

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

DESARROLLO DE UN PROCESO ESTÁNDAR DE
RECEPCIÓN, CONTROL Y DESPACHO DE
HERRAMIENTAS EN EL ÁREA DE REPARACIÓN
DE HERRAMIENTAS DE REDES SUBTERRÁNEAS
MATELEC S.A, GARABITO, PRIMER
CUATRIMESTRE 2023.

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL.

ALUMNO: JOSE DANIEL CÉSPEDES HERNÁNDEZ

TUTOR: M.IOP. FRANKLIN CARVAJAL CORDERO, ING

HEREDIA, 2023

I. ACTA DE APROBACIÓN

DECLARACIÓN JURADA

Yo Jose Daniel Céspedes Hernández mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 207290166 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente aperebido 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: AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE REPARACIÓN DE HERRAMIENTAS DE REDES SUBTERRÁNEAS MATELEC S.A, GARABITO, PRIMER CUATRIMESTRE 2023, 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 Alajuela, a los 5 días del mes de febrero del año dos mil veintitrés.

JOSE DANIEL
CESPEDES
HERNANDEZ (FIRMA)

Firmado digitalmente por JOSE
DANIEL CESPEDES
HERNANDEZ (FIRMA)
Fecha: 2023.03.10 14:21:28
-06'00'

Firma del estudiante

Cédula 207290166

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 24 de Abril de 2023

Estimados Señores
Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

El estudiante José Daniel Céspedes Hernández, cédula de identidad número 2-0729-0166, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **DESARROLLO DE UN PROCESO ESTÁNDAR DE RECEPCIÓN, CONTROL Y DESPACHO DE HERRAMIENTAS EN EL ÁREA DE REPARACIÓN DE HERRAMIENTAS DE REDES SUBTERRÁNEAS MATELEC S.A, GARABITO, PRIMER CUATRIMESTRE 2023**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura.

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%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		100%

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

Atentamente,

FRANKLIN ENRIQUE
 CARVAJAL
 CORDERO (FIRMA)

Firmado digitalmente por
 FRANKLIN ENRIQUE CARVAJAL
 CORDERO (FIRMA)
 Fecha: 2023.04.24 22:19:11
 -06'00'

Ing. Franklin Carvajal Cordero, M.IOP.
 Cédula identidad 7-0143-0830
 Carné Colegio Profesional IPI-18032

CARTA DEL LECTOR

San José, 30 de mayo de 2023

Señores
Escuela de Ingeniería Industrial.
Universidad Hispanoamericana

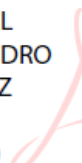
Estimados señores:

En mi calidad de lector del proyecto de graduación presentado por el estudiante JOSE DANIEL CÉSPEDES HERNÁNDEZ, cédula de identidad número 207290166, titulado "DESARROLLO DE UN PROCESO ESTÁNDAR DE RECEPCIÓN, CONTROL Y DESPACHO DE HERRAMIENTAS EN EL ÁREA DE REPARACIÓN DE HERRAMIENTAS DE REDES SUBTERRÁNEAS MATELEC S.A, GARABITO, PRIMER CUATRIMESTRE 2023", para optar por el grado académico de LICENCIATURA en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

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

Atentamente,

MANUEL
ALEJANDRO
MENDEZ
FLORES
(FIRMA)



Firmado digitalmente
por MANUEL
ALEJANDRO MENDEZ
FLORES (FIRMA)
Fecha: 2023.05.30
09:53:23 -06'00'

Ing. Manuel Méndez Flores

IPI-18990

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

San José, 31 de Mayo del 2023

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Jose Daniel Céspedes Hernández con número de identificación 207290166 autor (a) del trabajo de graduación titulado DESARROLLO DE UN PROCESO ESTÁNDAR DE RECEPCIÓN, CONTROL Y DESPACHO DE HERRAMIENTAS EN EL ÁREA DE REPARACIÓN DE HERRAMIENTAS DE REDES SUBTERRÁNEAS MATELEC S.A, GARABITO, PRIMER CUATRIMESTRE 2023, presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial; 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,

JOSE DANIEL
CESPEDES
HERNANDEZ
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por JOSE DANIEL
CESPEDES
HERNANDEZ (FIRMA)
Fecha: 2023.05.31
16:17:49 -06'00'

Firma y Documento de Identidad

II. TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO

I. ACTA DE APROBACIÓN.....	2
DECLARACIÓN JURADA	2
II. TABLA DE CONTENIDO	3
III. ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
IV. ÍNDICE DE TABLAS.....	11
V. ACRÓNIMOS Y SIGLAS	12
VI. RESUMEN EJECUTIVO.....	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	14
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	15
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	16
1.2.1 Descripción general	16
1.2.2 Misión	17
1.2.3 Visión.....	17
1.2.4 Estructura organizativa.....	17
1.2.5 Productos y servicios ofrecidos	18
1.2.6 Antecedentes del contexto de la empresa o institución	19
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.3.1 Definición del problema.....	20
1.3.2 Justificación	21
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.4.1 Objetivo General	22
1.4.2 Objetivos Específicos.....	22
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	23
1.5.1 Alcances.....	23
1.5.2 Limitaciones.....	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA	25
2.1.1 Ingeniería Industrial	25

2.1.2	Estandarización	25
2.1.3	Manufactura esbelta	26
2.1.4	Optimización	28
2.1.5	Desperdicio	28
2.2	MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO	30
2.2.1	Metodología DMAIC	30
2.2.2	Metodología Kanban	32
2.2.3	Filosofía Kaizen	33
2.2.4	Diagrama de flujo	34
2.2.5	Diagrama SIPOC	35
2.2.6	Herramienta cinco porqué	36
2.2.7	Diagrama de Pareto	37
2.2.8	Diagrama Ishikawa	38
2.3	MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	39
2.3.1	Rentabilidad	39
2.3.2	Productividad	41
2.4	ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES	41
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO		44
3.1	METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	45
3.2	METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO	46
3.3	METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRÁCTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO	47
3.4	METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	49
3.5	METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS	51
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ		52
4.1	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	53
4.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	54
4.2.1	Aplicación de entrevista al encargado del taller	54
4.2.2	Definición de los pasos del proceso a través de un diagrama SIPOC	56
4.2.3	Flujo del proceso de reparación de herramientas	57
4.3	MEDICIÓN DEL PROBLEMA	58
4.3.1	Análisis del tiempo de una herramienta en el taller	58

4.3.2	Revisión de los comentarios de los clientes	60
4.4	MEDICIÓN DEL PROBLEMA	61
4.4.1	Análisis de posibles causas del retraso en el tiempo de reparación	61
4.4.2	Votación de causas más relevantes del retraso en el tiempo de reparación	64
4.4.3	Análisis de rotación de herramientas y repuestos en el taller	65
4.5	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	71
4.5.1	Análisis del proceso de recepción y entrega de herramientas	71
4.5.2	Análisis de ingresos en un mes regular de operación	72
4.6	CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL	74
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN		75
5.1	ARGUMENTOS Y DESPLIEGUE DE LA PROPUESTA	76
5.1.1	Propuesta para solucionar el faltante de repuestos más utilizados.....	76
5.1.2	Propuesta para mejorar el conocimiento del manejo de inventarios	78
5.1.3	Propuesta para implementar un sistema estándar de recepción y entrega.....	80
5.1.4	Propuesta para establecer un proceso estándar de manejo de herramientas.....	85
5.1.5	Propuesta para crear un sistema de retroalimentación de los clientes.....	88
5.1.6	Nuevo flujo de proceso e indicadores relevantes del proceso de reparación de herramientas	89
5.2	CONTROL Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	92
5.3	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA PROPUESTA	96
5.3.1	Costos de implementación	98
5.3.2	Análisis de rentabilidad	98
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		101
6.1	CONCLUSIONES	102
6.2	RECOMENDACIONES	105
VII. BIBLIOGRAFÍA		107
VIII. APÉNDICE(S)		110
	Apéndice 1: Entrevista al encargado del taller	110
IX. GLOSARIO		114
X. ANEXO(S)		115
	Anexo 1: Evidencias adicionales del nuevo sistema “E-Stock”	115
	Anexo 2: Iluminación y organización de herramientas	116
	Anexo 3: Ejemplo de inventario adquirido como parte de la propuesta de mejora	116

Anexo 4: Resumen de retroalimentación de los clientes para el nuevo proceso	118
Anexo 5: Detalle de la respuesta de la factura 1281	119

III. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del taller de reparación.	16
Figura 2. Estructura organizativa Redes Subterráneas Matelec S.A.	17
Figura 3. Foto de trabajo realizado en Puntarenas.	18
Figura 4. Modelo estratégico manufactura esbelta.	27
Figura 5. Etapas de desarrollo DMAIC.	31
Figura 6. Ejemplo de tabla Kanban.	33
Figura 7. Resumen Ciclo de PDCA.	34
Figura 8. Ejemplo de diagrama de flujo.	35
Figura 9. Ejemplo de diagrama de SIPOC.	36
Figura 10. Ejemplo de diagrama de Pareto.	37
Figura 11. Ejemplo de diagrama Ishikawa.	39
Figura 12. Fórmula de cálculo de valor actual neto.	40
Figura 13. Fórmula de cálculo de la tasa interna de retorno.	40
Figura 14. Fórmula de cálculo de productividad total.	41
Figura 15. Diagrama SIPOC del proceso de reparación de herramientas.	56
Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de reparación de herramientas.	57
Figura 17. Análisis de causa raíz del tiempo de una herramienta en el taller.	59
Figura 18. Análisis de causa raíz sobre comentarios de los clientes.	61
Figura 19. Análisis de posibles causas del retraso en el tiempo de reparación.	64
Figura 20. Análisis de rotación de tipos de herramientas en el taller.	67
Figura 21. Análisis de rotación de marcas de herramientas en el taller.	68
Figura 22. Análisis del tipo de repuestos más utilizados en el taller.	70
Figura 23. Análisis cinco por qué del proceso de recepción y entrega de herramientas.	71
Figura 24. Estado del taller en un día normal de operaciones.	72
Figura 25. Ejemplo del sistema de control de inventario implementado.	77
Figura 26. Curso de administración de bodegas tomado por el encargado del taller.	79
Figura 27. Evidencia del proceso informal de recepción de herramientas.	80
Figura 28. Parte del nuevo formulario estándar del proceso de recepción de herramientas.	81
Figura 29. Base de datos conectada al formulario del proceso de recepción de herramientas.	82
Figura 30. Adicional de columnas modificable por el encargado del taller en la base de datos.	82
Figura 31. Matriz RACI del proceso de entrega de herramientas a los clientes.	83
Figura 32. Estante reubicado para el control de herramientas por revisar.	86
Figura 33. Estante reubicado para el control de herramientas en revisión.	87
Figura 34. Estante reubicado para el control de herramientas en espera y listas para entrega.	87
Figura 35. Formulario de retroalimentación para los clientes.	89
Figura 36. Nuevo diagrama de flujo del proceso.	90
Figura 37. Diagrama Gantt para el control del proceso de implementación de la mejora.	92
Figura 38. Análisis de las etapas más representativas del nuevo tiempo total promedio.	95
Figura 39. Inflación interanual de Costa Rica en el primer trimestre del 2023.	99

IV. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología para la definición del problema.....	46
Tabla 2. Metodología para la medición del problema.....	47
Tabla 3. Metodología para la propuesta de mejora del problema.	48
Tabla 4. Metodología para la implementación del proyecto.	50
Tabla 5. Metodología para la verificación y control de los resultados.....	51
Tabla 6. Pregunta 2, 5, 9 y 10 de la entrevista estructurada.	55
Tabla 7. Análisis de tiempo de las herramientas en el taller.	58
Tabla 8. Análisis de los comentarios de los clientes en el primer trimestre del 2023.	60
Tabla 9. Votación de causas más relevantes del retraso en el tiempo de reparación.	65
Tabla 10. Herramientas revisadas en el taller en el primer trimestre del 2023.	66
Tabla 11. Repuestos solicitados por marca en el taller en el primer trimestre del 2023.	68
Tabla 12. Tipo de repuestos solicitados por el taller en el primer trimestre del 2023.....	69
Tabla 13. Análisis de ingreso en un mes regular de operaciones en el taller.	73
Tabla 14. Relación entre marcas, repuestos y tipos de herramientas.	76
Tabla 15. Detalle del costo de implementación de la propuesta de manejo del inventario.....	78
Tabla 16. Detalle del costo de la capacitación del encargado del taller.	79
Tabla 17. Detalle del costo de la capacitación del encargado del taller y la recepcionista.	84
Tabla 18. Detalle del costo de la reorganización de los estantes del taller de reparación.	88
Tabla 19. Nuevos indicadores del proceso de reparación de herramientas.	91
Tabla 20. Resumen de las herramientas del 3 de marzo al 21 de abril del 2023.....	93
Tabla 21. Nuevo tiempo promedio por etapa luego de la propuesta de mejora.	94
Tabla 22. Retroalimentación de los clientes del 27 de marzo al 21 de abril de 2023.....	96
Tabla 23. Resumen financiero de la operación del 27 de marzo al 21 de abril de 2023.	97
Tabla 24. Nuevo tiempo promedio por etapa luego de la propuesta de mejora.	98
Tabla 25. Estudio de viabilidad económica del nuevo proceso en el taller de herramientas.	100

V. ACRÓNIMOS Y SIGLAS

5S: metodología de mejora del lugar de trabajo que incluye clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina.

