> - Revisiones y auditorias periódicas.

Fuente: Elaboración propia


Registro fotográfico.

Una vez definida la planificación de las actividades, se llevará a cabo un registro fotográfico y una evaluación detallada que permita documentar la implementación de las mejoras realizadas, con el fin de establecer un estándar operativo para el taller de reparaciones.

Planificación de las actividades

Se presentó el cronograma que corresponde a la planificación de las diferentes actividades que se pretenden implementar de manera cronológica en el taller de mantenimiento, esto con el fin de lograr el óptimo desempeño del cumplimiento del programa.

Ilustración 30: Diagrama de Gantt Implementación de Mejora 5's.

Departamento:	Mantenimiento División 3	Fecha de Revisión:	15/8/2024																					
Aprobado por:	Jefe de Área	Impacto de la propuesta	Beneficios del Proyecto (Indicador Impactado)																					
Elaborado por:	Fabián Vargas Quirós		Económico, seguridad y productividad																					
Nombre del proyecto:	Plan de trabajo Implementación 5's							2024-205																
Simbología	Actividad planeada	En Proceso	Completo	Atrasado																				
Etapas	#	Actividades	Res.	Plan/Act	sep-24				oct-24				nov-24				dic-24				ene-25			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Integrar comité 5's y asignar roles.	1	Conformar el comité con personal involucrado en el proceso.	Jefe área	Plan	■																			
				Actual																				
	2	Asignar responsabilidades a los integrantes del comité.	Jefe área	Plan	■																			
				Actual																				
	3	Capacitar al personal de mantenimiento.	Técnico Mejora continua	Plan		■																		
				Actual																				
Seiri (clasificación)	4	Determinar los criterios de evaluación de desechos.	Estudiante	Plan			■	■																
				Actual																				
	5	Clasificar repuestos, herramientas y materiales que no se utilizan.	Técnico	Plan					■	■														
				Actual																				
Seiton (ordenar)	6	Organizar los repuestos, herramientas y materiales.	Técnico	Plan						■	■													
				Actual																				
	7	Definir un lugar de almacenamiento de repuestos reparados.	Supervisor	Plan								■												
				Actual																				
	8	Demarcación de áreas de trabajo, equipos y pasillos.	Técnico	Plan									■	■										
			Actual																					
	9		Supervisor	Plan													■							

Departamento:	Mantenimiento División 3	Fecha de Revisión:	15/8/2024																						
Aprobado por:	Jefe de Área	Impacto de la propuesta	Beneficios del Proyecto (Indicador Impactado)																						
Elaborado por:	Fabián Vargas Quirós		Económico, seguridad y productividad																						
Nombre del proyecto:	Plan de trabajo Implementación 5's					2024-205																			
Simbología	Actividad planeada	En Proceso	Completo	Atrasado		sep-24				oct-24				nov-24				dic-24				ene-25			
Etapas	#	Actividades	Res.	Plan/Act	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
		Asignar un espacio de desechos de materiales.		Actual																					
Seiso (limpiar)	10	Realizar limpieza en general	Estudiante	Plan																					
				Actual																					
	11	Implementación de rutina de limpieza.	Estudiante	Plan																					
				Actual																					
Seiketsu (estandarizar)	12	Desarrollar procedimiento estándar del taller de reparaciones.	Estudiante	Plan																					
				Actual																					
	13	Diseñar sistemas visuales.	Estudiante	Plan																					
				Actual																					
Shitsuke (Mantener)	14	Revisiones y auditorias periódicas.	Supervisor	Plan																					
				Actual																					
	15	Establecer un sistema de retroalimentación por parte del personal.	Estudiante	Plan																					
				Actual																					

Fuente: Elaboración propia

5.1.1 Evaluación económica de la propuesta

5.1.1.1 Inversión de la propuesta

En este caso se calculan los costos asociados a la propuesta de implementación de las 5's en el taller, por lo tanto, se incluye el costo de las horas asociadas al tiempo que los técnicos dedicaron a recibir la capacitación, realizar las actividades de clasificación, orden y tareas de limpieza. Además, se incluyen los gastos de los materiales que serán utilizados en el proceso de implementación, algunos de ellos como pinturas, brochas, rótulos, tarjetas de identificación y artículos de limpieza. A continuación, se presenta una tabla detallada con el desglose del presupuesto:

Tabla 28: Presupuesto

Recurso		Costo
Recurso humano	₡	467 200,00
Materiales (pinturas, brochas, rótulos)	₡	90 000,00
Estanterías	₡	200 000,00
Artículos de limpieza.	₡	50 000,00
Inversión total	₡	807 200,00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28 se detallan los costos asociados al recurso humano, los cuales corresponden a 16 horas semanales durante 2 meses. Se propone asignar a 2 colaboradores para que trabajen los sábados de cada semana, con el fin de llevar a cabo las tareas de clasificación, organización, demarcación de áreas y limpieza general de las instalaciones del taller de mantenimiento.

Para esta propuesta únicamente se calculó el presupuesto de implementación, debido a que se espera que las 2 propuestas juntas impacten en un solo objetivo que es la disminución de los tiempos de reparación mediante la organización del flujo de trabajo y la optimización del recurso del taller de reparaciones.

5.1.1.2 Beneficios esperados

Mejorar el control de inventario

- Clasificación y organización de los repuestos.
- Eliminar lo innecesario y organizar lo que se necesita.

Ambiente de trabajo

- Entornos más limpios y ordenados.
- Incentivar la cultura de la limpieza en los colaboradores. Ambientes más agradables.
- Reducción de desperdicios.

Mejorar la productividad

- Reducción de tiempos de búsqueda de materiales y herramientas.
- Mantener un flujo de trabajo constante, sin interrupciones.

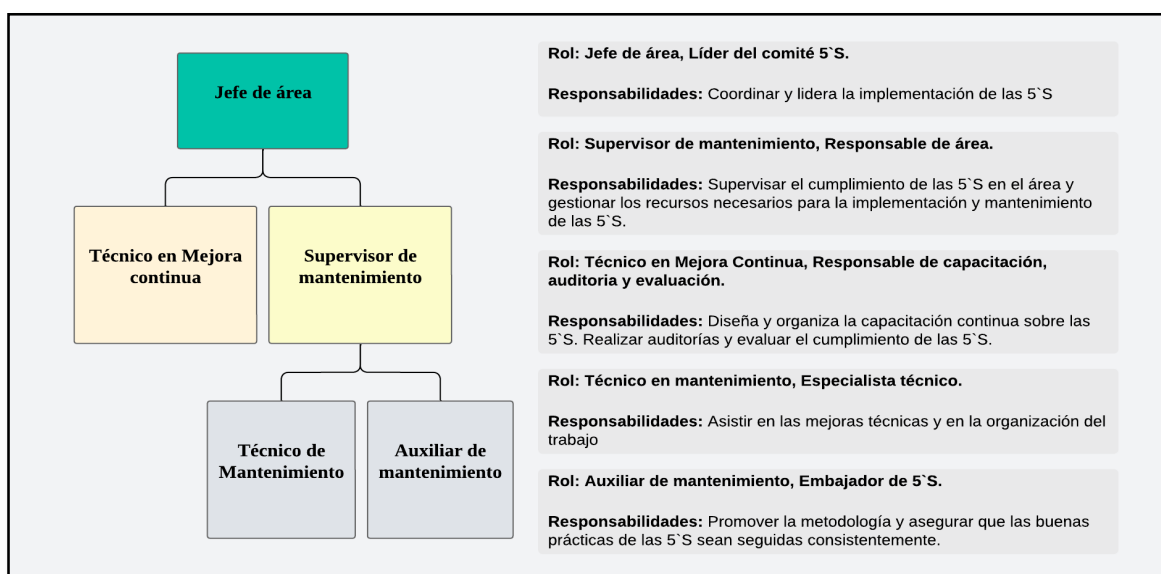
5.1.2 Implementación de la metodología 5S.

El objetivo principal es implementar las pautas necesarias para aplicar la metodología de las 5S en el taller de mantenimiento. Esta implementación se llevará a cabo específicamente en el área del taller de mantenimiento de la División 3, enfocándose en el proceso de reparación de repuestos usados.

5.1.2.1 Formación del comité 5´s en el taller y capacitación al personal.

Se establece un comité para asegurar que la metodología 5S se implemente de manera efectiva y sostenible, promoviendo la mejora continua en el lugar de trabajo. Este comité está conformado por los siguientes miembros:

Ilustración 31: Roles/responsabilidades del Comité 5`s.



Fuente: Elaboración propia.

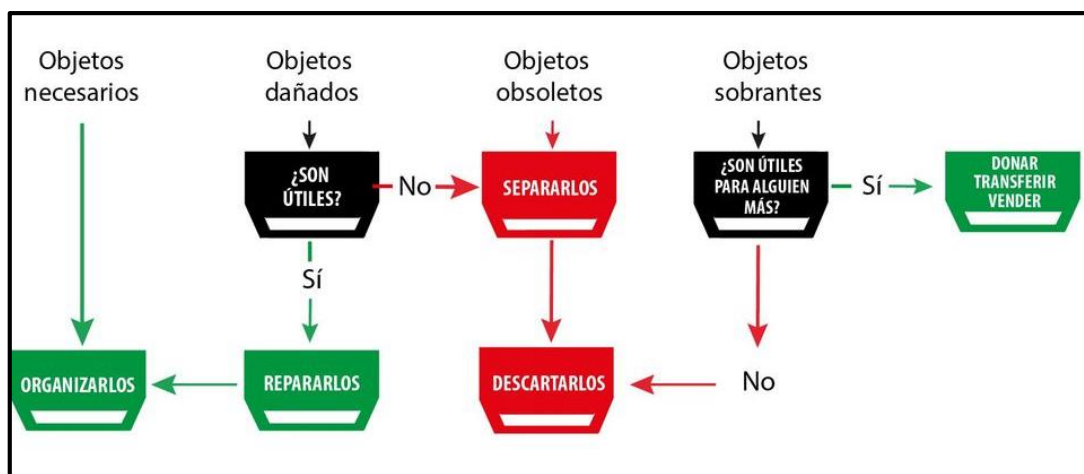
5.1.2.2 Implementación de la etapa Seiri (clasificación).

Se realiza la primera inspección de las estaciones de trabajos identificando los desperdicios de las áreas involucradas en el proceso de reparación de repuestos, esto con el fin de separar aquellos objetos, equipos, accesorios y repuestos que fomentan la desorganización en el taller.

5.1.2.2.1 Criterios de evaluación de desechos

Se presentan los criterios que se tiene que considerar para la clasificación de los elementos para su disposición final, en donde se puede deducir cuales son los objetos necesarios que se tiene que organizar, desechar o reparar.

Ilustración 32: Criterios para clasificar



Fuente: (Metodología 5s para mejorar la productividad de una empresa, 2018)

Según los criterios de evaluación se realiza una lista de comprobación de los elementos que se tengan que Organizar, Reparar, Descartar, vender o Reciclar para que luego de este informe se proceda a colocar las tarjetas rojas. (Ver apéndice #1)

5.1.2.2.2 Uso de las tarjetas rojas para clasificar

Luego de identificar aquellos repuestos y materiales que no se utilizan por completo o están obsoletos, se procede a separarlos para su correcta disposición. Se requiere en esta etapa que a estos repuestos se les coloque una tarjeta roja en algún lugar visible del elemento, adicional se debe de contemplar la información requerida para brindarle una adecuada clasificación.

A continuación, se presenta 2 modelos de tarjetas rojas a utilizar:

Ilustración 33: Tarjeta roja

Fuente: (Mendez, 2019)

5.1.2.3 Implementación de la etapa Seiton

Esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

5.1.2.3.1 Definir el lugar de ubicación

Zonas de almacenamiento de repuestos

Después de realizar la clasificación de los elementos, se propone utilizar una bodega previamente en desuso, que alberga repuestos de máquinas fuera de servicio. En esta bodega se llevará a cabo la clasificación y eliminación de materiales que ya no se necesitan.

La bodega está ubicada a 50 metros del taller, lo que permite un fácil acceso. Se planea trasladar los repuestos que actualmente están almacenados en el piso del taller hacia este espacio, organizándolos de acuerdo con su peso y frecuencia de uso.

La bodega cuenta con estanterías, lo que facilita la correcta organización de los repuestos. Además, se llevará a cabo la rotulación adecuada para permitir una identificación rápida y sencilla de los elementos almacenados. A continuación, se presenta el estado actual de la bodega.

Ilustración 34: Bodega en desuso.



Fuente: Bridgestone C.R

El uso de esta bodega ha quedado establecido como una propuesta dentro de este proyecto, ya que requiere la aprobación de varios departamentos. Esto se debe a que en ella se encuentran repuestos y materiales que no pertenecen al área de estudio, lo que impide su desecho y clasificación hasta que se realice un estudio técnico previo de todos los elementos.

5.1.2.3.2 Demarcación de áreas dentro del taller

Se demarcan los lugares donde se deben colocar las herramientas o equipos. Esto incluye la asignación de espacios para cada elemento de manera que sea fácil acceder a él y que no interfiera con otros elementos o procesos.

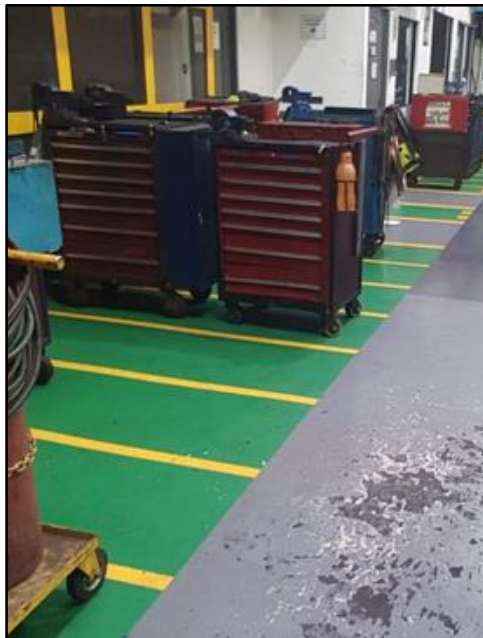
Ilustración 35: Demarcación de áreas en cuarto de soldadura.



Fuente: Bridgestone C.R

En la figura anterior se muestra cómo se identificaron los espacios destinados a los diferentes equipos en el cuarto de soldadura. Esto se realizó con el objetivo de optimizar el flujo de trabajo, garantizando que los trabajadores mantengan una distancia segura de las zonas peligrosas.

Ilustración 36: Área de cajas de herramientas.



Fuente: Bridgestone C.R

Un problema mencionado en el capítulo anterior era que los carros de herramientas solían encontrarse ubicados en los pasillos. Para resolverlo, se asignaron y demarcaron áreas

específicas donde los mecánicos deben colocar los carros, asegurando así que los pasillos permanezcan despejados y se evite cualquier obstrucción.

5.1.2.3.3 Áreas de circulación

Se han establecido y marcado claramente las zonas de circulación para garantizar que los empleados se desplacen de manera segura. Esta medida no solo contribuye a prevenir accidentes, sino que también optimiza el flujo de trabajo.

Ilustración 37: Demarcación de pasillos



Fuente: Bridgestone C.R

5.1.2.3.4 Área de desechos

Se identifican y demarca con pintura el espacio designado para almacenar los repuestos defectuosos de manera temporal.

Estos desechos son retirados por el personal de limpieza, ellos son los encargados de llevar estos desechos al área de reciclaje y darles la disposición adecuada. Aquellos repuestos que son piezas que ya no son puedan ser reparados, son colocados en el estañón amarillos (metales) con el fin de que no ocupe espacio innecesario en las áreas de trabajo.

Ilustración 38: Área de desechos



Fuente: Bridgestone C.R

5.1.2.4 Implementación de la etapa Seiso

Organizar actividades de limpieza

En esta etapa se define el alcance de las áreas de aplicación.

Por lo tanto, se realizarán las actividades de limpieza en los siguientes elementos:

- Herramientas, equipos y bancos de trabajo.
- Área de cajas de herramientas y área de desechos.
- Zona temporal de almacenamiento de repuestos.
- Limpieza en general de pasillos y mobiliario.

Se realizará las actividades de limpieza de forma semanal en toda la infraestructura, la misma que será supervisada por el supervisor de mantenimiento para asegurar el buen funcionamiento de los equipos, herramientas e instalaciones. Para realizar estas actividades se tendrá que disponer de:

- Artículos de limpieza.
- Un check list de verificación de la limpieza.

Para el control semanal de limpieza se utilizará un formato con el fin de registrar el control de las actividades. A continuación, se presenta el check list utilizado:

5.1.2.5 Implementación de la etapa Seiketsu (Estandarizar)



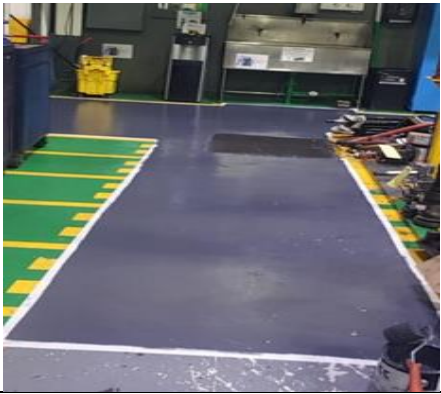

Con el fin de garantizar la organización, limpieza y orden del taller, se establece un estándar del taller de reparaciones, este procedimiento establece un conjunto de normas y estándares que definen un marco claro de la operación diaria en el taller.

Tabla 29: Estándar 5's del taller de reparaciones.

Revisión:		Nombre: Fabián Vargas Quirós	
Tipo: 5'S		Fecha Creación:10/01/2025	
Departamento: Taller División 3		Fecha Actualización: 10/01/2025	
Área: General			
# de Ítem	Ítem	Descripción del ítem	Foto del estándar
1	Área de Carretas	Área limpia y ordenada, carretas sin objetos encima	
2	Basureros	Basureros ordenados, en su lugar correspondiente y con la basura bien clasificada	

Revisión:		Nombre: Fabián Vargas Quirós	
Tipo: 5`S		Fecha Creación:10/01/2025	
Departamento: Taller División 3		Fecha Actualización: 10/01/2025	
Área: General			
# de Ítem	Ítem	Descripción del ítem	Foto del estándar
3	Área de materiales	Los materiales deben estar en el lugar asignado	
4	Escaleras	Ordenadas, limpias, con la cadena de sujeción colocada en buen estado y sin obstrucciones.	
5	Cuarto de Soldadura	Banco de trabajo sin equipos conectados y ordenado mientras este en uso. Objetos en sitios demarcados, cuarto con iluminación en buen estado y limpio, no debe de haber materiales inflamables en él.	

Revisión:		Nombre: Fabián Vargas Quirós	
Tipo: 5`S		Fecha Creación:10/01/2025	
Departamento: Taller División 3		Fecha Actualización: 10/01/2025	
Área: General			
# de Ítem	Ítem	Descripción del ítem	Foto del estándar
7	Bancos de Trabajo	Limpios, sin equipos conectados, inflamables destapados o sin etiquetas, con rótulo de trabajo en proceso en caso de tener objetos en el área.	
8	Cajón de Inflamables	Cajones en buen estado, cerrado y productos con las etiquetas correspondientes.	
10	Mueble de repuestos	Ordenado y sin repuestos en el estante superior, estantes debidamente identificados	

Revisión:		Nombre: Fabián Vargas Quirós	
Tipo: 5`S		Fecha Creación:10/01/2025	
Departamento: Taller División 3		Fecha Actualización: 10/01/2025	
Área: General			
# de Ítem	Ítem	Descripción del ítem	Foto del estándar
11	Área del Torno y fresado	Maquinas limpias, sin materiales inflamables y sin brocas o fresas en el chuck (área de fresado).	
14	Pasillo principal	Limpio sin obstrucciones	
15	Área temporal de repuestos	Repuestos identificados, ordenados, sin inflamables, área limpia sin derrames	

Fuente: Elaboración propia.

El propósito del estándar es preservar y constantemente perfeccionar las tres primeras "S" de manera que estas mejoras se arraiguen como prácticas habituales, al tiempo que se

fomenta la responsabilidad del personal y se busca crear un entorno de trabajo seguro y óptimo.

5.1.2.6 Implementación de la etapa Shitsuke (Disciplina)

Esta etapa es de vital importancia puesto que se refiere al compromiso, responsabilidad, disposición y disciplina del personal para realizar las labores 5'S, el supervisor de mantenimiento será el encargado de motivar al personal y lograr obtener los resultados esperados.

Para lograr los resultados esperados se pretender implementar las siguientes actividades que permitan mantener las otras 4 S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu) de manera continua y disciplinada:

Entrenamiento continuo: Capacitar a todo el personal del taller sobre la importancia de las 5S y cómo deben aplicarlas en su trabajo diario.

Encuestas: Realizar encuestas periódicas para recopilar opiniones y comentarios del personal sobre la aplicación de las 5s.

Revisión periódica y seguimiento: Realizar auditorías internas periódicas para asegurar el cumplimiento de las 5S, brindando retroalimentación positiva y correctiva según sea necesario.

La auditoría la realizará el técnico de mejora continua, en donde la ruta en la cual se aplicará la inspección comenzará desde el área de reparación de repuestos y luego se verificará cada una de las áreas del taller de mantenimiento, así como los equipos de trabajo.

La auditoría se realizará el último viernes de cada mes y se utilizará un formato de evaluación. (Ver apéndice #3)

5.2 Diseño de la propuesta para reducir los tiempos de reparación.

5.2.1 Planteamiento de la propuesta

Para abordar los problemas presentes en el análisis de las causas, se propone una estrategia integral con el objetivo de reducir los tiempos de reparación y mejorar la productividad del taller. Esta propuesta se basa en las siguientes acciones clave:

5.2.1.1 Disminución de recorridos.

Mediante el cursograma analítico presentado en la sección 4.6.1, se determinó que una de las principales causas de la baja productividad eran los recorridos excesivos, especialmente aquellos relacionados con el desplazamiento hacia la bodega de repuestos. En esta sección, el objetivo es evaluar los tiempos de recorrido asociados al uso de la nueva bodega, que actualmente se encuentra en desuso, con el fin de estimar el porcentaje de reducción en el tiempo que justifique la implementación de la propuesta. Este cambio permitirá mantener un inventario de materiales de uso frecuente directamente en el taller y almacenar los repuestos reparados de manera más eficiente.

Análisis del Proceso Actual

Según las mediciones realizadas en la sección 4.6.1 se presentan los siguientes datos:

- **Recorridos hacia la bodega:** Actualmente, el técnico debe recorrer aproximadamente **900 metros (ida y vuelta)** para recoger refacciones o entregar los repuestos reparados.
- **Tiempo total de reparación:** Según el análisis realizado un técnico tarda en promedio **4.5 horas** en completar una reparación de un repuesto.
- **Tiempo dedicado a desplazamientos:** Actualmente, el técnico realiza este desplazamiento como mínimo dos veces durante cada reparación, además de esperar aproximadamente 30 minutos para ser atendido por el bodeguero. Como resultado, aproximadamente una hora (el 25% de las 4 horas actuales) se destina exclusivamente a desplazamientos hacia la bodega de repuestos.

Propuesta del Nuevo Layout

Se propone un rediseño que incluye:

- **Reubicación de la bodega:** Aprovechar un área de la nueva bodega, actualmente en desuso, para almacenar los repuestos de uso frecuente y los repuestos reparados, reduciendo el tiempo de desplazamiento.
- **Optimización del flujo de trabajo:** Organizar las estaciones de trabajo de manera que sigan un flujo lógico de reparación, reduciendo movimientos innecesarios.

Cálculo del ahorro de tiempo

El porcentaje de ahorro en tiempo se calcula comparando el tiempo estándar de reparación con las demoras actuales causadas por desplazamientos y otros tiempos improductivos en el proceso.