BC: beneficio costo financiero utilizado para calcular el beneficio económico de un proyecto.

DMAIC: metodología para la implementación del proyecto que cubre las etapas de definición, medición, análisis, implementación y control de los cambios.

PCDA: proceso cíclico para la implementación de una mejora continua que comprende las etapas de planificar, hacer, verificar y ajustar.

SIPOC: diagrama de documentación de flujo de un proceso que detalla los suplidores, entradas, procesos, salidas y clientes de cada etapa de un proceso.

TIR: tasa interna de retorno utilizada para calcular el beneficio económico de un proyecto.

VAN: valor anual neto utilizado para calcular el beneficio económico de un proyecto.

VI. RESUMEN EJECUTIVO

Céspedes, Jose. (2023). Desarrollo de un proceso estándar de recepción, control y despacho de herramientas en el áreas de reparación de herramientas de Redes Subterráneas MATELEC S.A, Garabito, primer cuatrimestre del 2023. [Proyecto de graduación para optar por la licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana]. M.IOP. Franklin Carvajal Cordero.

El presente proyecto se enfoca en identificación de las causas del retraso en el proceso de reparación de herramientas, la creación de un modelo de trabajo estándar y la implementación de un plan de mejora para el taller de reparación. A través de la metodología DMAIC, se llevó a cabo una serie de análisis para determinar las causas raíz de los problemas a solucionar.

La falta de inventario de repuestos para las herramientas, un proceso informal de recepción de las herramientas y la falta de claridad de roles y responsabilidades en los trabajadores del taller de reparación son los responsables de los problemas en el taller. Para mejorar estas situaciones, se estableció una propuesta de mejora para invertir en inventario de repuestos para aquellas herramientas y marcas que más rotan en el taller, la creación de un formulario de recepción para las herramientas, la aplicación de una base de datos para el manejo del proceso de las herramientas y una matriz de responsabilidades para crear un proceso estándar completo.

Estas propuestas implicarían una reducción del 25% del tiempo total de las herramientas en el taller y una mejora en las ventas de un 30% para el taller. Para su implementación se utilizó un diagrama Gantt para controlar las etapas y los resultados de las mejoras. Al final del proyecto se obtuvo una mejora del tiempo en el taller de 29%, un crecimiento en las ventas de 30% y una mejora en las utilidades netas de un mes de 70%.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El presente proyecto se desarrolla en la empresa Redes Subterráneas Matelec S.A., específicamente en el departamento de reparación de herramientas electromecánicas. El mismo tiene la intención de utilizar los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera relacionados a operaciones industriales para generar una propuesta de mejora en la recepción, manejo y despacho de las herramientas que reciben servicio en el taller, con la expectativa de reducir los tiempos de espera, mejorar la interacción con los clientes e incrementar los beneficios financieros del área.

La empresa ha visto un crecimiento en sus ventas desde el levantamiento de las restricciones de la pandemia. Sin embargo, no se ha preparado adecuadamente para atender la sección de reparación de herramientas y los tiempos de trabajo han aumentado, creando insatisfacción en el cliente y generando posibles pérdidas de negocio ante los competidores de la zona.

El área de trabajo maneja en promedio 60 herramientas por mes, con un costo promedio de reparación de 25,000 colones y tiempo promedio de reparación de 7 días. Mejorar la productividad del proceso de reparación de herramientas e introducir un manejo eficiente de inventario en los repuestos, incrementaría los márgenes del negocio, disminuiría los tiempos de espera, aumentaría la satisfacción del cliente y daría la oportunidad de abarcar más partes del negocio en la zona.

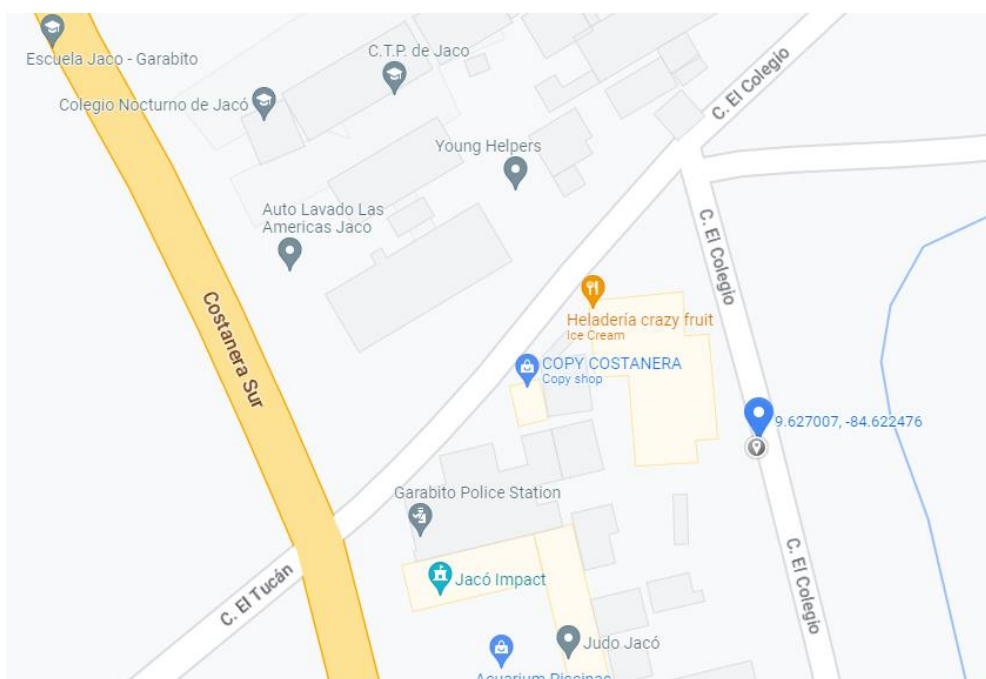
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.2.1 Descripción general

La empresa Redes Subterráneas Matelec S.A. fue fundada en el año 2000, originalmente bajo el nombre de Grupo LFC, pero cambió su personería jurídica en el año 2017. Se dedica al diseño y construcción de soluciones electromecánicas, venta y reparación de materiales y herramientas especializadas.

Se ubica en Puntarenas, Garabito, Jacó, frente al colegio técnico, En la figura 1 se detalla la dirección:

Figura 1. Ubicación geográfica del taller de reparación.



Fuente: Google maps.

1.2.2 Misión

Somos el aliado estratégico para nuestros clientes en materia electromecánica y apoyamos el crecimiento económico de la zona de Garabito (elaboración propia).

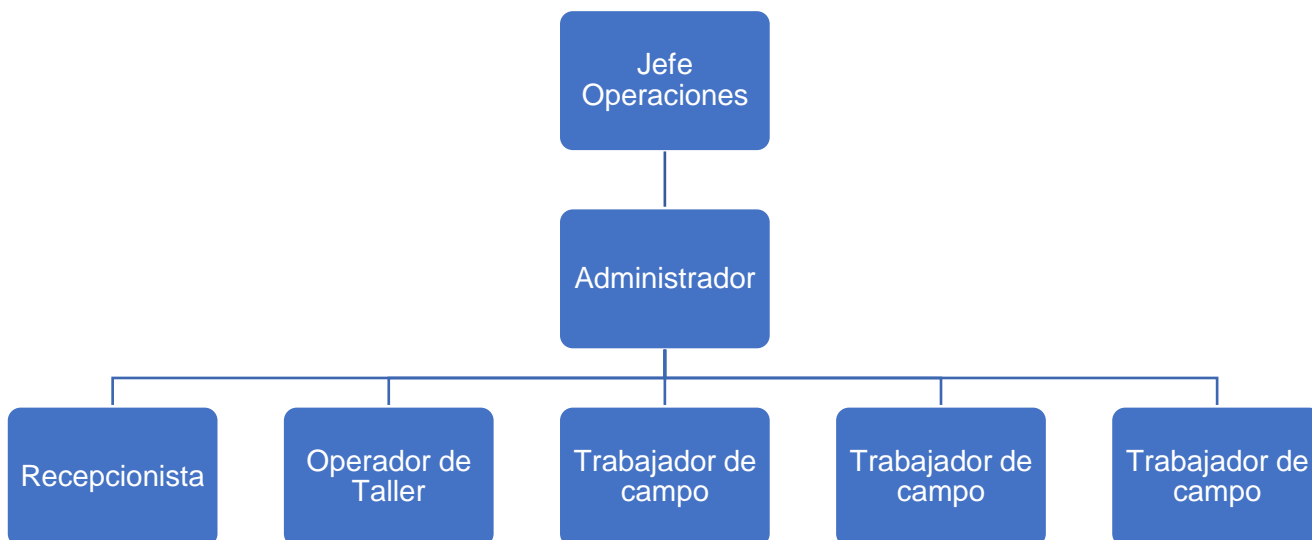
1.2.3 Visión

Ser una de las empresas de servicios de reparación de herramienta electromecánica con más participación en el mercado (elaboración propia).

1.2.4 Estructura organizativa

Redes Subterráneas Matelec S.A. cuenta con 7 trabajadores, 1 jefe de operaciones, 1 administrador, 1 recepcionista, 1 operador de taller y 3 trabajadores encargados en la del trabajo de campo con los clientes, resumidos a continuación:

Figura 2. Estructura organizativa Redes Subterráneas Matelec S.A



Fuente: Elaboración propia.

1.2.5 Productos y servicios ofrecidos

La organización ofrece una gama de servicios amplios, desde el diseño y construcción de soluciones electromecánicas, hasta servicio e instalación de bombas para agua, equipo para piscina, lámparas y material eléctrico en general.

Entre los proyectos destacados en la organización se encuentran los siguientes:

- Instalación de redes eléctricas y telefónicas en las plazas de Garabito y Parrita
- Construcción electromecánica en casas habitacionales en Montezuma.
- Sustitución de tuberías de agua caliente en el hotel Courtyard Marriot Escazú.

También cuenta con el servicio de mantenimiento y reparación de herramientas electromecánicas, a través de un taller de trabajo ubicado en Garabito, en el cual se va a enfocar este proyecto. A continuación, un ejemplo de un proyecto donde se brindaron una gran gama de servicios y materiales relacionados a la práctica de la empresa:

Figura 3. Foto de trabajo realizado en Puntarenas.



Fuente: Página web de la empresa.

1.2.6 Antecedentes del contexto de la empresa o institución

La empresa fue creada en el año 2000 y ha cambiado sus funciones a lo largo del tiempo según las expectativas y necesidades del mercado. Inició en un pequeño local en el centro de Jacó y fue evolucionando hasta abarcar un gran edificio con más de 50 empleados en su punto máximo de crecimiento. Sin embargo, durante la crisis financiera del 2008, sus operaciones se vieron altamente impactadas e inició un proceso de reestructuración muy grande, para ajustar su oferta a la nueva situación del mercado de construcción de la zona.

Estableció su taller de operaciones en el año 2018 y su operación se ha mantenido estable, sin embargo, ha visto un crecimiento en las ventas relacionadas al servicio de reparación del taller desde el levantamiento de las restricciones de la pandemia. No obstante, no se ha preparado adecuadamente para atender la nueva demanda y los tiempos de trabajo han aumentado, creando insatisfacción en el cliente y generando posibles pérdidas de negocio ante los competidores de la zona.