Para determinar el ahorro estimado en el tiempo de reparación, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Ahorro en tiempo} = \frac{\text{Tiempo actual de reparación} - \text{Tiempo estimado tras el rediseño}}{\text{Tiempo actual de reparación}} \times 100$$

Por lo tanto:

$$= \frac{4hrs - 2,4hrs}{4hrs} = 40\%$$

Por lo tanto, la reducción en el tiempo de reparación sería de aproximadamente un **40%** (esto refleja el ahorro específico por la reducción de desplazamientos y tiempos improductivos).

Este ahorro en tiempo permitirá a los técnicos concentrarse más en la reparación y menos en desplazamientos, optimizando así la utilización de los recursos y reduciendo los costos operativos.

5.2.1.2 Priorización de tareas (tablero Kanban y clasificación ABC)

5.2.1.2.1 Compra de tablero Kanban

Adquirir un tablero de tamaño adecuado que permita visualizar fácilmente las diferentes fases del proceso de reparación (por ejemplo: "Por hacer", "En proceso", "Reparado").

5.2.1.2.2 Clasificación de Repuestos

Clasificar los repuestos y reparaciones en tres categorías (A, B, C) según su costo e impacto en la operación de las maquinas, asignando más recursos y atención a los repuestos de alta prioridad (A). De esta forma, se asegura que las reparaciones más críticas se aborden de manera inmediata.

Debido a que en el taller solo trabajan un técnico y un auxiliar de mantenimiento, resulta difícil lograr que ambos reparen el 100% de los repuestos. Por esta razón, es fundamental centrarse en aquellos de alta prioridad.

5.2.1.3 Implementación de Check Lists y Registros Estandarizados

Desarrollar e implementar un check list detallado con el fin de utilizarlo en las reparaciones, este control permitirá documentar el proceso de cada reparación, lo cual mejorará la comunicación interna y permitirá hacer seguimiento de las actividades realizadas, asegurando que no se omita ningún paso crucial.

5.2.1.4 Definición de roles y responsabilidades.

- Se establecerán roles claramente definidos dentro del equipo de mantenimiento, de acuerdo con las habilidades y conocimientos de cada miembro.
- Se asignarán tareas específicas para cada rol, minimizando las ambigüedades y asegurando que cada miembro del equipo conozca sus responsabilidades exactas.
- Se incluirá un proceso de revisión periódica de estos roles para adaptarlos a las necesidades del taller y a las capacidades del personal.

5.2.1.5 Monitoreo de Indicadores de gestión de proceso.

Con el fin de poder mejorar el control del proceso se propone establecer indicadores clave de gestión (KPIs). A continuación, se detallan algunos KPIs que podrían implementarse para controlar el proceso y monitorear la productividad:

- Indicador de productividad.
- Indicador de tiempo de ciclo.
- Indicador de puntuación de auditoría 5'S.

5.2.2 Evaluación económica de la propuesta

5.2.2.1 Inversión de la propuesta

Este análisis consiste en recopilar la información de carácter económico y financiero referente al taller de reparaciones de repuestos usados, para determinar la viabilidad económica, controlar y analizar que la propuesta de mejora cumpla con las condiciones rentabilidad largo plazo.

Actualmente solo requiere de una inversión mínima la cual está destinada a la compra del tablero Kanban y las horas invertidas para capacitar al personal sobre el nuevo método de trabajo y la importancia de completar correctamente los registros correspondientes en la gestión del taller, por lo tanto, el costo general es de **₡ 437 500,00** realizada una única vez. A continuación, se presenta el despliegue del presupuesto:

Tabla 30: Presupuesto inicial.

Descripción	Costo
Compra de tablero Kanban	₡ 250 000,00
Capacitación al personal	₡ 187 500,00
Inversión total	₡ 437 500,00

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2 Beneficios esperados

5.2.2.2.1 Reducción de tiempos de reparación

Tiempo Promedio de Reparación Actual

Actualmente, el tiempo promedio para reparar un repuesto es de **4 horas**.

Meta de Reducción de Tiempos

La propuesta busca reducir este tiempo en un **50%**, lo que implicaría que el nuevo tiempo promedio de reparación sería de **2 horas** por repuesto. Por lo tanto, se confirma que la meta es alcanzable y se logra, al describir las acciones específicas y las mejoras del proceso que se implementarán. Las acciones detalladas en la sección 5.2.1, como la reorganización del taller, rediseño del layout, la implementación de técnicas de priorización de tareas, asignación de roles en el proceso, están diseñadas para lograr la optimización del tiempo en cada fase de la reparación, permitiendo duplicar la producción y reducir los tiempos actuales de manera significativa.

Impacto en la Productividad

Si el taller actualmente reparara **13 repuestos por semana**, con un tiempo de reparación de **4 horas** cada uno, el total de horas trabajadas a la semana sería:

$$13 \text{ repuestos} * 4 \text{ horas} = 52 \text{ horas/semana}$$

Con la reducción de tiempo (de 4 horas a 2 horas), el total de horas trabajadas para los mismos **13 repuestos** sería:

$$\mathbf{13 \text{ repuestos} * 2 \text{ horas} = 26 \text{ horas/semana}}$$

Aumento en la Productividad

La reducción de tiempo implicaría un **50%** de mejora en la productividad, lo que permitiría realizar 13 reparaciones adicionales por semana, sin necesidad de añadir más personal. Esto se traduce en 26 reparaciones por semana en lugar de las 13 actuales.

5.2.2.2 Impacto en costos operativos

En la siguiente tabla se presenta un análisis comparativo entre el costo de reparación de un repuesto usado y la compra de uno nuevo, correlacionado con la frecuencia semanal de ingreso al taller. El objetivo es determinar las ganancias potenciales que la empresa podría obtener al optimizar este proceso.

Tabla 31: Análisis de índice de rentabilidad.

Repuesto reparable	Frecuencia semanal de ingreso de repuestos	Costo Total de reparación	Costo Repuesto nuevo	Ahorro por reparación
Válvulas de control de flujo de gas y vapor Rocky	6	¢1 356 600,00	¢6 900 000,00	¢5 543 400,00
Pistones hidráulicos	7	¢1 239 000,00	¢5 950 000,00	¢4 711 000,00
Válvulas mecánicas de 1/4, 3/8 y 1/2.	10	¢1 411 000,00	¢3 500 000,00	¢2 089 000,00
Pistones de segmentado kobelco.	2	¢298 000,00	¢2 700 000,00	¢2 402 000,00
Cabezas de Posinflado.	4	¢309 600,00	¢2 000 000,00	¢1 690 400,00
Pistones de segmentado HYD.	2	¢758 000,00	¢1 800 000,00	¢1 042 000,00
Seguros de las prensas (clamps).	4	¢461 200,00	¢1 100 000,00	¢638 800,00
Reductor brazo cargador.	2	¢260 600,00	¢600 000,00	¢339 400,00
Diafragmas de válvulas.	6	¢129 600,00	¢300 000,00	¢170 400,00
Total	43	¢6 223 600,00	¢24 850 000,00	¢18 626 400,00
Índice de rentabilidad				75%

Fuente: Elaboración propia

Mediante el análisis del índice de rentabilidad, se determina que reparar un repuesto en lugar de reemplazarlo por uno nuevo genera un ahorro promedio del **75%**. Este cálculo toma en cuenta los costos asociados a la mano de obra y los materiales necesarios para llevar a cabo la reparación. El análisis se realizó utilizando los datos de todos los repuestos que actualmente ingresan al taller para su reparación.

Además, si todos estos repuestos pudieran ser reparados, la empresa lograría un ahorro semanal de **¢18.626.400**.

- **En términos financieros**, la reparación suele ser una opción más asequible y rentable a corto plazo.
- **Desde una perspectiva operativa**, la reparación puede ofrecer una solución rápida para minimizar tiempos de inactividad y seguir operando con repuestos que aún tienen vida útil.
- **En términos medioambientales**, la reparación es una opción más sostenible que contribuye a reducir la cantidad de desechos industriales.

5.2.2.2.3 Disminución de horas extras

De acuerdo con lo indicado en la sección 4.5.1, actualmente, solo se está reparando el 30% (13) de los repuestos que ingresan al taller semanalmente, lo que ha generado la necesidad de incurrir en horas extras semanales por un monto de ¢394,200.00 colones. Se ha identificado que, en muchos casos, se reparan repuestos que no son críticos para el departamento, los cuales incluso permanecen meses en el taller sin ser utilizados.

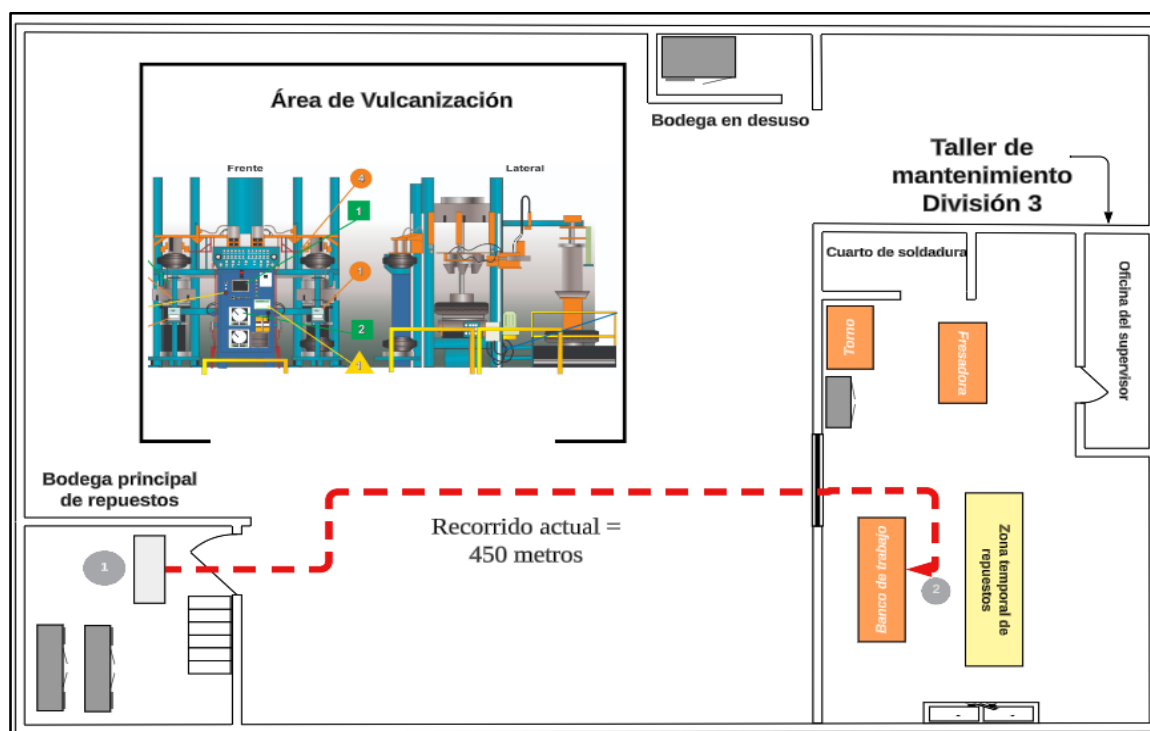
Con la implementación de un sistema Kanban y un adecuado seguimiento en la asignación de tareas, será posible, con el personal actual, centrar los esfuerzos en la reparación de los repuestos de mayor criticidad y rotación de inventarios dentro de las tareas de mantenimiento. Esto garantizará que los repuestos reparados estén listos para su uso inmediato, evitando demoras adicionales.

5.2.3 Implementación de la propuesta.

5.2.3.1 Análisis del layout actual del taller.

A continuación, se presenta el layout actual del taller de reparaciones en cual se demuestra de manera visual las diferentes áreas que tienen relación con el proceso en estudio.

Ilustración 40: Layout actual del taller de reparaciones.



Fuente: Elaboración propia.