El área de trabajo maneja en promedio 60 herramientas por mes, con un costo promedio de reparación de 25,000 colones y tiempo promedio de reparación de 7 días. Mejorar la productividad del proceso de reparación de herramientas e introducir un manejo eficiente de inventario en los repuestos, incrementaría los márgenes del negocio, disminuiría los tiempos de espera, aumentaría la satisfacción del cliente y daría la oportunidad de abarcar más partes del negocio en la zona.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Definición del problema

El dueño del proceso describe que la mayoría de las herramientas sufren tiempos de espera indeseados debido al diagnóstico del problema de la herramienta, la falta de repuestos en inventario y el contacto a los clientes luego de la reparación, afectando el tiempo de entrega para los clientes. Durante la entrega de herramientas, no existe un proceso estándar para recolectar información de contacto del cliente ni una descripción inicial de los problemas que el cliente detecta en la herramienta. Existe también falta de repuestos para las herramientas, de alrededor de tres días, lo que ocasiona que se deban dejar en espera en promedio tres días y al no tener un proceso de diagnóstico claro, cada vez que se revisita cada herramienta es como iniciar desde cero.

Además, el contacto con el cliente cuando una herramienta está lista para recolección depende del operador del taller, el cual solo tiene la oportunidad de realizar el contacto pocas veces durante el día, debido a la cantidad de herramientas que tiene en proceso de revisión. Esto ocasiona que el tiempo promedio de una herramienta en el taller esperando recolección sea de tres días.

La combinación de estos factores conforma el problema general que se detecta en el taller de reparación de herramientas debido a que ocasiona retrasos en la reparación debido a la espera de repuestos, tiempos de espera en la recolección debido a la falta de contacto proactivo e insatisfacción de los clientes por la experiencia completa.

Existe una oportunidad de mejorar el proceso de recepción de las herramientas, implementar un proceso para el manejo de los repuestos más utilizados y de introducir tecnología que puede agilizar el proceso de contacto con los clientes, lo cual comprende la base a desarrollar en este proyecto.

1.3.2 Justificación

La empresa ha visto un crecimiento en sus ventas desde el levantamiento de las restricciones de la pandemia. Sin embargo, no se ha preparado adecuadamente para atender la sección de reparación de herramientas y los tiempos de trabajo han aumentado, creando insatisfacción en el cliente y generando posibles pérdidas de negocio ante los competidores de la zona. Mejorar la productividad del proceso de reparación de herramientas e introducir un manejo eficiente de inventario en los repuestos, incrementaría los márgenes del negocio, disminuiría los tiempos de espera, aumentaría la satisfacción del cliente y daría la oportunidad de abarcar más partes del negocio en la zona.

Además, debido a que el administrador del taller de reparación de herramientas ha detallado que existe un tiempo de espera indeseado en el proceso de alrededor de 3 días y que cada herramienta pasa en promedio 7 días en el taller, existe suficiente valor para mejorar la productividad del taller e incrementar la cantidad de herramientas que se revisan periódicamente.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta de mejora a través de la metodología DMAIC, implementando un proceso estándar de recepción, despacho y control de herramientas, y así reduciendo el tiempo total del proceso de reparación, aumentando la satisfacción del cliente y las utilidades del sector de negocio de Redes Subterráneas Matelec S.A. durante el primer cuatrimestre del año 2023.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las causas probables del retraso en el proceso de reparación de herramientas y su impacto en los indicadores de la organización.
- Analizar el proceso de recepción de herramientas y el manejo de repuestos en inventario y su efecto en el tiempo total de la reparación de herramientas.
- Crear un proceso estándar de recepción, control y despacho de herramientas en el taller de reparación, que mejore el tiempo total de reparación.
- Elaborar una mejora y un plan de implementación de los cambios al proceso donde se controle el avance de las tareas.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

El trabajo de investigación se enfocará en el taller de reparación de herramientas de Redes Subterráneas Matelec S.A., ubicado en Garabito, Jacó, Costa Rica y busca la implementación de un proceso estándar de recepción, despacho y control de herramientas en el taller de reparación durante el primer cuatrimestre del 2023. El taller da servicio a un promedio de 60 herramientas en un mes de trabajo normal y cada una cuenta con un tiempo promedio de reparación de 7 días, área en la cual se pretende realizar las mejoras en el proceso.

1.5.2 Limitaciones

De acuerdo con una discusión con el administrador de Redes Subterráneas Matelec S.A., se enlistan las siguientes limitaciones relacionadas al proyecto:

1. **Presupuesto:** la organización no cuenta con inversiones presupuestadas para implementar mejoras en el taller de reparación de herramientas.
2. **Personal de trabajo:** el jefe de operaciones no tiene expectativas de incrementar la cantidad de personas que atienden el taller de reparación de herramientas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

2.1.1 Ingeniería Industrial

El objetivo principal de la ingeniería industrial es obtener un mayor número de bienes o servicios mientras se reduce la cantidad de recursos requeridos para producir estos bienes o servicios. Según Gomezcáceres (2018) la ingeniería industrial nace desde la invención de las máquinas de vapor y la introducción de mejoras a su funcionamiento creadas por los estadounidenses desde el siglo XVIII (p.11).

Debido a su enfoque, su aplicación en la industria es muy amplia, ya que puede enfocarse en la mejora de máquinas o instrumentos relacionados al trabajo, en la mejora de puestos o actividades de trabajo o en el rediseño de lugares donde se realizan las diferentes actividades de un proceso, todo con el énfasis de mejorar la productividad. Gomezcáceres (2018) afirma que “La Ingeniería Industrial considera un amplio portafolio de ramas que permiten el direccionamiento de cualquier sistema desde diversas aristas, tales como la gestión del talento humano, gestión de calidad, la producción, la logística, entre otras.” (p.33).

2.1.2 Estandarización

La estandarización es una actividad que busca crear una sola forma de manera un proceso o un servicio, en función que sea replicable para una persona o un equipo de trabajo. Obando (2022) afirma que es vital para una organización mantener la calidad de sus actividades comerciales a

través de la estandarización de procesos y sugiere crear un orden lógico entre el desarrollo, producción y lanzamiento de cualquier actividad comercial que desarrolle una empresa.

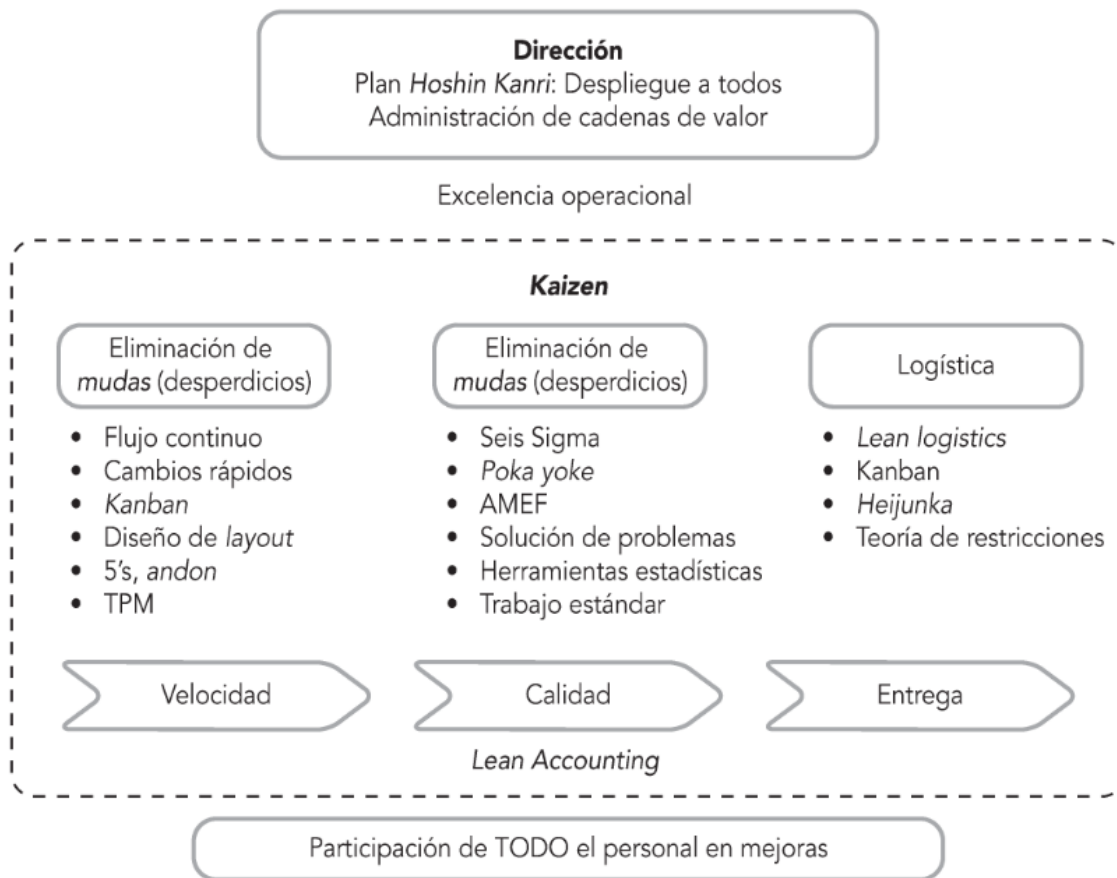
Obando (2022) argumenta también que al aplicar la estandarización en alguna actividad comercial se disminuyen los riesgos, se crean eficiencias en la cadena productiva de la empresa y los procesos se vuelven más claros para la organización. Esto debido a la característica replicable innata de la estandarización, que se asegura que exista un orden lógico en toda la cadena productiva, que permite a su vez crear roles y responsabilidades claras para los trabajadores que son parte de la cadena productiva, eliminando duplicidad en los procesos.

2.1.3 Manufactura esbelta

La definición de manufactura esbelta es “proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizadas y capacitadas.” (Socconini, 2019, p.20)

El objetivo principal de esta práctica es establecer un proceso continuo de identificación de oportunidades de mejora dentro de una organización, para que de una manera ágil se puedan revisar y eliminar los desperdicios que se generan en los diferentes pasos de la cadena comercial de una compañía. Para ejecutar su objetivo, manufactura esbelta se apoya de un modelo estratégico resumido en la siguiente figura:

Figura 4. Modelo estratégico manufactura esbelta.



Fuente: *Lean Manufacturing Paso a Paso* (2019).

Para que realmente exista un compromiso de mejora continua de todo el personal de una compañía, como lo sugiere el modelo estratégico anterior, debe existir una estrategia impulsada a corto o mediano plazo por los líderes de la organización, además de asegurarse que los empleados cuenten con el tiempo y los recursos necesarios para poder cumplir con las tareas del modelo estratégico que sugiere manufacturación esbelta, estos son requisitos mínimos para poder mantener el objetivo de esta metodología a largo plazo.

2.1.4 Optimización

La optimización de procesos consiste en mejorar las restricciones de un proceso, definido por el equipo de redacción de Drew (2020) de la siguiente manera: “La optimización de procesos de negocio es la práctica de aumentar la eficiencia organizacional al mejorar los procesos”.

Una de las bases de esta práctica es el modelo PDCA, que guía a las organización a cómo afrontar un proceso de optimización:

- Planificar una mejora.
- Realizar dicha mejora.
- Comprobar el éxito de la mejora aplicada.
- Actuar para crear una nueva mecánica de trabajado alrededor de la mejora.

2.1.5 Desperdicio

Un desperdicio en el contexto de operaciones industriales es cualquier factor que disminuya la productividad de un proceso. También puede ser reconocido como cualquier acción que no esté directamente relacionada a las actividades que agregan valor a un proceso productivo (Socconini, 2019).

La metodología de manufactura esbelta detalla la existencia de siete tipos de desperdicios que las organizaciones deben de identificar y tratar de resolver continuamente, detalladas a continuación:

- **Sobreproducción:** se identifica cuando se produce más o a un ritmo mayor al requerido por la cadena productiva de un proceso. Esto puede suceder debido a prácticas de la organización de tener almacenado producto por alguna eventualidad, más allá del inventario de seguridad sugerido, o por falta de comunicación proactiva dentro de los grupos de trabajo.
- **Sobre inventario:** se genera cuando existe más material en proceso o producto terminado de lo que requiere una organización según la demanda de sus clientes. Uno de los motivos principales por los cuales existe sobre inventario es por el desconocimiento de la demanda real que tiene la empresa.
- **Productos defectuosos:** se localiza cuando existen productos terminados que no cumplen las especificaciones de calidad o las necesidades de los clientes, productos a los cuales se les invirtieron recursos de la compañía. Pueden ser muchos los motivos de origen de este desperdicio, pero en general se resumen en falta de control del proceso total y sus puntos críticos.
- **Transporte de materiales y herramientas:** se manifiesta cuando se generan transportes de materiales o herramientas hasta las zonas de trabajo, esto desacelera el proceso productivo debido a que se pierde la concentración en las tareas que agregan valor para el proceso total. Una de las características principales de este desperdicio es una falta de organización de las áreas de trabajo, que deben resolverse por la organización.
- **Procesos innecesarios:** este tipo de desperdicio puede ser intangible para algunas organizaciones ya que actividades que no agregan valor tienden a verse como parte del proceso completo. Sin embargo, tareas en un proceso que no estén directamente

relacionadas a la creación o modificación de un producto o servicio, se encuentran en esta categoría. Muchas se originan por problemas de planificación en el área de trabajo.