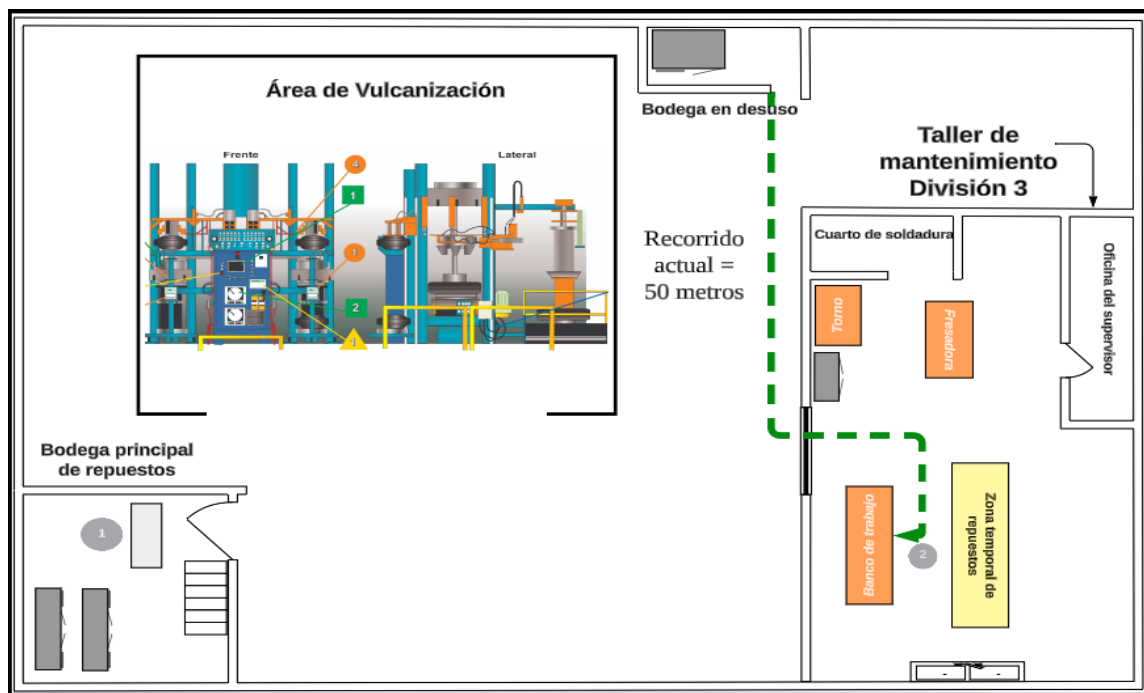
Actualmente, el personal técnico encargado de las reparaciones debe recorrer largos trayectos para solicitar refacciones, materiales o para entregar los repuestos reparados en la bodega principal, la cual está ubicada a una considerable distancia del taller. Este desplazamiento puede durar entre 15 y 20 minutos, lo que genera demoras significativas en las actividades de reparación. A este tiempo de desplazamiento se le suma una demora adicional de aproximadamente 30 minutos, correspondiente al tiempo de atención por parte del bodeguero, debido a que normalmente se debe hacer fila para ser atendido.

La planta está en proceso de ampliación, lo que resultó en la reubicación de la bodega principal, aumentando la distancia respecto al taller y obligando a los trabajadores a recorrer trayectos largos para solicitar lo necesario o entregar los repuestos reparados para su almacenamiento. Con la distribución actual del área, el técnico recorre un total de **900 metros (ida y vuelta)** cada vez que se dirige a la bodega, lo cual sucede al menos una vez durante cada ciclo de reparación.

Si se logra la aprobación para utilizar la bodega que se propone implementar, la distancia de recorrido se reduciría a solo **100 metros** en total. Esta mejora no solo acortaría el tiempo de desplazamiento, sino que también evitaría la espera del técnico para ser

atendido por el bodeguero durante la recepción o entrega de repuestos y materiales. La nueva bodega se destinaría principalmente al almacenamiento de repuestos de uso frecuente en el proceso de reparaciones, y se implementaría un inventario de materiales y refacciones que se utilizan de manera constante en las reparaciones de los repuestos usados. A continuación, se presenta el layout propuesto, en el cual se demuestra claramente la reducción en la distancia de recorrido:

Ilustración 41: Propuesta de Layout del taller.



Fuente: Elaboración propia

5.2.3.2 Estandarización de roles/responsabilidades

Con el fin de lograr la estandarización del proceso de reparaciones, se debe optimizar cada una de las actividades y asignar responsables a cada una de las tareas para lograr unificar el proceso. En este sentido las actividades van a ser asignadas de la siguiente manera:

Tabla 32: Asignación de tareas

Supervisor de mantenimiento	- Asignación de prioridades según inventario y necesidad del departamento.
Técnico Mantenimiento Correctivo	- Evaluación del repuesto que se retiró de la máquina.

Técnico especialista del Taller de reparaciones	- Desarmar, evaluar componentes, reparación, ensamble del repuesto y pruebas de calidad.
Auxiliar de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza y pintura de partes, solicitar refacciones y materiales. - Almacenamiento, orden y limpieza de los repuestos que son reparados. - También debe apoyar en las reparaciones de los repuestos, según la necesidad del técnico.

Fuente: Elaboración propia

Llegada del repuesto al taller

La mayoría de los repuestos que ingresan al taller son entregados por los técnicos de mantenimiento correctivo. Al recibir estos repuestos, será necesario completar una ficha de evaluación que incluirá información relevante sobre cada uno, la cual será analizada posteriormente para clasificarlos de acuerdo con las necesidades del taller. El check list de evaluación será llenado por el técnico que realizó el reemplazo del repuesto, quien luego lo dejará en la zona de almacenamiento temporal. Esta ficha contendrá detalles técnicos sobre el mantenimiento requerido por el repuesto, así como su procedencia y el motivo del reemplazo. (Ver apéndice #4).

Priorización de trabajo

Se propone que el supervisor de mantenimiento asuma la responsabilidad de asignar las tareas diarias. Esta asignación se basará en la información contenida en las boletas de evaluación que acompañan a los repuestos al ingresar al taller, así como en la revisión del inventario de repuestos en bodega.

Durante este proceso, se establecerá un sistema de priorización de reparaciones, fundamentado en la urgencia y la demanda de los repuestos, evitando que los mismos permanezcan sin ser reparados durante varios días. Este sistema de priorización será gestionado visualmente mediante la herramienta Kanban, la cual indicará de manera clara y directa qué trabajo debe realizarse a continuación, asegurando que los técnicos permanezcan ocupados y no tengan que esperar que otros completen sus tareas antes de iniciar las suyas.

Ilustración 42: Tablero kanban de pared



Fuente: (Pizarrones de Producción e Indicadores, s. f.)

La priorización de trabajos de reparación se realizará mediante la clasificación de tres categorías (A, B y C) según su importancia, urgencia e impacto económico. La idea es priorizar los trabajos de reparación de manera eficiente, asegurando que se aborden primero los más críticos y de mayor costo.

Tabla 33: Clasificación ABC de los repuestos

Repuesto	Clasificación
Válvulas de control de flujo de gas y vapor Rocky Pistones hidráulicos Válvulas mecánicas de 1/4, 3/8 y 1/2. Pistones de segmentado kobelco.	A
Cabezas de Posinflado. Pistones de segmentado HYD.	B
Seguros de las prensas (clamps). Reductor brazo cargador. Diafragmas de válvulas.	C

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

Los repuestos de **categoría A**, son aquellos que tienen un impacto significativo en la producción, poseen un alto volumen de consumo y tienen un alto impacto en el costo del departamento, en esta clasificación estarán las válvulas de control de flujo de gas y vapor, los pistones hidráulicos, las válvulas mecánicas y los pistones de segmentado Kobelco.

Los repuestos de **categoría B**, estos repuestos son importantes sin embargo no presentan tanta urgencia como los de categoría A, el impacto económico es notable pero no tan significativo como los de categoría A. Además, estos repuestos pueden esperar horas o incluso días sin ser reparados que no van a afectar la productividad del departamento de vulcanizado.

Los repuestos de **categoría C**, estos representan un costo bajo asociado, ingresan con menor frecuencia al taller y no presenta urgencia para el departamento.

Reparación del repuesto

Esta etapa estará a cargo del técnico especialista en reparaciones y del auxiliar en mantenimiento, a los cuales se les asignarán las tareas específicas para que no realicen las mismas tareas de manera simultánea y haya desperdicio de recursos. El objetivo principal es evitar que el técnico tenga que salir del taller de reparaciones y que se interrumpa el proceso, entonces la función del auxiliar consiste en realizar las tareas que correspondan al abastecimiento necesario de materiales o piezas que se necesiten para las reparaciones, además de tareas de pintura y lavado de piezas que consuman tiempo y que se puedan ir haciendo en paralelo con la reparación de los componentes.

Pruebas de calidad de la reparación.

Con esta implementación, es crucial que el técnico especialista realice las pruebas de calidad para garantizar que el repuesto haya sido reparado correctamente y que su rendimiento y durabilidad en la máquina estén asegurados. Durante estas pruebas, se verificará el correcto funcionamiento de los ejes de las válvulas y el adecuado sellado de los retenedores instalados. Además, para mantener un historial detallado de las reparaciones y un control de los tiempos, el técnico deberá completar un registro con los datos específicos del trabajo realizado. (Ver apéndice #3).

Pintura y acabado del repuesto

Esta actividad será realizada únicamente por el auxiliar de mantenimiento, en cual estará a cargo de limpiar nuevamente para remover la grasa y aplicar pintura al repuesto con el fin de darle una buena presentación al repuesto, una vez secado el repuesto, se le coloca una etiqueta para identificar que es un repuesto reparado y se procede a almacenarlo. En esta etapa es importante mencionar que ya no está involucrado el técnico de reparaciones, por lo tanto, este tuvo que haber iniciado con la reparación de otro repuesto, evitando demoras por desplazamientos. En la siguiente ilustración se demuestra cómo es la finalización de esta etapa y el estado en que los repuestos son almacenados.

Ilustración 43: Reparación de pistón hidráulico



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 44: Válvulas y pistones reparados

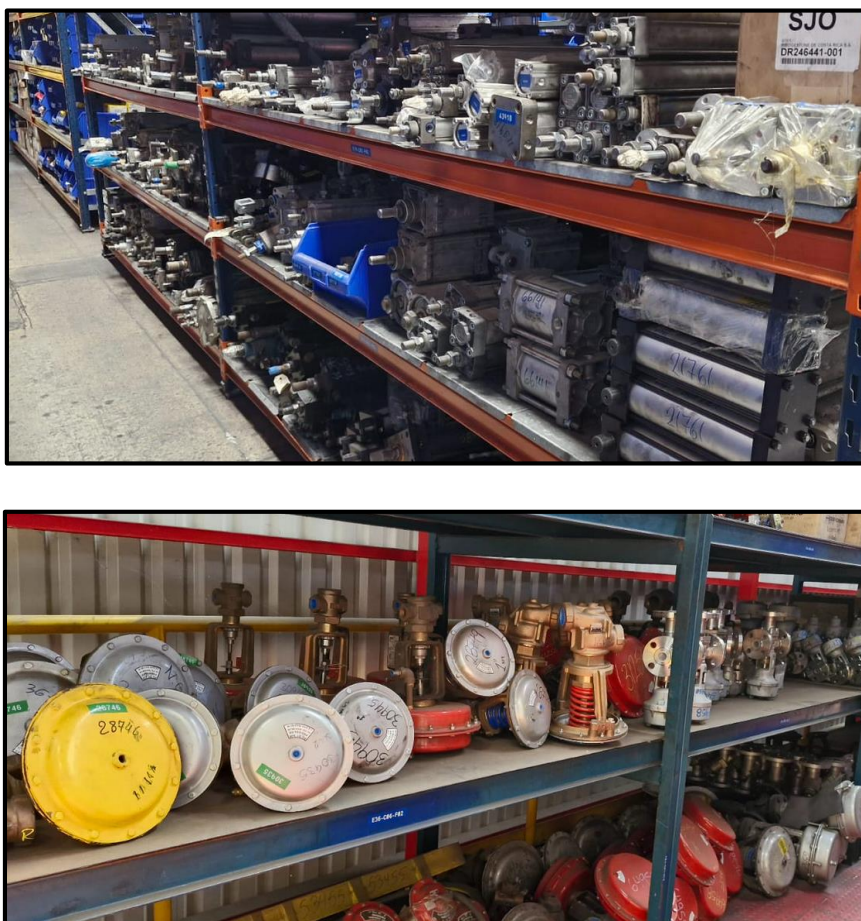


Fuente: Elaboración propia

Almacenamiento del repuesto

La tarea de almacenamiento anteriormente se realizaba cada vez que se finalizaba una reparación, lo que ocasionaba que el técnico tuviera que desplazarse hasta 4 veces a la bodega principal provocando interrupciones en el flujo de trabajo y demoras importantes. Actualmente con esta propuesta, las tareas de almacenamiento son realizadas por el auxiliar y se traslada una sola vez al finalizar el turno, esto porque la cantidad de repuestos es poca y es posible realizar un solo desplazamiento utilizando una carretilla para transportar materiales. Mediante la implementación realizada de las 5`s se logra realizar la correcta disposición de los repuestos en estantes diseñados para almacenamiento de objetos pesados, además estos espacios son identificados con el código correspondiente para que los repuestos estén segregados según corresponde al código asignado.

Ilustración 45: Bodega de almacenamiento de repuestos usados



Fuente: Bridgestone C.R

Capacitación al personal

Se realizó una capacitación con todo el personal de mantenimiento de División 3 con el fin de establecer los procedimientos claros y uniformes.

Con el fin de definir los nuevos estándares, se establecen las normas y procedimientos estandarizados, en donde incluye la descripción detallada de los flujos de trabajo, roles y responsabilidades, herramientas y recursos necesarios, y la frecuencia con la que se deben realizar las tareas. Es fundamental que estos procedimientos estén alineados con los objetivos de la organización y sean claros para todos los empleados.

Además, se comparte con el personal las plantillas o formularios que los empleados utilizarán para ejecutar las tareas.

Esta capacitación será realizada por el Jefe de área en tiempo laboral, se incluye al personal técnico, al supervisor y al técnico de mejora continua, el cual se encargará del monitoreo y seguimiento proyecto.

5.2.3.3 Estudio de tiempos después de la implementación

Para lograr determinar la cantidad de muestras necesarias, se tomó el tiempo a 8 reparaciones de repuestos del mismo tipo con el fin de obtener la información necesaria para determinar la desviación estándar del estudio de tiempos.

Tabla 34: *Calculo de la desviacion estandar.*

Muestras	Tiempos	Diferencias al cuadrado
1	2,2	0,01
2	2	0,09
3	2,2	0,01
4	2,4	0,01
5	2,6	0,09
6	2,5	0,04
7	2,8	0,25
8	2,2	0,01
Media	\bar{x}	2,3 horas
Varianza	$S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$	0,0729 horas
Desv. Estandar.	$\sqrt{S^2}$	0,270 horas

Fuente: *Elaboración propia.*

La desviación estándar de los tiempos es aproximadamente **0.270 horas**, o **16.2 minutos**. Esto indica que los tiempos de reparación varían en promedio alrededor de 16.2 minutos respecto al tiempo promedio de 2.3 horas.

A continuación, se presentan los datos que se va a utilizar para realizar el estudio de tiempos después de la implementación de las mejoras:

- σ = desviación estándar de 0,270 horas.
- Z = nivel de confianza del 95%
- E = margen de error permitido 0.15 horas
- n = tamaño de la población igual a 12

Para obtener el resultado de las muestras necesarias en el estudio de tiempo, se realizó el cálculo de la siguiente formula:

$$n = \left(\frac{Z \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

$$n = \frac{(1,96 * 0,270hrs)^2}{0,15hrs^2} = 12,4$$

Por lo tanto, el número de muestras necesarias sería **12 muestras** y garantiza que el estudio de tiempos realizado tenga una estimación precisa del tiempo de reparación con un 95% de confianza y un margen de error de 0.15 horas.

Resultados de medición de tiempos

A continuación, se presentan las muestras utilizadas para el estudio, las cuales corresponden a 12 repuestos reparados durante el mes de enero del 2025 en el taller de reparaciones.

Según los datos de la tabla anterior se puede concluir que el tiempo promedio actual de reparación por repuesto es de 4 horas y 50 minutos aproximadamente.

Tabla 35: Toma de tiempos después de la implementación de mejora.

Observación	Tiempo después (hrs)
1	2,2
2	2,4
3	2,1
4	2,3
5	1,9
6	2,7
7	2,9
8	2,8
9	2,4
10	2,3
11	1,9
12	2,5
Tiempo promedio	2,5

Fuente: Elaboración propia

Según los datos de la tabla anterior se puede concluir que el tiempo promedio actual de reparación por repuesto es de 2 horas y 30 minutos aproximadamente.

Interpretación de los datos

Tabla 36: Tiempo anterior vrs tiempo actual

Tiempo Promedio Anterior: 4 horas y 30 minutos

Tiempo Promedio Actual: 2 horas y 30 minutos

Fuente: Elaboración propia

Reducción en el Tiempo de Reparación:

La diferencia en los tiempos de reparación es:

- $4,5 \text{ horas} - 2,5 \text{ horas} = 2 \text{ horas}$











Como resultado de las mejoras implementadas, se ha determinado que el tiempo de reparación de repuestos ha disminuido un 50% en comparación con el tiempo promedio anterior de 4.3 horas. Esto representa una mejora significativa en la eficiencia del proceso, lo que se traduce en una mayor productividad del taller y la posibilidad de reparar más repuestos con el mismo recurso humano.

5.2.3.4 Resultados de la implementación.

En esta sección se presenta el análisis de los resultados obtenidos tras la implementación de las mejoras propuestas en el proceso de reparación de repuestos usados. A través del cursograma analítico y el estudio de tiempos, se compararon los tiempos registrados antes y después de las mejoras, con el objetivo de evaluar si los cambios implementados han logrado reducir los tiempos de reparación y mejorar la productividad general del proceso.

Es importante destacar que, para obtener los tiempos por actividad en el proceso, se empleó la técnica de **observación directa** y **cronometraje** de cada operación. Esta metodología permitió realizar un desglose detallado de las distintas tareas involucradas en el proceso de reparación de los repuestos usados.

Ilustración 46: Cursograma analítico propuesto.

Proceso: Reparación de repuestos usados		RESUMEN			Act.	Pro.	Econ.			
Fecha: Método: Actual: ____ Propuesto: X ____ Repuesto: Pistones hidráulicos. Nombre del operario: Juan Salazar Elaborado por: Fabián Vargas Quirós		SÍMBOLO	ACTIVIDAD							
			Operación	6	5	-17%				
			Transporte	5	1	-80%				
			Inspección	2	1	-50%				
			Espera	1	0	100%				
			Almacenaje	1	0	100%				
		Total de Actividades realizadas		15	7	-53%				
Distancia total en metros		1 823	3	-100%						
Tiempo min/hombre		4	2	-46%						
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Inspección y evaluación del repuesto.	1		300,0						
2	Mover el repuesto al banco de trabajo.	1	3,0	10,0						
3	Se desarma el repuesto para evaluar su estado.	1		1500,0						
4	Evaluación de los componentes.	1		480,0						
5	Reparación y ensamble del repuesto.	1		4200,0						
6	Pruebas de funcionamiento.	1		900,0						
7	Se realiza el registro con el análisis de la reparación	1		180,0						
Tiempo Minutos: 2,1		m	3,0	7 570,0	s					

Observaciones: Con este diseño de implementación las tareas de apoyo como pintura, acabado, limpieza de partes y almacenamiento de repuestos fueron asignadas al auxiliar de mantenimiento, por lo tanto el flujo de trabajo no se vera interrumpido. Además es importante mencionar que con la mejora se obtendrá un ahorro del 100% destinado a actividades de espera y almacenaje.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el nuevo cursograma analítico de actividades, el tiempo de reparación se ha reducido en 2 horas en comparación con la situación inicial.

5.2.3.5 Diseño de indicadores para controlar el proceso

La implementación de los indicadores para el control del proceso se llevará a cabo de la siguiente manera:

5.2.3.5.1 Definición de los indicadores de control

Indicador de productividad

La primera clasificación que se realizará de los indicadores clave de rendimiento será en base a la gestión de la mano de obra en el taller.

INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD

Horas productivas / horas disponibles x 100

El índice de productividad en el taller, idealmente, debería oscilar entre el 85% y el 90%. Ver ficha técnica en **apéndice #5**.

Indicador de Tiempo de ciclo de reparación

Permite evaluar la eficiencia del proceso de reparación e identificar cuellos de botella o áreas de mejora.

$$\text{Tiempo Promedio de Reparación} = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación de todos los repuestos}}{\text{Número total de repuestos reparados}}$$

Para calcularlo, se suma todos los tiempos utilizados para reparar los repuestos, desde el momento en que se recibe el repuesto hasta que se completa la reparación y está listo para ser entregado o reutilizado, dividiéndolo por el número de reparaciones por día. Ver ficha técnica en **apéndice #6**.

Indicador de puntuación de auditoría 5S

Para evaluar la implementación de la herramienta 5S, se llevarán a cabo auditorías periódicas en las áreas de trabajo, asignando una puntuación basada en el nivel de cumplimiento de cada una de las cinco etapas de la metodología. A través del estándar operativo implementado y el formulario de auditoría, se pretende realizar un seguimiento continuo del proceso a largo plazo. Esto permitirá comparar el desempeño de las distintas áreas del taller y identificar oportunidades de mejora. Ver formato de auditoría 5S y ficha técnica del indicador en **apéndices #3 y #7** respectivamente.

5.2.3.5.2 Asignación de responsabilidades

Para el seguimiento de estos KPIs, se asignarán roles y responsabilidades específicas:

Supervisor de Mantenimiento: Será el encargado de la supervisión general de los indicadores, asegurándose de que el técnico y auxiliar cumplan con los plazos establecidos y gestionen las tareas adecuadamente.

Técnico Especialista en Reparaciones: Responsable de registrar los tiempos de reparación y asegurarse de que las reparaciones se realicen según los procedimientos establecidos.

5.2.3.5.3 Herramienta de seguimiento y registro

Para el control de los indicadores se utilizaron herramientas como:

Tablero Kanban: Se utilizará para gestionar la priorización de tareas de manera visual. Cada tarea de reparación se asignará a una tarjeta que indicará el estado, la prioridad y el tiempo estimado de ejecución.

Check lists de Reparación: Para estandarizar las tareas y garantizar que no se omitan pasos críticos durante la reparación de los repuestos.

Formatos de Registro: Los técnicos completarán formularios para registrar el tiempo de inicio y finalización de cada reparación. Además, estos registros incluirán detalles del repuesto y las actividades realizadas.

5.3 Análisis económico del proyecto.

Con el fin de evaluar la relación entre la inversión requerida para la puesta en marcha de la implementación de las mejoras y los beneficios económicos de las mismas, se procede a realizar el análisis económico del proyecto

5.3.1 Inversión Inicial

Con respecto a la inversión, y acorde con la implementación de las mejoras, el análisis comprende los siguientes rubros:

- 1) Implementación de la metodología 5's, esta etapa requirió una inversión inicial de **₪807 200,00** en donde se incluye el recurso humano y materiales para realizar toda la limpieza, clasificación y disposición de materiales que se encuentran en el taller. Se realiza un acuerdo con el jefe de área para realizarlo los fines de semana, en donde el tránsito de personas es menor.
- 2) Estandarización de actividades y flujo de trabajo, se contempla como inversión únicamente las horas en el que el personal va a recibir la capacitación que es por un monto de **₪185 700,00** y se realizó en grupos de siete personas para no afectar el proceso productivo.
- 3) Priorización de tareas, para esta mejora se realizó la compra de un tablero Kanban que tuvo un costo de **₪250 000,00**, el cual fue instalado por el personal de mantenimiento.
- 4) El diseño de los formatos, check list y asignación de roles y responsabilidades no necesitaron inversión, ya que fueron producto de la implementación de este proyecto por parte del estudiante.

Acorde con los puntos mencionados, la inversión requerida asciende a **₪ 1 242 900,00**.

En la Tabla 35 se resume el desglose de la inversión requerida.