- Espera: se hacen presentes cuando existe algún tiempo de espera donde el trabajador o una máquina se encuentran detenidos esperando materiales o que termine alguna otra actividad del proceso productivo. Estos tiempos muertos se pueden aprovechar en tareas que agreguen valor a la cadena productiva y, por ende, a través de una mejor planificación de tareas, deben ser corregidos.
- Movimientos innecesarios del trabajador: si se observan las tareas de un trabajador y se identifican traslados dentro de su área de trabajo que no impacten positivamente el proceso productivo, esos ejemplifican este tipo de desperdicio. Es posible que una mejor distribución de las tareas o del área de trabajo ayuden a disminuir este desperdicio.

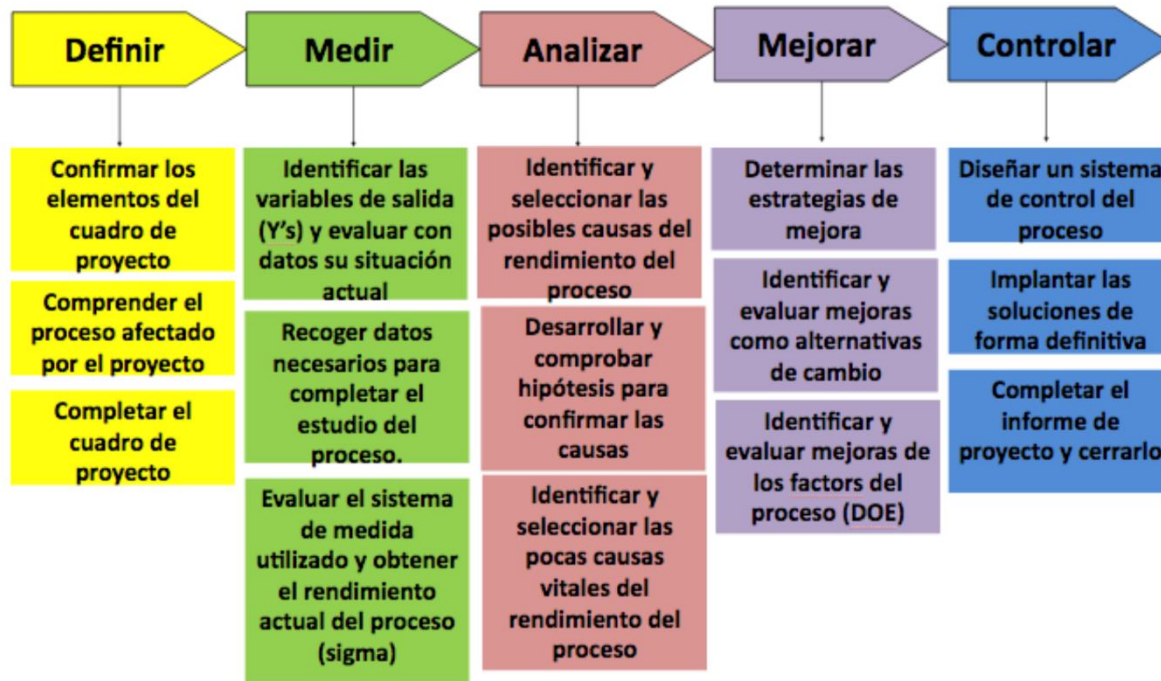
2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

2.2.1 Metodología DMAIC

La metodología DMAIC 6 Sigma se compone de cinco etapas, en las cuales se completan una serie de tareas que permiten mejorar y optimizar los procesos. Consta de 5 etapas: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar.

El siguiente grafico muestra las 5 etapas de la metodología DMAIC

Figura 5. Etapas de desarrollo DMAIC.



Fuente: Página Web Bookdown Calidad y mejora.

Según la metodología, el primer paso es la definición, donde se debe determinar el alcance del proyecto, la expectativa real luego de cualquier mejora a implementar y entender el proceso que se quiere revisar en cualquier proyecto que se vaya a analizar en una organización.

El siguiente paso es la medición del desempeño actual del proceso a analizar como parte de un proyecto de mejora, esta es la sección donde se recolectan datos relacionados al proceso, se evalúa la fuente de estos datos y se comparan contra la expectativa de mejora del proceso, para ir formando una idea de las propuestas de mejora a aplicarse en un área de trabajo.

La siguiente actividad se enfoca en el análisis de la información recolectada en el punto anterior, y como punto más importante, delimitar las causas potenciales que pueden estar impactando la situación que se quiere mejorar en un proyecto. Es importante trabajar de la mano con los

expertos de los procesos para poder priorizar el análisis de las causas más representativas para la cadena productiva.

Como cuarto paso, se deben implementar las mejoras al proceso que ha sido analizado durante las etapas anteriores en la metodología. Para poder completar esta etapa clave del proceso, se debe crear un plan implementación que permita mantener el ritmo de las mejoras y asignar responsables de cada tarea.

Por último, la metodología requiere que se controlen las mejoras a realizar al proceso y a través de identificadores, se garantice que exista una mejora que esté relacionada con las expectativas iniciales del proyecto, pero que asegure que el éxito del proyecto se pueda mantener con el tiempo.

2.2.2 Metodología Kanban

La metodología Kanban tiene un origen japonés y su significado hace referencia a tarjetas visuales, que le ayudan a una organización a determinar cuáles son las tareas aprobadas para estar en proceso, las que vienen en el resto de la cadena y aquellas que ya se han completado (Bouchereau, 2017).

Es importante conocer a detalle el proceso al cual se le espera aplicar esta metodología, para poder detallar bien los pasos que componen las actividades en proceso de una cadena productiva. Para ello, se recomienda utilizar diagramas de flujo, diagramas SIPOC o análisis de valor agregado y aprovecharlos para conocer exactamente el proceso productivo de alguna actividad.

Figura 6. Ejemplo de tabla Kanban.



Fuente: Kaizen Kanban: A Visual Facilitation Approach to Create Prioritized Project Pipelines.

2.2.3 Filosofía Kaizen

Según Imai (2014):

Kaizen significa “mejora continua”. Esta palabra se refiere a mejoras en las que todos participan, tanto los directivos como los empleados, y que exigen relativamente pocos recursos. La filosofía Kaizen parte de la base de que nuestra forma de vida, ya sea en su aspecto laboral, social o en el hogar, debe centrarse en esfuerzos para alcanzar mejoras continuas.

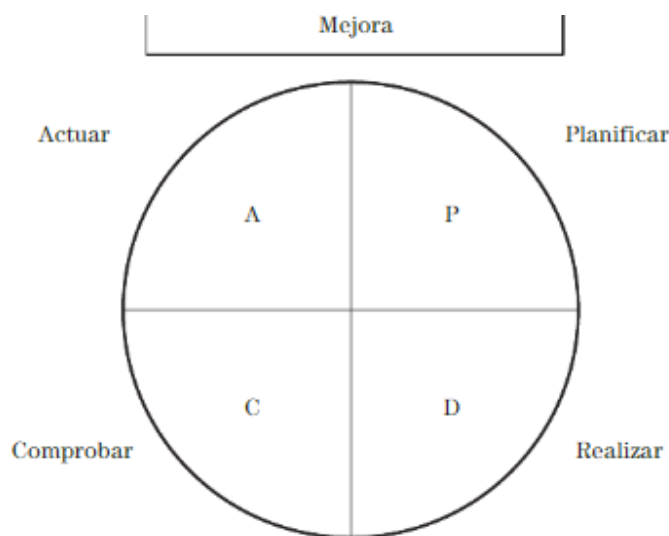
Como lo describe el autor, el objetivo principal de Kaizen es convertirse en una parte innata al estilo de trabajo de la organización, donde se busque la mejora continua en todas las actividades que se realicen. Es de gran importancia que los líderes de las organizaciones comprendan este

objetivo, para que puedan dotar a los trabajadores con los espacios, recursos y herramientas para poder cumplir la expectativa de mejora continua en sus labores.

La filosofía Kaizen guía a las organizaciones a través de una metodología llamada PDCA, que sirve como una base para planificar una mejora, realizar dicha mejora, comprobar el éxito de la mejora aplicada y actuar para crear una nueva mecánica de trabajado alrededor de la mejora.

La siguiente imagen resumen la expectativa cíclica de esta metodología de mejora para las actividades de una empresa:

Figura 7. Resumen Ciclo de PDCA.



Fuente: Gemba Kaizen: un enfoque de sentido común para una estrategia de mejora continua (2014).

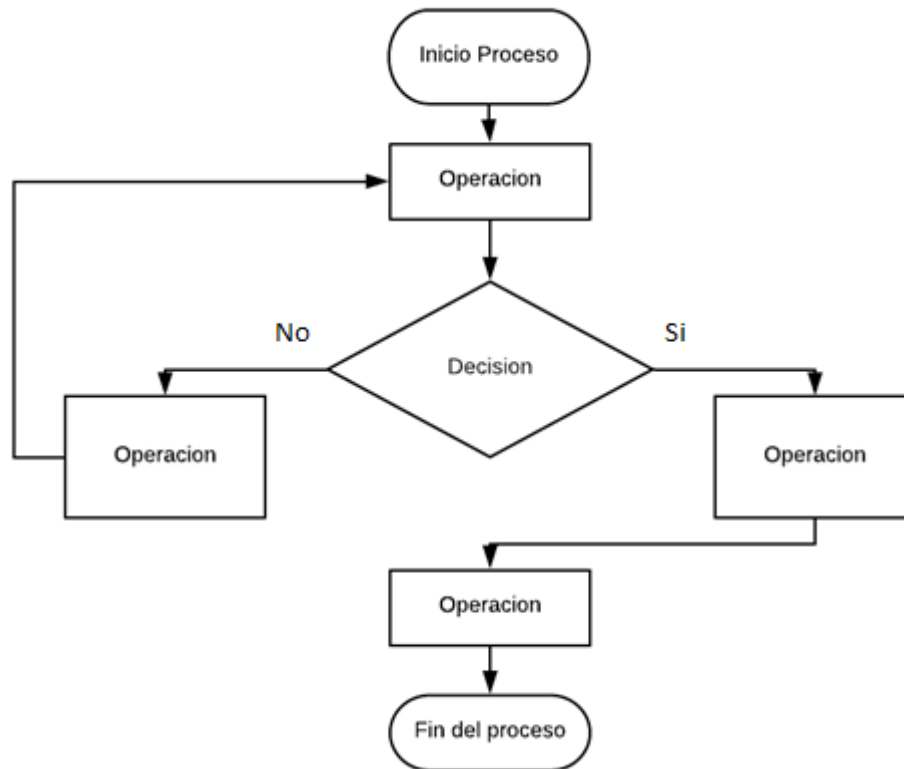
2.2.4 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo del proceso crea una imagen visual y un resumen del paso a paso y el orden cronológico de las operaciones relacionadas a la elaboración de un producto o a la creación del servicio. Su utilidad a nivel metodológico es detallar a un nivel macro los pasos, la

toma de decisiones, las evaluaciones y los resultados de las actividades que pertenecen a una cadena productiva.

Se incluye un ejemplo de un diagrama de flujo en la siguiente figura:

Figura 8. Ejemplo de diagrama de flujo.



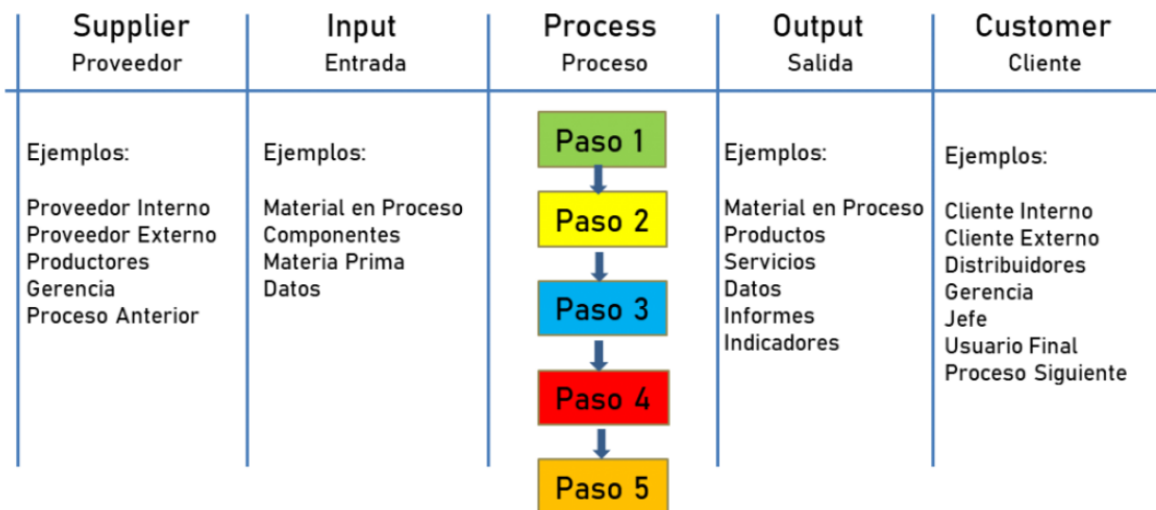
Fuente: Elaboración propia.