Tabla 37: *Inversión del proyecto*

Detalle de mejora	Inversión	Frecuencia
Implementación 5's	₪ 807 200,00	Única vez
Estandarización del proceso	₪ 185 700,00	Única vez
Priorización de las tareas	₪ 250 000,00	Única vez
Reorganización del flujo de trabajo	₪ -	N/A
Inversión	₪ 1 242 900,00	

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Beneficios económicos

Con la implementación de este proyecto se logró reducir el promedio del tiempo estándar de las reparaciones de **4,50 horas a 2,50 horas** por repuesto, esto permitió aumentar la productividad de un 30% a un 60% de las reparaciones que llegaban al taller, entonces en este panorama el taller tiene la capacidad operativa para poder reparar los repuestos que son críticos para el área de Vulcanización y los repuestos clasificación B y C poder gestionarlos mediante tiempos extras si fuese necesario.

Es importante mencionar que solo completando las reparaciones de los repuestos críticos tipo A, la empresa se está ahorrando **₡14 745 400,00** semanalmente. Esta reducción del tiempo se logra mediante la estandarización del proceso y asignación de la nueva bodega de repuestos, la cual permite disminuir significativamente el desplazamiento de los técnicos y además elimina las demoras ocasionadas por la fila y la atención del encargado de la bodega principal.

En la siguiente tabla se presenta el análisis del flujo de efectivo que se realiza en los siguientes 6 meses en cuanto a la viabilidad del proyecto que se está desarrollando.

Además muestra los costos analizados y el beneficio el cual se obtuvo al implementar el proyecto, por cada colon invertido hay un retorno de la inversión (ROI) del 173%; tenemos una TIR del 195% la cual está por encima de la TMAR que se estimó para el proyecto en un 8 % y el retorno de la inversión es de 6 semanas aproximadamente, lo que nos representa una viabilidad del proyecto en el taller de reparaciones, por la cual se ha tomado la decisión de continuar con el seguimiento del proyecto para mantenerlo funcionando a largo plazo y buscar las oportunidades de mejora continua.

Tabla 38: Análisis económico

	0	1	2	3	4	5	6
Beneficios (Ingresos)							
Ahorro por reparaciones clasificación A		₡ 14 745 400,00	₡ 14 745 400,00	₡ 14 745 400,00	₡ 14 745 400,00	₡ 14 745 400,00	₡ 14 745 400,00
Ahorro por pago de extras		₡ 394 200,00	₡ 394 200,00	₡ 394 200,00	₡ 394 200,00	₡ 394 200,00	₡ 394 200,00
Total, Ingresos	₡ -	₡ 15 139 600,00	₡ 15 139 600,00	₡ 15 139 600,00	₡ 15 139 600,00	₡ 15 139 600,00	₡ 15 139 600,00
Gastos							
Implementación 5's							
Inversión única	₡ 807 200,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Costo Reparación Repuestos clasificación A	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00
Compra tablero Kanban	₡ 250 000,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Capacitación al personal	₡ 187 500,00	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Total gastos	₡ 5 549 300,00	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00	₡ 4 304 600,00
Flujo de caja económico	-₡ 5 549 300,00	₡ 10 835 000,00	₡ 10 835 000,00	₡ 10 835 000,00	₡ 10 835 000,00	₡ 10 835 000,00	₡ 10 835 000,00
Saldo actualizado (8%)	-₡ 5 549 300,00	₡ 10 032 407,41	₡ 9 289 266,12	₡ 8 601 172,33	₡ 7 964 048,46	₡ 7 374 118,94	₡ 6 827 887,91
Saldo actualizado acumulado	-₡ 5 549 300,00	₡ 4 483 107,41	₡ 13 772 373,53	₡ 22 373 545,86	₡ 30 337 594,31	₡ 37 711 713,25	₡ 44 539 601,16
TMAR=	8%						
VAN=	₡44 539 601,16						
TIR=	195%						
ROI=	173%						

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. Con la implementación de las 5's en el área de reparación, se logró mejorar la disposición y accesibilidad de los repuestos, lo que facilitó el trabajo diario
2. La implementación de la metodología Kanban y la reorganización de los espacios de trabajo en el taller ha permitido reducir el tiempo promedio de reparación de repuestos en un 50%, pasando de 4.5 horas a 2.5 horas por repuesto.
3. Mediante el Diagrama Pareto y clasificación ABC, se determinaron los repuestos críticos con el fin de asignarles recurso y prioridad de reparación.
4. Se concluye que con las mejoras implementadas es posible reparar el 60% de los repuestos que ingresan al taller, por lo tanto, para no incurrir en pago de horas extras es vital la priorización de trabajos.
5. De acuerdo con el cursograma analítico se determinó el exceso de recorrido que realizaban los técnicos, se realizó la solicitud para utilizar la nueva bodega de repuestos, esto redujo la demora de 30 minutos en bodega y la distancia de 900 metros a 100 metros para almacenar los repuestos.
6. La evaluación financiera determinó que el proyecto de implementación es viable, se determinó un VAN de **¢44 539 601,16** lo que quiere decir que se generará esa ganancia sobre la inversión inicial en un periodo de 6 meses reparando solo los repuestos críticos de **clasificación A**.

6.2 Recomendaciones

1. Se recomienda capacitar al auxiliar de mantenimiento, esto para que pueda brindar apoyo a las reparaciones que se realizan en el taller y así tener a 2 especialistas en reparaciones.
2. Se recomienda realizar un estudio técnico sobre las diferentes causas que provocan el deterioro de los repuestos a corto plazo, con el fin de lograr reducir la cantidad que ingresa al taller.
3. Evaluar y ajustar los tiempos de reparación a medida que se sigan implementando nuevas mejoras. Se recomienda que el equipo de trabajo se enfoque en reducir aún más los tiempos de inactividad durante la reparación mediante la mejora continua de los flujos de trabajo.

4. Se sugiere designar a un responsable que supervise la implementación del plan de mejora. Esta persona será encargada de liderar las reuniones, asegurar el cumplimiento de los objetivos establecidos para cada estrategia y velar por la correcta ejecución del plan en su conjunto.
5. Aunque se han realizado mejoras en la organización del espacio de trabajo, es fundamental seguir promoviendo una cultura de orden y seguridad. Se recomienda que las 5'S continúen siendo implementadas y reforzadas regularmente para mantener un entorno de trabajo seguro y libre de riesgos.

CAPÍTULO 7 : BIBLIOGRAFÍA

- Aiteco Consultores S.L.* (2019). Obtenido de <https://www.aiteco.com>
- Baca, G. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. México : Grupo Editorial Patria, S.A. DE C.V.
- Aldavert, J., Vidal, E., J, J. L., & Aldavert, X. (2016). *5S Para la mejora continua*. Cims.
- Análisis ABC para control del inventario*. (s. f.). Recuperado 13 de febrero de 2025, de <https://www.fractal.com/es/mantenipedia/que-es-el-analisis-abc-del-inventario>
- Análisis causa raíz: Qué es, cómo hacerlo y ejemplo | Miro*. (s. f.). <https://miro.com/>. Recuperado 31 de diciembre de 2024, de <https://miro.com/es/analisis-causa-raiz/que-es-analisis-causa-raiz/>
- Ángel, M. M. (2010). *LA GESTIÓN POR PROCESOS: UN ENFOQUE DE GESTIÓN EFICIENTE*.
- Berganzo, J. (2023, junio 23). *Las «5 eses» para ser más productivo*. Sistemas OEE - Technology to Improve. <https://www.sistemasoe.com/implantar-5s/>
- Cabrera, R. (2017, septiembre 5). Mapeo de Procesos: SIPOC. *Herramientas Lean*. <https://www.herramientaslean.com/mapeo-de-procesos-sipoc/>
- Cabrera, R. (2021, abril 26). Diagrama de Pareto ejemplo. *Herramientas Lean*. <https://www.herramientaslean.com/diagrama-pareto/>
- Díaz, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167.
- Estudio de Tiempos y Movimientos. (2018, diciembre 17). *Ingeniia*. <https://ingeniia.com/newsletter-estudiodetiemposymovimientos/>

- Estudio financiero: En qué consiste y cómo llevarlo a cabo.* (2021, abril 23). OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/estudio-financiero-en-que-consiste-y-como-llevarlo-cabo>
- Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: Un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2), 263-277. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052014000200012>
- Formato Plan de Control | PDF | Informática | Science.* (s. f.). Scribd. Recuperado 31 de diciembre de 2024, de <https://es.scribd.com/document/186767441/Formato-Plan-de-Control>
- Giani, C. (2024, febrero 19). Diagrama de Ishikawa—Qué es, para qué sirve y ejemplos. <https://concepto.de/>. <https://concepto.de/diagrama-de-ishikawa/>
- González, A. (2017, febrero 7). 1.6 Herramientas para la solución de problemas. *Alfonso González Rivas*. <https://alfonsogori.wordpress.com/2017/02/07/1-6herramientas-para-la-solucion-de-problemas/>
- Herrera, J. L. (2012). *Productividad*. Palibrio.
- Laoyan, S. (2024, febrero 10). *Todo lo que necesitas saber sobre Six Sigma [2024]* • Asana. Asana. <https://asana.com/es/resources/six-sigma>
- López, B. S. (2019a, junio 20). Diagrama del proceso del recorrido » Ingeniería Industrial Online. *Ingeniería Industrial Online*. <https://ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-del-proceso-del-recorrido/>
- López, B. S. (2019b, junio 20). Diagrama del proceso del recorrido » Ingeniería Industrial Online. *Ingeniería Industrial Online*. <https://ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-del-proceso-del-recorrido/>

- Lopez, C. (2019, mayo 2). *Cálculo manual del VAN*.
<https://www.cesarcastillolopez.com/2019/05/calculo-manual-del-van.html>
- Mairene, R. (2022, julio 18). *4 Pasos para Realizar un Diagrama de Flujo del cálculo del Área de un Triángulo—Web y Empresas*. Acerca de Web y Empresas.
<https://www.webyempresas.com/diagrama-de-flujo-del-area-de-un-triangulo/>
- Martins, J. (2024, febrero 9). *Project charter: Qué es y cómo crearlo con una plantilla [2024] • Asana*. <https://asana.com/es/resources/project-charter>
- Mayab, A. (2024, septiembre 23). *Ingeniería Industrial: ¿qué es y cuál es su campo laboral?* <https://merida.anahuac.mx/licenciaturas/blog/ingenieria-industrial-que-es-y-cual-es-su-campo-laboral>
- Mecalux. (s. f.). *Las ventajas del método ABC para la clasificación de inventarios en el almacén*. Recuperado 13 de febrero de 2025, de <https://www.mecalux.com.mx/blog/metodo-abc-clasificacion-almacen>
- Mejías, A., Gutiérrez Pulido, H., Duque, D., Regnault, M., & Tinoco, M. (2018). *Gestión de la Calidad; Una herramienta para la sostenibilidad organizacional*.
- Mendez, A. (2019, enero 30). *Implementación de las 5S en una empresa: Metodología y ejemplos* □. Plan de Mejora. <https://www.plandemejora.com/implementacion-de-la-metodologia-de-las-5s-en-una-empresa/>
- Metodología 5s para mejorar la productividad de una empresa*. (2018, abril 17). <https://www.multi-packing.com.co/metodologia-5s-para-mejorar-la-productividad-de-una-empresa>
- Morales, V. V. (2014, junio 15). *Valor actual neto (VAN)—Qué es y cómo utilizarlo*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Ortega, C. (2018, octubre 1). *¿Qué es ponderación y cómo aplicarla?* *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/ponderacion/>