2.2.5 Diagrama SIPOC

Es una herramienta que permite resumir de una manera general las interacciones que existen en el proceso, de una manera tabular, entre proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes, identificando los elementos claves entre cada una de las interacciones.

La siguiente figura brinda un ejemplo de la manera tabular en la cual esta herramienta resume el proceso:

Figura 9. Ejemplo de diagrama de SIPOC.



Fuente: Página Web Blog Clockwork (2020).

2.2.6 Herramienta cinco porqué

Esta es una técnica que permite entender la causa raíz de un problema. Sugiere que, al enfrentar un problema, se deben realizar cinco preguntas del porqué el origen de este y cada una de estas preguntas debería ir ubicando las causas potenciales de la situación que se quiere resolver. En el último nivel de la pregunta, la intención es que una organización logre identificar la o las causas raíz de los problemas.

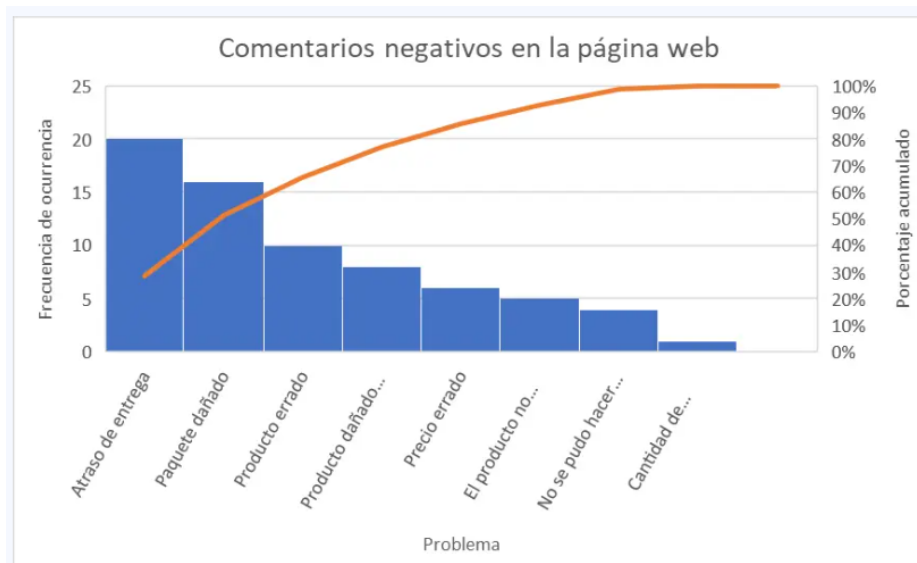
2.2.7 Diagrama de Pareto

De Souza (2019) afirma que “el diagrama de Pareto es una gráfica que organiza valores, los cuales están separados por barras y organizados de mayor a menor, de izquierda a derecha respectivamente” (página web). Esta es una herramienta que tiene bases estadísticas y le pide a la persona o grupo de trabajo que está encargada del análisis de un proyecto, organizar la información de la siguiente manera:

- Resumir los datos y crear categorías que representen los problemas que enfrenta algún proceso.
- Asignar un total de veces que se presentan los problemas según una observación del proceso durante un tiempo prudente.
- Ordenar los datos de mayor a menor según el proceso de recopilación de datos efectuados durante la investigación de los problemas.
- Aplicar fórmulas estadísticas para obtener la frecuencia acumulada, porcentaje unitario de participación según el total de veces que aparece el problema y el porcentaje acumulado.
- Graficar y analizar los resultados.

Luego del proceso estadístico, se pueden evitar los problemas que más impactan los resultados de la actividad analizada, ejemplificado con la siguiente figura:

Figura 10. Ejemplo de diagrama de Pareto.



Fuente: Página Web Rock Content (2019).

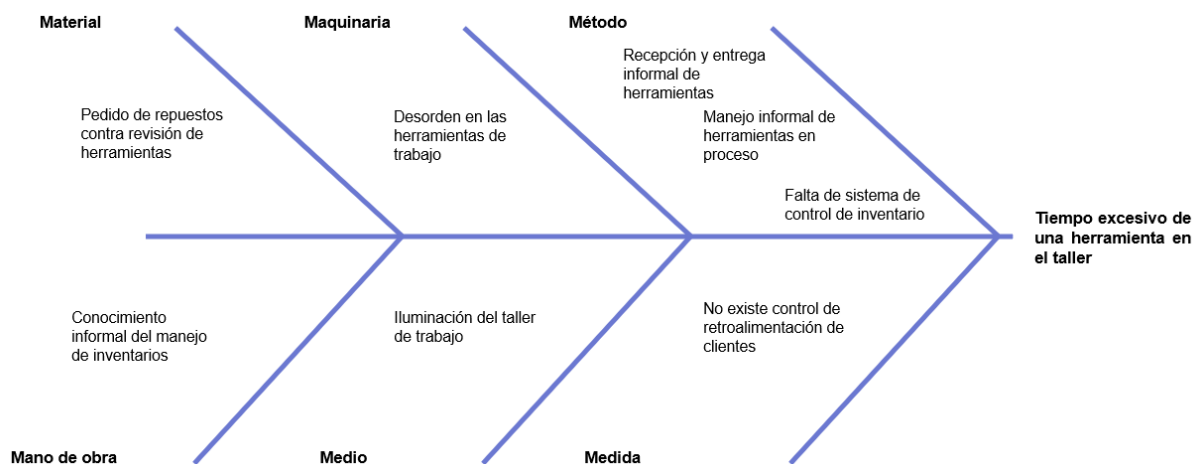
2.2.8 Diagrama Ishikawa

Esta herramienta permite identificar las potenciales causas de un problema según una guía de áreas que se deben cuestionar en el proceso. Se inicia describiendo el problema o el efecto por analizar y luego utilizando las categorías estándar que brinda la herramienta, para incluir en cada una de ellas los potenciales motivos por los cuáles existe un se puede generar el problema original. Las categorías de las causas se resumen de la siguiente manera:

- Máquina: causas relacionadas al equipo o la maquinaria utilizada en el proceso.
- Método: causas relacionadas al proceso que se sigue un área de trabajo.
- Materiales: problemas relacionados a los insumos utilizados en el proceso.
- Medición: asuntos relacionados con toma de datos durante el proceso, ya sea nulos o realizados incorrectamente.

- Personas: inconvenientes relacionados a errores humanos.
- Medio Ambiente: se incluyen factores externos que pueden afectar el proceso.

Figura 11. Ejemplo de diagrama Ishikawa.



Fuente: Elaboración propia.

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

2.3.1 Rentabilidad

La rentabilidad resume el beneficio financiero que se da después de una inversión y sirve como un indicador para medir el desempeño de algún proyecto de mejora en una organización. A nivel práctico, el término de rentabilidad se acompaña con cálculos de valor actual neto y de tasa interna de retorno para poder entender la viabilidad financiera de un proyecto antes de realizar alguna inversión.

El valor actual neto permite entender los flujos de dinero a través del tiempo en el cual se realice un proyecto, entendiendo su valor actual al momento de hacer el análisis. Esto es de suma importancia debido a que se pueden percibir gastos, entradas de dinero o ahorros generados por mejoras en el proceso que se deben analizar, resumido por la siguiente fórmula:

Figura 12. Fórmula de cálculo de valor actual neto.

$$VAN = -D_0 + \frac{FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \frac{FC_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{FC_j}{(1+k)^j} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n} > 0$$

Siendo:

CF_j: Flujo de caja del periodo j
 D₀: Desembolso inicial
 k: Tasa de actualización
 n: Duración de la inversión

Fuente: Página Web César Castillo López.

Otro de los aspectos que se va a considerar durante la ejecución del proyecto es la tasa interna de retorno, esta es la que determina la viabilidad económica de un proyecto y cada organización puede establecer una tasa de retorno propia, según el rendimiento que esperen dentro del trabajo, un ejemplo de su fórmula se encuentra en la siguiente figura:

Figura 13. Fórmula de cálculo de la tasa interna de retorno.

$$VAN = -D_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} = 0$$

Fuente: Página Web César Castillo López.

2.3.2 Productividad

Según Gutiérrez (2020), la productividad es: “hacer las cosas mejor, más rápido y en forma más económica” (p.1). Esta definición resume la gran cantidad de acciones que se toman para poder obtener un beneficio que sea tangible para una organización. Una de sus características principales es ser medible a lo largo del tiempo, permitiéndole a las organizaciones entender su situación actual y compararla a lo largo del tiempo según los cambios que se puedan implementar en un proceso.

El modelo de cálculo de productividad permite ver la operación de una empresa de una manera global y calcularla de la siguiente manera:

Figura 14. Fórmula de cálculo de productividad total.

$$\text{Productividad Total} = \frac{\Sigma \text{Productos}}{\Sigma \text{Insumos}}$$

Fuente: Elaboración propia.

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

En esta sección del marco teórico se evalúan aportes similares que otros ingenieros han realizado a través de proyectos de optimización o estandarización de procesos en la industria, cuyas experiencias y conclusiones puedan aportar valor a la ejecución de este proyecto a nivel práctico, metodológico o teórico.

Como punto inicial, se toma la investigación del Ing. Kent Rodríguez Hernández, quien completó un proyecto sobre la “optimización del proceso de inspección de recibo de materiales y de documentación para la empresa Establishment Labs S.A, durante el segundo semestre del 2018”, la cual se encuentra dentro del marco teórico y metodológico del actual proyecto de graduación.

Una de las conclusiones del Ing. Rodríguez relata lo siguiente: “Se implementó un estándar de trabajo para el proceso de inspección de recibo de los materiales, con el fin de mantener las actividades de inspección estandarizadas, esto genera mayor orden en el departamento” (Rodríguez, 2018). Esta conclusión ejemplifica el gran valor que agrega un proceso de trabajo estándar para una unidad de negocios, para mantener el control y una mecánica clara para la ejecución de los procesos.

También, el Ing. Rodríguez sugiere la siguiente recomendación: “Los estándares de trabajo deben poseer siempre un dueño, en la propuesta se asignó al Ingeniero de calidad. Este debe verificar la información por trimestre y actualizar cualquier cambio que ocurra en el proceso de inspección de recibo” (Rodríguez, 2018). Esta recomendación resulta vital para las organizaciones que participan en cualquier proceso de estandarización de procesos, al asegurarse que exista una persona responsable por mantener el control y la mecánica correcta a través del tiempo, sin roles y responsabilidades claras, se pierde el estándar de un proceso.

Como segundo punto de referencia a nivel de trabajos de investigación anteriores, se toma en cuenta la investigación del Ing. Joseph Sebastián Gómez Salas, titulada: “Diseño de un sistema de control de inventario en la empresa Tecnología Express, durante el segundo semestre del año 2018, el cual aborda la importancia de un sistema de inventarios a nivel metodológico para una organización.

Una de las conclusiones del Ing. Gómez es la siguiente: “La clasificación del inventario por medio del método ABC fue de sumo provecho para identificar cuáles eran los productos de materia prima que significan más” (Gómez, 2018). El método ABC para el manejo de inventario es una de las actividades que se piensa desarrollar en esta investigación, debido a la oportunidad que les brinda a las organizaciones de entender cuáles componentes de su inventario son los más importantes para el proceso.

Adicionalmente, el Ing. Gómez comparte la siguiente recomendación a la organización: “Incorporar en el pensamiento de cada uno de los colaboradores del proceso de inventario, una cultura de disciplina que permita mantener a la empresa trabajar eficientemente, en cada una de las tareas de la bodega y evitar el desorden en la misma” (Gómez, 2018). Esto ejemplifica que por más metodologías que existan o se implementen para el manejo de inventario, debe existir una cultura en el área de trabajo que permita impulsar las buenas prácticas que se recomiendan para poder mantener un modelo de inventarios relevante para la organización.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO

El actual capítulo detalla los pasos completados a través de la metodología DMAIC, y el objetivo de cada una de las herramientas ingenieriles utilizadas en los diferentes pasos de la metodología. Este capítulo se comprende de cinco secciones que abarcan la definición del problema para el taller de reparación, la guía utilizada para la medición y crear un respaldo cualitativo del motivo del proyecto, los pasos seguidos para crear una propuesta de mejora dentro del servicio del taller, el plan de implementación utilizado para llevar a cabo todas las tareas para realmente mejorar el proceso y las herramientas ingenieriles utilizadas para dar control al nuevo proceso y medir los nuevos resultados del área de trabajo.

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para definir el problema que sufre el taller de reparación de herramientas se utilizaron varias herramientas, una entrevista con el encargado del proceso de reparación, quien confirmó la existencia de retrasos indeseados debido a que no existen repuestos en inventario, situación que aumenta el tipo total de la reparación de herramientas. También detalló que no sigue un proceso estándar para la recepción de herramientas ni para la entrega a los clientes, lo cual genera reprocesos en el diagnóstico de las herramientas y los contactos con los clientes cuando las herramientas se encuentran listas para recolección. Luego de la entrevista, se procedió a realizar un diagrama de flujo y un diagrama SIPOC, para entender el proceso completo y las dependencias de cada tarea.

La tabla 1 incluye más detalle de las herramientas utilizadas:

Tabla 1. Metodología para la definición del problema.

Objetivo Específico	Identificar las causas probables del retraso en el proceso de reparación de herramientas y su impacto en los indicadores de la organización			
Actividades	Herramienta	Descripción	Plazo	Responsable
Definir causas del problema	Entrevista	Entrevista a experto del proceso	7 días	Jose Céspedes
Documentar el flujo de trabajo	Diagrama de flujo	Estudio de actividades en el proceso	3 días	Jose Céspedes
Determinar proveedores y clientes del proceso	Diagrama SIPOC	Análisis de las entradas y salidas del proceso	3 días	Jose Céspedes

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO

Con el fin de realizar la medición y el respaldo cualitativo del proyecto, se utilizaron las siguientes herramientas detalladas en la tabla 2:

Tabla 2. Metodología para la medición del problema.

Objetivo Específico	Analizar el proceso de recepción de herramientas y el manejo de repuestos en inventario y su efecto en el tiempo total de la reparación de herramientas			
Actividades	Herramienta	Descripción	Plazo	Responsable
Determinar el número de herramientas en el taller	Análisis estadístico	Revisión de los reportes del taller	3 días	Jose Céspedes
Definir el tiempo de espera promedio	Análisis estadístico	Análisis de pedidos a proveedores	3 días	Jose Céspedes
Documentar el tiempo total promedio de las herramientas	Análisis estadístico	Comparación de fecha de recepción contra fecha de entrega	3 días	Jose Céspedes

Fuente: Elaboración propia, 2023.

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

Para analizar las causas de los problemas en el proceso de recepción y entrega de herramientas en el taller de reparación, el aumento del tiempo total de proceso tomando en cuenta que existen retrasos debido a la falta de repuestos y poder determinar las herramientas que tienen mayor

rotación en el taller y por ende una misma solución crearía un impacto positivo mayor para la organización, se emplearon las herramientas detalladas en la tabla 3:

Tabla 3. Metodología para la propuesta de mejora del problema.

Objetivo Específico	Analizar el proceso de recepción de herramientas y el manejo de repuestos en inventario y su efecto en el tiempo total de la reparación de herramientas			
Actividades	Herramienta	Descripción	Plazo	Responsable
Cuantificar los productos de mayor rotación	Pareto	Ubicar productos estrella	3 días	Jose Céspedes
Analizar las causas del aumento del tiempo total	Diagrama de Ishikawa y Análisis Multi voto	Estudio de actividades en el proceso	3 días	Jose Céspedes
Cuestionar el procesos de recepción y entrega	Análisis 5 por qué	Análisis de las entradas y salidas del proceso	3 días	Jose Céspedes

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

La cuarta etapa de la metodología DMAIC cubrió la implementación del proyecto, una vez ya definido el problema, medido los datos y analizado las causas se continuó con la implementación del proyecto a través del sistema de mejora continua que ofrece el ciclo de Deming. Este sistema ofrece una cadena pasos con un orden lógico establecido para planificar la mejora, realizar los cambios necesarios al proceso, controlar los resultados del nuevo proceso y actuar sobre esos resultados para poder ajustar el nuevo proceso a las necesidades del negocio.

Específicamente para la implementación del este proyecto se cubrieron las siguientes actividades:

- **Planificar:** se identificó el problema del taller de reparación a través de una entrevista con el encargado y la documentación del flujo de trabajo actual. Esto al mismo tiempo que se analizaron los reportes de trabajo y se enlistaron los motivos más frecuentes que causan demoras. Se determinó el diseño de la propuesta de mejora y los objetivos esperados según su alcance.
- **Hacer:** se ejecutaron los cambios al proceso como resultado de la etapa anterior, esto a través de un nuevo diseño del trabajo y la adquisición de repuestos en inventario para los productos estrella del taller. Se procedió a registrar los resultados del nuevo proceso en un sistema de control de datos para un análisis en las siguientes etapas.
- **Controlar:** luego de los cambios al proceso aplicados en la etapa anterior, se procedió a analizar los resultados del nuevo proceso según los indicadores implementados en los

objetivos de la propuesta, para evaluar el impacto que tuvo la propuesta sobre el problema del taller de reparación.

- Actuar: se procedió a ajustar el plan de mejora según los aprendizajes obtenidos en la medición de resultados del nuevo proceso y se documenta la nueva mecánica de trabajo, asignando al encargado del taller como el responsable de mantener la nueva forma de trabajo a través del tiempo.

La tabla 4 resume las herramientas utilizadas en esta etapa:

Tabla 4. Metodología para la implementación del proyecto.

Objetivo Específico	Elaborar una propuesta y un plan de implementación de los cambios al proceso donde se controle el avance de las tareas			
Actividades	Herramienta	Descripción	Plazo	Responsable
Definir indicadores del nuevo proceso	Análisis estadístico	Visibilidad para la gerencia	3 días	Jose Céspedes
Documentar el nuevo flujo de trabajo	Diagrama de flujo	Estudio de actividades en el proceso	3 días	Jose Céspedes
Monitorear el inventario	Software inventarios	Controlar los productos estrella	14 días	Jose Céspedes

Fuente: Elaboración propia, 2023.

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

Come último paso de la metodología DMAIC se utilizó un diagrama de GANTT para controlar y monitorear el desarrollo de la propuesta, además de analizar el comportamiento de los nuevos indicadores del proceso. Al finalizar el proyecto, se ajustó la recomendación según los aprendizajes obtenidos de la etapa anterior y se trabajó con el encargado de taller para documentar el nuevo proceso. Se emplearon las herramientas detalladas en la tabla 5:

Tabla 5. Metodología para la verificación y control de los resultados.

Objetivo Específico	Elaborar un plan de implementación y de control de los cambios al proceso donde se controle el avance de las tareas			
Actividades	Herramienta	Descripción	Plazo	Responsable
Ejecutar el plan de proyecto	Diagrama de GANTT	Asegurar el éxito del proyecto	21 días	Jose Céspedes
Monitorear los resultados del nuevo proceso	Indicadores del proceso	Comparar el antes y después del proceso	14 días	Jose Céspedes
Documentar nuevo proceso	Diagrama de flujo	Asegurar el proceso a través del tiempo	7 días	Encargado del taller

Fuente: Elaboración propia, 2023.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El siguiente capítulo del proyecto se enfoca en la en las etapas de medición y de analizar de la metodología DMAIC, por lo que pretende analizar las causas del problema actual que enfrenta la organización. El análisis de desarrolla a través de diferentes herramientas ingenieriles, aplicadas en un orden lógico luego de la definición del problema, para cuantificar el impacto en flujo de trabajo y para analizar los motivos por los cuales se genera el problema en el taller de reparación de herramientas de Redes Subterráneas Matelec S.A.

Como fue detallado en la justificación del problema en el capítulo uno del proyecto, el dueño del proceso describe que la mayoría de las herramientas sufren tiempos de espera indeseados debido al diagnóstico del problema de la herramienta, la falta de repuestos en inventario y el contacto a los clientes luego de la reparación, afectando el tiempo de entrega para los clientes. Este tiempo de espera indeseado en el proceso es de alrededor de 3 días y cada herramienta pasa en promedio 7 días en el taller como tiempo total.

Además, la empresa ha visto un crecimiento en sus ventas desde el levantamiento de las restricciones de la pandemia. Sin embargo, no se ha preparado adecuadamente para atender la sección de reparación de herramientas y los tiempos de trabajo han aumentado, creando insatisfacción en el cliente y generando posibles pérdidas de negocio ante los competidores de la zona.

Todos estos detalles fueron obtenidos a través de una entrevista con el encargado del taller, detallada a continuación:

4.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

4.2.1 Aplicación de entrevista al encargado del taller

Se utilizó un formato de entrevista estructurada a través un cuestionario detallado en el apéndice 1, para obtener más información del funcionamiento del taller y los detalles del proceso, esto con la intención de poder generar diagramas del flujo de las herramientas. Luego de la primera ronda de preguntas, se añadieron tres preguntas adicionales para confirmar detalles adicionales del proceso.

La sección descriptiva del proceso de entrevista se resume de la siguiente manera:

- Proceso de recibimiento de herramientas en el taller: las herramientas son recibidas por el encargado del taller y luego de una conversación con el cliente se documentan en una nota de papel los detalles capturados de la conversación. Se procede a realizar el cobro de ₡4,000 colones para reservar el espacio de diagnóstico y se le indica al cliente el que en dos o tres días debería recibir más información.
- Repuestos necesarios para las herramientas en inventario: no existen los repuestos ya que se compran luego del diagnóstico y aprobación del cliente.
- Proceso de despacho de herramientas en el taller: Cuando las herramientas han sido arregladas, el encargado de taller intenta realizar un contacto con el cliente a través de una llamada telefónica. Se procede a hacer el cobro correspondiente a la hora del retiro de las herramientas por el cliente.
- Herramientas que más ingresan al taller: herramientas electromecánicas como taladros o esmeriladores industriales.

- Facilidad de ubicar los detalles del diagnóstico inicial: nula, el encargado de taller menciona que los detalles de la nota en papel nunca son suficientes para determinar un diagnóstico y que es común que se extravíen dentro del mueble donde se acomodan todas las herramientas en el taller.
- Contacto al cliente para la entrega de herramientas: se llama al cliente en el momento que una herramienta ha sido reparada.

Además de la sección descriptiva, se capturaron algunos detalles cuantitativos del proceso, a través de la misma entrevista, la tabla 6 a continuación resume los detalles:

Tabla 6. Pregunta 2, 5, 9 y 10 de la entrevista estructurada.

Pregunta	Resultado
Tiempo promedio de una herramienta en el taller	7 días
Personas involucradas en el proceso	1 persona
Herramientas revisadas por día	3 herramientas
Costo promedio reparación de herramientas	25mil colones

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La entrevista realizada al operador funcionó como guía inicial para determinar el problema que sufre la organización y ajustar los esfuerzos siguientes del proyecto.