- Ortega, C. (2023a, abril 15). Diagrama SIPOC: Qué es y cómo crearlo. *QuestionPro*.
<https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-sipoc/>
- Ortega, C. (2023b, mayo 20). Tipos de observación: Características y ventajas. *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-observacion/>
- Partida, A. (2012, julio 27). *Factores que influyen en el Mantenimiento | Mantenimiento & Mentoring Industrial*. <https://mantenimiento-mi.es/2012/factores-que-influyen-en-el-mantenimiento>
- Pérez, A. (2024, junio 19). *Equipo—CEOLEVEL*. <https://www.ceolevel.com/equipo-formativo/>
- Peréz Rocha, J. (2024, enero 13). *DMAIC: Qué es y cuáles son sus pasos—Instituto Mudanai*. <https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/dmaic-que-es-y-cuales-son-sus-pasos/>
- Piñero, E. A., Vivas, F. E. V., & Valga, L. K. F. de. (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*, VI(20), 99-110.
- Pizarrones de Producción e Indicadores*. (s. f.). Recuperado 16 de enero de 2025, de <https://pizarronesysolucionesvisuales.com/vm-kanban.html>
- Plantillas de Kanban y ejemplos para los equipos | Miro*. (s. f.). <https://miro.com/>. Recuperado 13 de febrero de 2025, de <https://miro.com/es/plantillas/cuadro-kanban/>
- ¿Qué es el mantenimiento industrial? Definición, estrategias, software*. (2024, julio 30). <https://www.emaint.com/es/guide-to-industrial-maintenance/>
- Rafael Obando. (s. f.). *Qué es el diagrama de Pareto y cómo hacerlo (+ plantilla y ejemplos)*. Recuperado 26 de septiembre de 2024, de <https://blog.hubspot.es/sales/como-hacer-diagrama-pareto>


- Ramirez Fominaya, P. (2023, noviembre 22). *LA GESTIÓN DE ALMACÉN: QUÉ ES, PROCESOS Y CONSEJOS*. <https://www.datadec.es/blog/la-gestion-de-almacen-que-es-procesos-consejos>
- Santos, I. S. L. (2015). *Logística y marketing para la distribución comercial*. ESIC.
- Sejzer, R. (2016, agosto 8). Calidad Total: Las claves del Sistema de Producción Toyota (TPS): Las 4P y los 14 Principios. *Calidad Total*. <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/08/las-claves-del-sistema-de-produccion.html>
- Septima_unidad.pdf*. (s. f.). Recuperado 26 de septiembre de 2024, de http://admon-industrial.weebly.com/uploads/4/7/1/0/47109991/septima_unidad.pdf
- Trujillo, E. M. G. (2022). *Estandarización de procesos y su influencia con la gestión de cobranza de la empresa EOS S. A., Pasco—2020*.
- Usar, A. (2022, julio 1). Diagrama de Gantt: ¿Qué es y para qué sirve? *TAKTIC*. <https://taktic.es/blog/diagrama-de-gantt-que-es-y-para-que-sirve/>
- usman. (2023, marzo 22). *Comparative Graphs: An Explanation With Examples*. Ad Hoc Reporting .Net Report Builder. <https://dotnetreport.com/blogs/comparative-graphs/>
- Zambelli, R. (2021, marzo 19). *Estandarización de procesos: Principios, implementación y beneficios*. Blog | Checklist Fácil. <https://blog-es.checklistfacil.com/estandarizacion-de-procesos/>
- Going, C. B. (2008). *Principles of Industrial Engineering*. Universidad de Harvard: McGraw-Hill Book Company, 1911.
- Ramírez, S. N. (2012). *Guía para la construcción de indicadores de gestión*, 13.
- W, N. B. (2009). *Ingeniería Industrial métodos, estándares y diseños*. México: Mac Graw Hill Internacional .

Apéndice #3

AUDITORÍA 5S																																		
Empresa :	Bridgestone C.R	Auditor :																																
Área:	Taller de mantenimiento División 3	Día :																																
Sistema de puntuación		Objetivo	Real																															
0	Inexistente - No se aprecia ninguna realidad respecto a lo preguntado	1ª s																																
1	Insuficiente - El grado de cumplimiento es menor del 40%	2ª s																																
2	Bien - El grado de cumplimiento es mayor del 40% y menor del 90%	3ª s																																
3	Excelente - El grado de cumplimiento es mayor del 90%	4ª s																																
		5ª s																																
		Total																																
Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio No es más limpio el que más limpia sino el que menos ensucia																																		
1ª s Separar y eliminar innecesarios	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 5%; text-align: center;">0</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Los pasillos y bancos de trabajos se encuentran libres de elementos.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">2</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">El área de repuestos esta libre de excesos de inventarios y suministros.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">3</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Los repuestos se encuentran debidamente identificados y clasificados.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">4</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Se utiliza la tartaja roja para disponer los elementos ubicados en el taller.</td> </tr> <tr style="background-color: #444; color: white;"> <td colspan="5" style="text-align: right; padding: 2px;">Total</td> </tr> </table>		0	1	2	3	1	Los pasillos y bancos de trabajos se encuentran libres de elementos.				2	El área de repuestos esta libre de excesos de inventarios y suministros.				3	Los repuestos se encuentran debidamente identificados y clasificados.				4	Se utiliza la tartaja roja para disponer los elementos ubicados en el taller.				Total							
	0	1	2	3																														
1	Los pasillos y bancos de trabajos se encuentran libres de elementos.																																	
2	El área de repuestos esta libre de excesos de inventarios y suministros.																																	
3	Los repuestos se encuentran debidamente identificados y clasificados.																																	
4	Se utiliza la tartaja roja para disponer los elementos ubicados en el taller.																																	
Total																																		
2ª s Situar e identificar necesarios	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 5%; text-align: center;">0</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Existen lugares determinados y señalizados para los elementos.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">2</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Los equipos de trabajo se encuentra identificados y demarcados correctamente.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">3</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Existen estanterías para los repuestos usados.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">4</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr style="background-color: #444; color: white;"> <td colspan="5" style="text-align: right; padding: 2px;">Total</td> </tr> </table>		0	1	2	3	1	Existen lugares determinados y señalizados para los elementos.				2	Los equipos de trabajo se encuentra identificados y demarcados correctamente.				3	Existen estanterías para los repuestos usados.				4					Total							
	0	1	2	3																														
1	Existen lugares determinados y señalizados para los elementos.																																	
2	Los equipos de trabajo se encuentra identificados y demarcados correctamente.																																	
3	Existen estanterías para los repuestos usados.																																	
4																																		
Total																																		
3ª s Suprimir la suciedad	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 5%; text-align: center;">0</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">La basura y materiales son recogidos y eliminados correctamente.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">2</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Los equipos de trabajo y áreas de almacenamiento se encuentran limpias.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">3</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Los pisos, paredes, bancos de trabajo y estanterías se encuentran limpios.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">4</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Las zonas comunes se limpiar regularmente.</td> </tr> <tr style="background-color: #444; color: white;"> <td colspan="5" style="text-align: right; padding: 2px;">Total</td> </tr> </table>		0	1	2	3	1	La basura y materiales son recogidos y eliminados correctamente.				2	Los equipos de trabajo y áreas de almacenamiento se encuentran limpias.				3	Los pisos, paredes, bancos de trabajo y estanterías se encuentran limpios.				4	Las zonas comunes se limpiar regularmente.				Total							
	0	1	2	3																														
1	La basura y materiales son recogidos y eliminados correctamente.																																	
2	Los equipos de trabajo y áreas de almacenamiento se encuentran limpias.																																	
3	Los pisos, paredes, bancos de trabajo y estanterías se encuentran limpios.																																	
4	Las zonas comunes se limpiar regularmente.																																	
Total																																		
4ª s Señalizar	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 5%; text-align: center;">0</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Se cumple el estándar del taller.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">2</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">El personal esta capacitado y comprende los procedimientos de 5'S.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">3</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Se cumple el check list de limpieza dentro el taller.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">4</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Existen instrucciones claras de orden y limpieza.</td> </tr> <tr style="background-color: #444; color: white;"> <td colspan="5" style="text-align: right; padding: 2px;">Total</td> </tr> </table>		0	1	2	3	1	Se cumple el estándar del taller.				2	El personal esta capacitado y comprende los procedimientos de 5'S.				3	Se cumple el check list de limpieza dentro el taller.				4	Existen instrucciones claras de orden y limpieza.				Total							
	0	1	2	3																														
1	Se cumple el estándar del taller.																																	
2	El personal esta capacitado y comprende los procedimientos de 5'S.																																	
3	Se cumple el check list de limpieza dentro el taller.																																	
4	Existen instrucciones claras de orden y limpieza.																																	
Total																																		
5ª s Sostener y respetar	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 5%; text-align: center;">0</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 5%; text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Todo el personal esta involucrado en las actividades de mejora.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">2</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Se llevan a cabo las auditorias de 5's regularmente.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">3</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;">Se hacen reuniones regularmente con el comité de 5'S.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">4</td> <td colspan="4" style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr style="background-color: #444; color: white;"> <td colspan="5" style="text-align: right; padding: 2px;">Total</td> </tr> </table>		0	1	2	3	1	Todo el personal esta involucrado en las actividades de mejora.				2	Se llevan a cabo las auditorias de 5's regularmente.				3	Se hacen reuniones regularmente con el comité de 5'S.				4					Total							
	0	1	2	3																														
1	Todo el personal esta involucrado en las actividades de mejora.																																	
2	Se llevan a cabo las auditorias de 5's regularmente.																																	
3	Se hacen reuniones regularmente con el comité de 5'S.																																	
4																																		
Total																																		
Evaluación realizada por:	Evaluación validada por:																																	
Firma	Firma																																	


Fuente: Elaboración propia.

Apéndice # 4

		Checklist de Evaluación de repuesto usado		Fecha:	
Datos generales					
Departamento:				Responsable:	
Cargo:				ID empleado:	
Datos del equipo					
Repuesto:				Línea de producción:	
Marca:				Maquina:	
Cod.				Estado actual:	
Puntos de revisión para el mantenimiento					
Ítem	Actividad de mantenimiento Requerida	Sí	No	Observaciones	
1	Cambio de orings, retenedores y empaques.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	Reemplazo de partes por desgaste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	Limpieza y lubricación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		


Fuente: Elaboración propia

Apéndice #5

	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR DE GESTION				CÓDIGO:	1
					VERSIÓN:	1
					FECHA DE APROBACIÓN	25/1/2025
NOMBRE DEL INDICADOR:	Indicador de productividad	PROCESO:	Proceso de reparación de repuestos usados			
OBJETIVO:	Medir el índice de productividad en el taller, con respecto a la gestion de la mano de obra del taller.					
FORMULA PARA EL CÁLCULO:	Horas productivas / horas disponibles x 100	NUMERADOR:	Horas productivas	DENOMINADOR:	Horas disponibles	
UNIDAD DE MEDICIÓN:	Porcentual	META:	90%	FUENTES DE INFORMACIÓN:	Registros del taller.	
FRECUENCIA DE MEDICIÓN DEL INDICADOR:	Mensual	FRECUENCIA DE ANÁLISIS DEL INDICADOR:	Trimestral	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL INDICADOR:	Supervisor de Mtto	
TENDENCIA ESPERADA: <i>(Creciente o Decreciente)</i>	Creciente	TIPO DE INDICADOR:	De proceso	RANGO DE GESTIÓN:	CRÍTICO	ACEPTABLE
					Menoe a 85%	De 85% a 90%
FECHA DE CREACIÓN: (DD/MM/AAA)	15/1/2025	FECHA ÚLTIMA MODIFICACION: (DD/MM/AAA)	-			


Fuente: Elaboración propia

Apéndice #6

	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR DE GESTION				CÓDIGO:	2	
					VERSIÓN:	1	
					FECHA DE APROBACIÓN	25/1/2025	
NOMBRE DEL INDICADOR:	Indicador de Tiempo de ciclo		PROCESO:	Proceso de reparacion de repuestos usados			
OBJETIVO:	Medir el tiempo total que se tarda en reparar un repuesto desde que se recibe hasta que se entrega reparado.						
FORMULA PARA EL CÁLCULO:	$\text{Tiempo de Ciclo} = \frac{\text{Tiempo Total de Reparación}}{\text{Número de Repuestos Reparados}}$		NUMERADOR:	Suma de los tiempos de reparacion de todos los repuestos	DENOMINADOR:	Numero total de repuestos reparados	
UNIDAD DE MEDICIÓN:	Horas/repuesto		META:	2 horas	FUENTES DE INFORMACIÓN:	Tablero KANBAN	
FRECUENCIA DE MEDICIÓN DEL INDICADOR:	Diario		FRECUENCIA DE ANÁLISIS DEL INDICADOR:	Mensual	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL INDICADOR:	Supervisor de Mtto	
TENDENCIA ESPERADA: (Creciente o Decreciente)	Creciente	TIPO DE INDICADOR:	De proceso	RANGO DE GESTIÓN:	CRÍTICO	ACEPTABLE	SATISFACTORIO
					Superior a 3 horas	De 2 a 3 horas	Menor a 2 horas
FECHA DE CREACIÓN: (DD/MM/AAA)	15/1/2025			FECHA ÚLTIMA MODIFICACION: (DD/MM/AAA)	-		