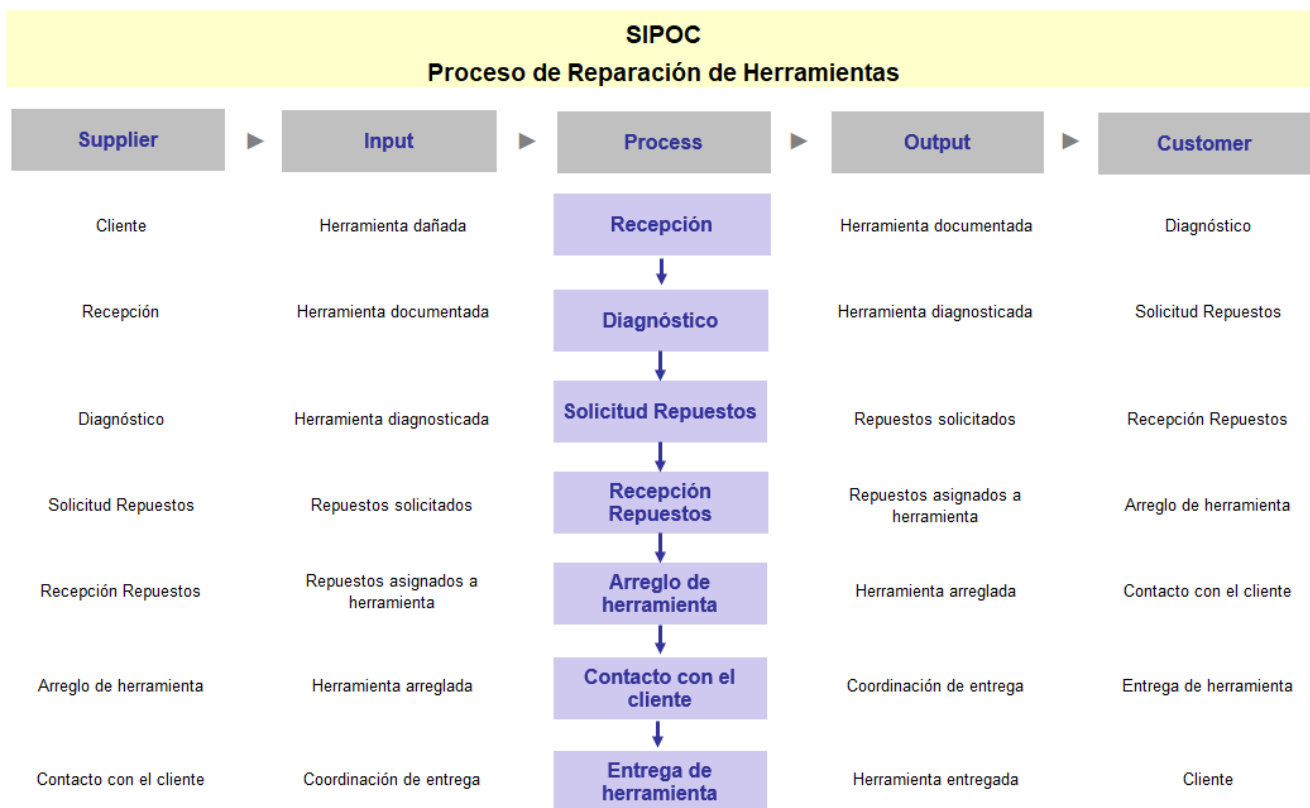
Para terminar de formar una opinión con relación al problema principal y según los datos brindados en el proceso de entrevista, se procedió a documentar el proceso a través de un diagrama SIPOC y un diagrama de flujo. El diagrama SIPOC funcionó para seccionar el proceso completo en pasos pequeños de mejor comprensión y entender los subprocesos responsables del proceso completo. A nivel del diagrama de flujo, permitió documentar el orden lógico que

sigue una herramienta dentro del taller y demostrar las decisiones que lleva a cabo el operador del taller.

4.2.2 Definición de los pasos del proceso a través de un diagrama SIPOC

La parte inicial del análisis se hizo a través de un mapeo de las tareas principales que existen en el proceso, detallando las entradas y salidas de cada tarea a través de un diagrama SIPOC representado en la figura 15:

Figura 15. Diagrama SIPOC del proceso de reparación de herramientas.



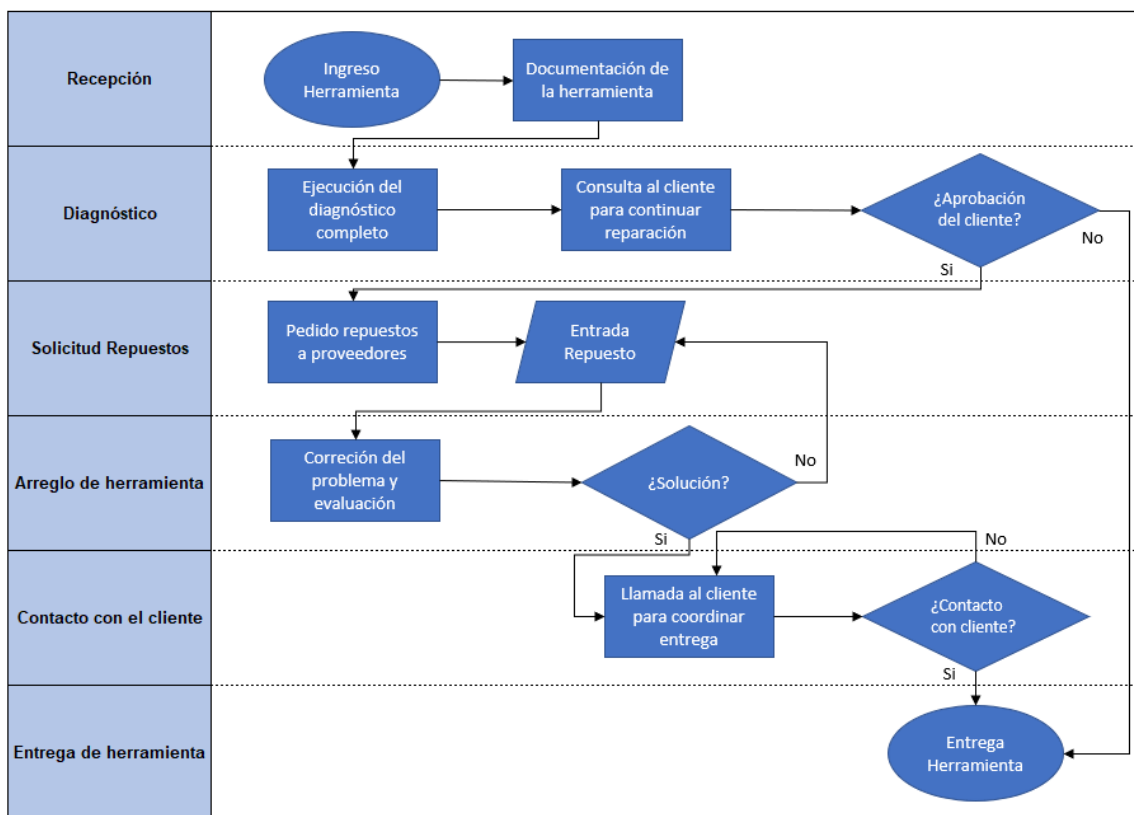
Fuente: Elaboración propia.

Como parte de los aprendizajes de la aplicación de esta herramienta, se logra demostrar un proceso que depende del diagnóstico de la herramienta para poder realizar un pedido a los proveedores de repuestos y también que el diagnóstico inicial de la herramienta sucede luego de ser entregada por el cliente.

4.2.3 Flujo del proceso de reparación de herramientas

Para continuar con un análisis más detallado del proceso de reparación de herramientas y con los aprendizajes de la entrevista al encargado de taller, se documenta en la figura 16 el diagrama de flujo del proceso:

Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de reparación de herramientas.



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los resultados del diagrama de flujo se detalla una vez más la dependencia del diagnóstico para iniciar la documentación del problema en la herramienta y la existencia de varios puntos de decisión en proceso, todo ejecutados por el mismo encargado del taller.

4.3 MEDICIÓN DEL PROBLEMA

4.3.1 Análisis del tiempo de una herramienta en el taller

Como parte del proceso de análisis del proyecto, se trabajó con el encargado del taller para determinar el tiempo promedio de las herramientas en el taller durante el año 2023, revisando las actas desde el ingreso de la herramienta al taller y la entrega al cliente. Además, para poder coleccionar la información relacionada al tiempo de espera de repuestos, se analizaron los pedidos a los proveedores y las fechas de entrega de estos repuestos según las facturas durante el 2023.

Sin embargo, existen dos etapas en las cuales no se contaba con detalles exactos, el tiempo de diagnóstico y entrega al cliente. A través de una medición solicitada al encargado del taller, se logra coleccionar una muestra de información del flujo de herramientas de tres semanas. Todos estos detalles se resumen en la tabla 7:

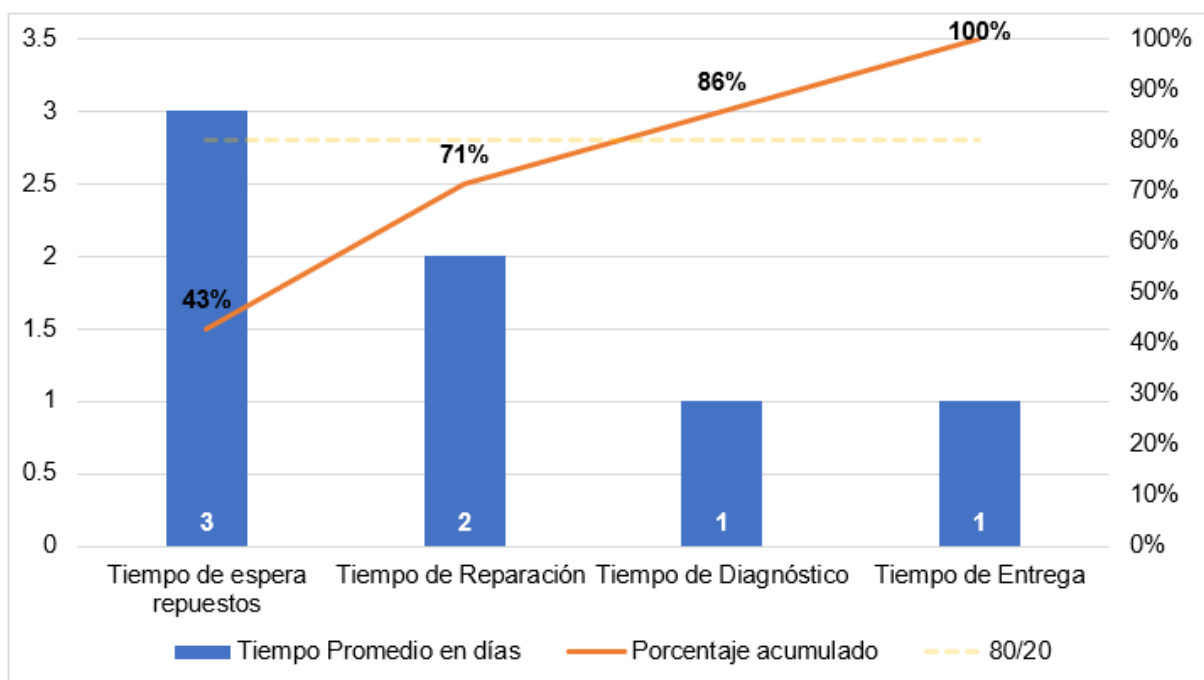
Tabla 7. Análisis de tiempo de las herramientas en el taller.

Detalle	Tiempo Promedio en días	Porcentaje del total
Tiempo de espera repuestos	3	43%
Tiempo de Reparación	2	29%
Tiempo de Diagnóstico	1	14%
Tiempo de Entrega	1	14%
Tiempo total en taller	7	

Fuente: Elaboración propia.

Se puede deducir del análisis de tiempo realizado que el tiempo de espera por repuestos compone un 43% del tiempo promedio que una herramienta está en proceso en el taller, lo que representa una gran oportunidad de productividad. El tiempo de reparación compone el segundo punto de atención, sin embargo, esta es un área que requiere conocimiento técnico a nivel de ejecución y el administrador afirma que es un tiempo aceptable para esta actividad, esto se ve reafirmado a través del siguiente diagrama de Pareto:

Figura 17. Análisis de causa raíz del tiempo de una herramienta en el taller.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados del análisis estadístico, el tiempo de espera para los repuestos representa el factor principal del tiempo de una herramienta dentro del taller, el cual se espera atacar a través de este proyecto.

4.3.2 Revisión de los comentarios de los clientes

El taller maneja un buzón de sugerencias que históricamente no ha recibido uso de los clientes. Como parte de la ejecución de este proyecto desde las comunicaciones iniciales, se le solicitó al encargado del taller que incentivara el uso del buzón a los clientes para dar retroalimentación del proceso de reparación, esto debido a que parte del problema que mencionó la organización era que había recibido quejas de los clientes, pero no existía un mecanismo de recopilación. Desde enero, se han recibido treinta respuestas desde enero, los aprendizajes resumidos en la tabla 8:

Tabla 8. Análisis de los comentarios de los clientes en el primer trimestre del 2023.