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice #7

	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR DE GESTION				CÓDIGO:	3
					VERSIÓN:	1
					FECHA DE APROBACIÓN	25/1/2025
NOMBRE DEL INDICADOR:	Indicador de puntuación de auditoría 5S		PROCESO:	Proceso de reparacion de repuestos usados		
OBJETIVO:	Medir la efectividad de la implementación de la metodología 5S en un entorno de trabajo.					
FORMULA PARA EL CÁLCULO:	Puntuación Total de 5S = $\frac{S_{Seiri} + S_{Seiton} + S_{Seiso} + S_{Seiketsu} + S_{Shitsuke}}{5}$		NUMERADOR:	Etapas 5's	DENOMINADOR:	5
UNIDAD DE MEDICIÓN:	Puntaje		META:	10 puntos	FUENTES DE INFORMACIÓN:	Formato de auditoria 5's
FRECUENCIA DE MEDICIÓN DEL INDICADOR:	Mensual		FRECUENCIA DE ANÁLISIS DEL INDICADOR:	Mensual	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL INDICADOR:	Mejora continua
TENDENCIA ESPERADA: (Creciente o Decreciente)	Creciente	TIPO DE INDICADOR:	Productividad	RANGO DE GESTIÓN:	CRÍTICO	ACEPTABLE
					Menor a 5 puntos	De 6 a 9 puntos
FECHA DE CREACIÓN: (DD/MM/AAA)	15/1/2025		FECHA ÚLTIMA MODIFICACION: (DD/MM/AAA)	-		

Fuente: Elaboración propia.

8.2 Anexos

Anexo #1 Ilustración 47: Taller de reparaciones, banco de trabajo.



Fuente: Bridgestone C.R.

Anexo #2 Ilustración 48: Equipos de trabajo(fresadora).



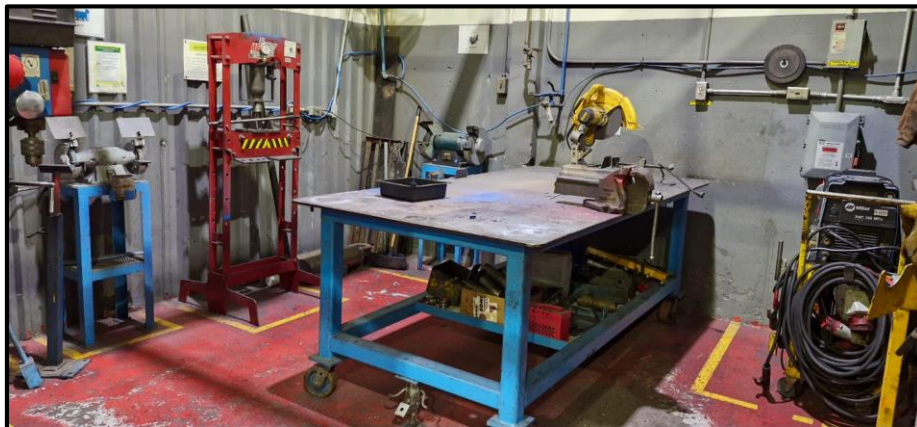
Fuente: Bridgestone C.R.

Anexo #3 Ilustración 49: Equipos de trabajo (torno).



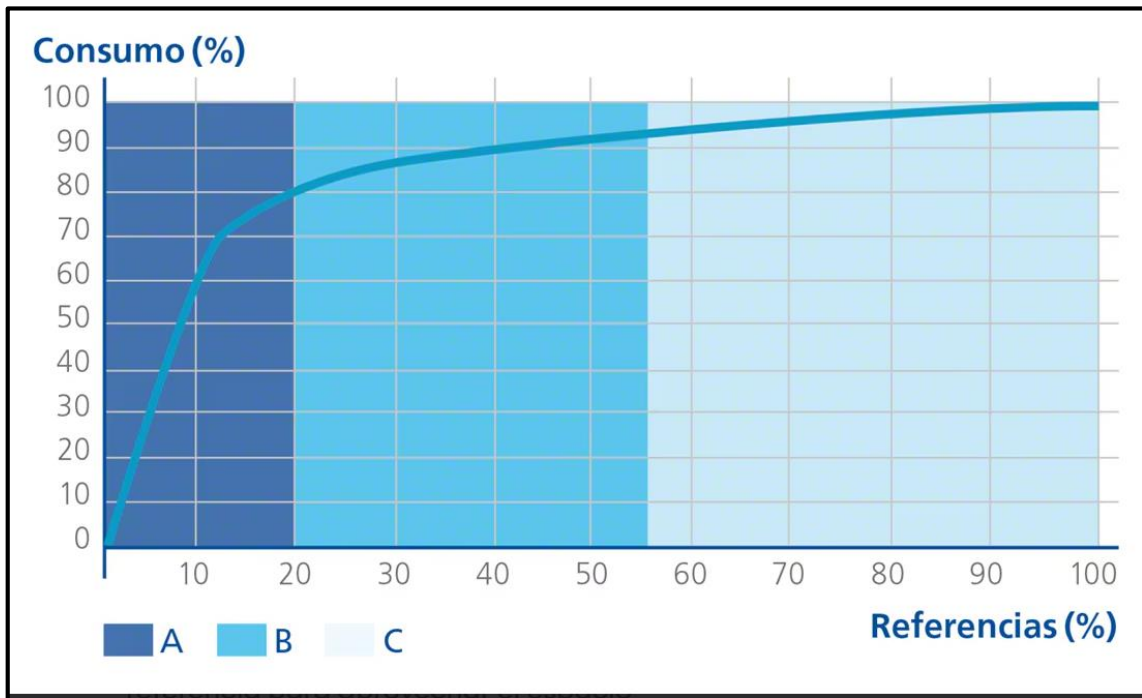
Fuente: Bridgestone C.R

Anexo #4 Ilustración 50: Taller de soldadura



Fuente: Bridgestone C.R

Anexo #5 Ilustración 51: Representación gráfica del Diagrama Pareto



Fuente: (Mecalux, s. f.)

8.3 Registro de tutorías

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	03/06/2024
LUGAR	Tutoría Virtual

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	X									

HORA DE INICIO
6:00pm

HORA DE CIERRE
7:00pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS:

- Presentación del anteproyecto y avance del capítulo 1.

ACUERDOS:

- Completar capítulo 1 e iniciar el capítulo 2.

AVANCES

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN FECHA: 8/07/2024 HORA 6:00pm LUGAR Virtual

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	8/07/2024
LUGAR	Tutoría Virtual

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		X								

HORA DE INICIO
6:30pm

HORA DE CIERRE
7:15pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS:

- Revisión del capítulo 1 y el avance del capítulo 2.

ACUERDOS:

- Realizar correcciones del Capítulo 1 (incluir información adicional sobre la empresa) y concluir el capítulo 2.
- Mejorar la redacción de los objetivos del proyecto.

AVANCES

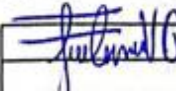

- Avance del capítulo 1 e inicio del 2.

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN FECHA: 09/08/2024 HORA 7:00pm LUGAR Virtual

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	9/08/2024
LUGAR	Tutoría Virtual

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			X							

HORA DE INICIO
7:00pm

HORA DE CIERRE
8:00pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS:

- Finalizar la revisión del capítulo 1 y revisar correcciones del 2.

ACUERDOS:

- Incluir temas en el marco teórico para completar la información.
- Avanzar con el capítulo 3.
- Realizar ajustes en las citas bibliográficas.

AVANCES

- Conclusión del capítulo 1.



LIMITACIONES

--

PROXIMA SESIÓN FECHA: 16/09/2024 HORA: 6:00pm LUGAR: Virtual

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	16/09/2024
LUGAR	Tutoría Virtual

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				X						

HORA DE INICIO
6:00pm

HORA DE CIERRE
7.30pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS:

- Revisión y recomendaciones generales del capítulo 3.

ACUERDOS:

- Corregir tablas de datos y orden de las secciones. Incluir información en las secciones.

AVANCES

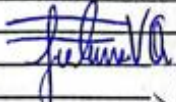

- Se concluye el capítulo 2 y se avanza en el capítulo 3.

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN FECHA: 11/10/2024 HORA 6:30pm LUGAR Virtual

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	16/10/2024
LUGAR	Tutoría Virtual

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					X					

HORA DE INICIO
6:30pm

HORA DE CIERRE
7:15pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS:

- Revisión de las recomendaciones de la sesión anterior.

ACUERDOS:

- Revisar redacción y agregar información a las secciones para mayor claridad. Se sugiere iniciar el capítulo 4.

AVANCES



- Se continua con el avance del capítulo 3.

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN FECHA: 28/10/2024 HORA 5:00pm LUGAR Virtual

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	28/10/2024
LUGAR	Tutoría Virtual

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						X				

HORA DE INICIO
5:30pm

HORA DE CIERRE
6:30pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS:

- Revisión de correcciones del capítulo 3.
- Revisión del avance del capítulo 4.
- Se solicitan correcciones y recomendaciones del capítulo.

ACUERDOS:

- Finalizar el capítulo 4, agregar información de costos y realizar cambios en los diagramas de flujo.
- Inicia con la implementación de las mejoras del proyecto.

AVANCES

- Conclusión del capítulo 3.

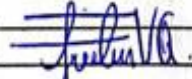

LIMITACIONES

Se retrasa la entrega del capítulo 3y4, cambios en las jefaturas y problema personal. Dificultad para acceder a la información.

PROXIMA SESIÓN FECHA: 22/11/2024 HORA 6:00pm LUGAR Virtual

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	22/11/2024
LUGAR	Tutoría Virtual

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
							X			

HORA DE INICIO
6:00pm

HORA DE CIERRE
7:30pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS:

- Revisión de las correcciones del capítulo 4.
- Revisión del avance del capítulo 5.

ACUERDOS:

- Realizar cambios y agregar información en el análisis de las causas.
- Finalizar capítulo 5, el diseño e implementación de las propuestas.

AVANCES

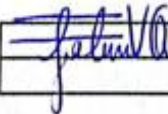

- Se concluye el capítulo 4 y se avanza en el diseño de las propuestas.

LIMITACIONES

--

PROXIMA SESIÓN FECHA: 9/12/2024 HORA 5:00pm LUGAR Virtual

Firma Estudiante:
Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	9/12/2024
LUGAR	Tutoría Virtual

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								X		

HORA DE INICIO
5:30pm

HORA DE CIERRE
6:30pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS:

- Revisión y sugerencias del diseño e implementación de las propuestas Capítulo 5.
- Información sobre la evaluación económica.

ACUERDOS:

- Realizar correcciones en formatos, mejorar la redacción, incluir datos de referencia.
- Lograr concluir el capítulo 5 y avanzar en las conclusiones y recomendaciones.
- Incluir apéndices, anexos y actualizar tablas de imágenes.

AVANCES

- Avance del capítulo 5

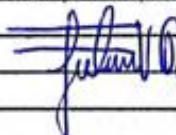

LIMITACIONES

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN FECHA: 10/01/2025 HORA 6:00pm LUGAR Virtual

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

 
--

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	10/01/2025
LUGAR	Tutoría Virtual

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									X	

HORA DE INICIO
6:00pm

HORA DE CIERRE
7:30pm

PUNTUALIDAD

TEMAS TRATADOS:

- Revisión para concluir capítulo 5 y 6.
- Revisión de las correcciones.

ACUERDOS:

- Finalizar el proyecto para realizar una revisión final.
- Corregir palabras, mejorar el formato y títulos de las imágenes.

AVANCES

- Se concluye el capítulo 5 y se avanza en el 6.

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN FECHA: 24/01/2025 HORA: 6:00pm LUGAR: Virtual

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