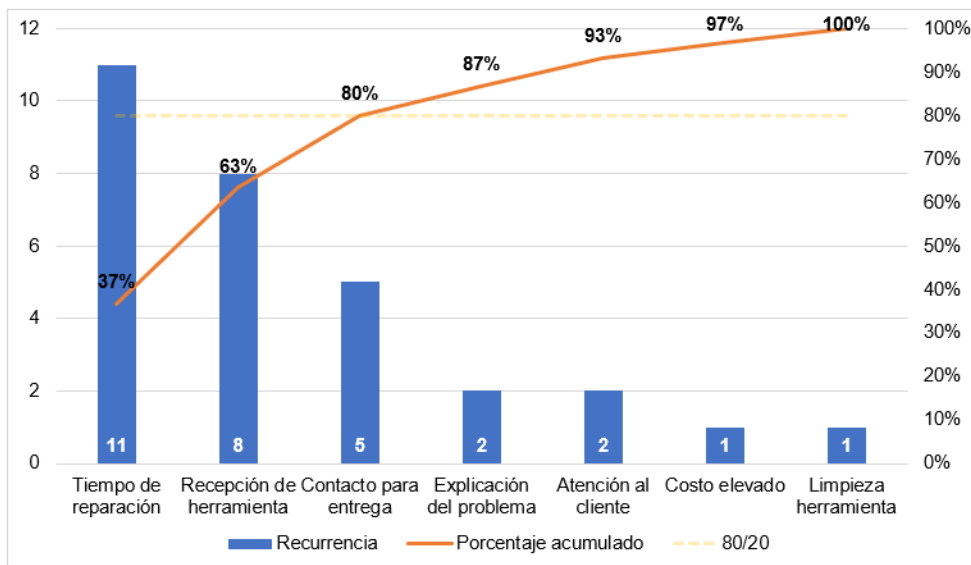
Retroalimentación	Recurrencia	Porcentaje del total
Tiempo de reparación	11	37%
Recepción de herramienta	8	27%
Contacto para entrega	5	17%
Explicación del problema muy técnica	2	7%
Atención al cliente deficiente	2	7%
Costo elevado	1	3%
Limpieza herramienta	1	3%
Total	30	

Fuente: Elaboración propia.

Según la evaluación realizada a los comentarios de retroalimentación de los clientes, se identificó que el tiempo de reparación, el proceso de recepción de la herramienta y el contacto

para la entrega representan la mayor cantidad de quejas que los clientes le han brindado a la organización, esto se representa gráficamente a través del siguiente diagrama de Pareto:

Figura 18. Análisis de causa raíz sobre comentarios de los clientes.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados del análisis de la retroalimentación de los clientes, existen tres motivos principales que causan el mayor impacto en los comentarios recibidos. El tiempo de reparación, el proceso de recepción de las herramientas al ingresar al taller y la manera en la cual se realiza el contacto para coordinar la entrega de las herramientas luego de ser reparadas.

4.4 MEDICIÓN DEL PROBLEMA

4.4.1 Análisis de posibles causas del retraso en el tiempo de reparación

De acuerdo con los análisis realizados en los procesos de la empresa, las entrevistas completadas al encargado del taller y las observaciones concluidas al proceso, se estableció el uso del

diagrama de “Ishikawa” como una herramienta para poder organizar las posibles causas del retraso de las herramientas dentro del taller. La intención principal de esta herramienta es poder organizar las posibles causas y poder realizar una investigación con la ayuda del encargado del taller y el administrador de la empresa.

El método de las “6M” conocido también como “Ishikawa” se aplica de la siguiente a través de categorías establecidas en las cuales se ubican las posibles causas de un problema, aplicado en el proyecto de la siguiente manera:

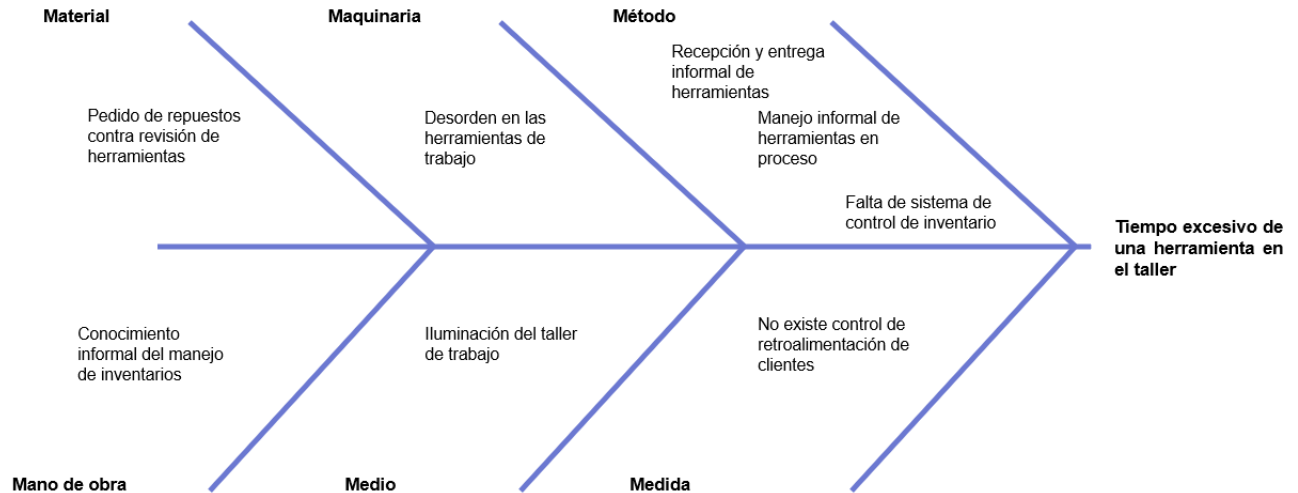
- **Material:** durante el proceso de entrevista con el encargado del taller se detalla que el taller no cuenta con la mayoría de los repuestos necesarios para reparar las herramientas. Se debe realizar un pedido y esperar en promedio tres días para obtener los repuestos y continuar el proceso de reparación, esto se evidencia también según la revisión de los pedidos a los proveedores y las confirmaciones de entrega en el taller, debido a esto se considera como una causa posible a atacar dentro del proyecto.
- **Maquinaria:** dentro de las asunciones realizadas durante el proyecto, se esperaba un taller donde las herramientas de trabajo no contarán con un lugar establecido ni una mecánica de organización, sin embargo, durante la visita al taller se observó un lugar de trabajo ordenado, donde se realizan limpiezas semanales para mantener el control, debido a esto se descarta como una posible causa. El anexo 2 contiene la evidencia de este hallazgo.
- **Método:** existen diferentes métodos de trabajo que se pueden mejorar según los aprendizajes del análisis de los comentarios de los clientes y de las observaciones dentro del taller. Los clientes tienen comentarios negativos ante el proceso actual de recepción y entrega de las herramientas, los cuales se van a abarcar dentro de las propuestas de

mejora del proyecto. Otro método que puede ser mejorado es el control de las herramientas en proceso, ya que actualmente son acumuladas en estantes y el encargado del taller tiende a gastar tiempo a la hora de ubicar una herramienta en proceso. También existe la necesidad de establecer un sistema de control del inventario sobre los repuestos, ya que parte de las recomendaciones para la organización se van a centrar en esta área.

- Mano de obra: uno de los motivos por el cual no existe un proceso formal para manejar el inventario de los productos es la falta de conocimiento de cómo manejarlo de una manera sencilla, eso abre la oportunidad de explorar algún sistema tecnológico que pueda crear ese conocimiento en el encargado e indicarle a la organización el mejor momento de reordenar nuevos repuestos.
- Medio: otra de las asunciones realizadas durante el proyecto fue la investigación de las condiciones físicas del taller y determinar si se existía cumplimiento de la norma INTE 31-08 06-97 sobre las condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo, sin embargo, el local cuenta con las autorizaciones necesarias, por lo cual se descarta esta posible causa. El anexo 2 contiene la evidencia de este hallazgo.
- Medida: el taller lleva un control de las herramientas que ingresan y salen del taller, sin embargo, no cuentan con un sistema para controlar los comentarios de los clientes y brindarles información sobre la reparación de las herramientas, esto según los clientes es una oportunidad de mejora para la empresa.

El modelo gráfico se representa a través de la figura 19:

Figura 19. Análisis de posibles causas del retraso en el tiempo de reparación.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Votación de causas más relevantes del retraso en el tiempo de reparación

Existen causas probables que han sido investigadas durante la ejecución del proyecto, sin embargo, se necesita conocer la opinión del encargado del taller y del administrador de la empresa, esto para poder calibrar las causas probables usando todo el conocimiento de las personas que realmente se encargan del día a día de las operaciones del taller. Debido a esto, se decidió realizar un proceso de votación individualmente con el encargado del taller y el administrador, asignándole puntos a cada causa según la información recopilada en el proyecto hasta este punto y tomando en cuenta la opinión de cada uno como experto, lo cual se resume en la tabla 9:

Tabla 9. *Votación de causas más relevantes del retraso en el tiempo de reparación.*

Causa	Voto Encargado Taller	Voto Administrador de Empresa	Tabulación Total
Recepción y entrega informal de herramientas	7	8	15
Pedido de repuestos contra revisión de herramientas	8	6	14
Sistema de control de inventario	5	7	12
No existe control de retroalimentación de clientes	6	4	10
Manejo de las herramientas en proceso	4	5	9
Conocimiento informal del manejo de inventarios	3	3	6
Desorden en las herramientas de trabajo	1	2	3
Iluminación del taller de trabajo	2	1	3

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del proceso de votación identifican las causas principales a los problemas, complementando los análisis realizados hasta este punto del proyecto. También ayudar a descartar la iluminación del taller, el desorden de las herramientas de trabajo y el conocimiento informal de inventarios como causas significativas del origen del problema en la organización.

4.4.3 Análisis de rotación de herramientas y repuestos en el taller

Ya que se identificaron las causas más probables de los problemas en el taller, es importante entender cuáles son las herramientas y los repuestos que más tienen rotación y que más reciben servicio, esto con la intención de identificar los productos estrella y los repuestos que más se solicitan para la corrección de los problemas en las herramientas.

Se utilizaron las actas del taller para poder categorizar el tipo de herramienta que se revisó en el taller, esto con la ayuda del encargado del taller y resumido en la tabla 10:

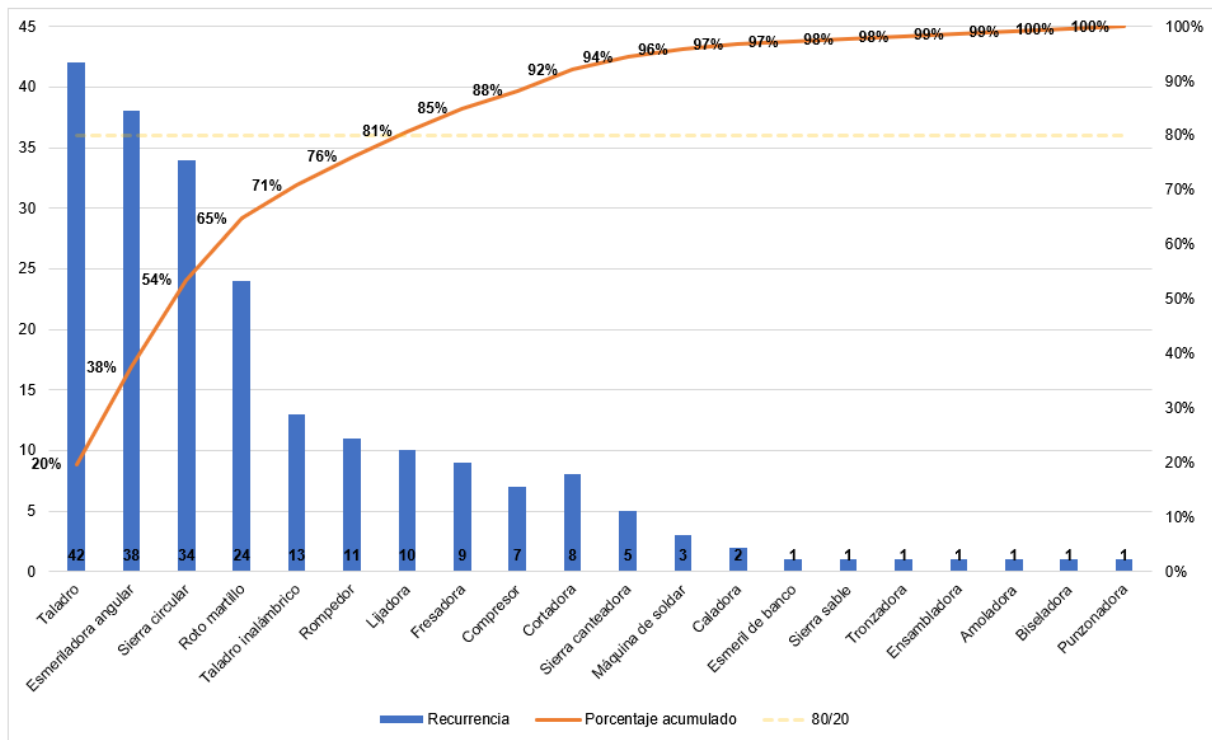
Tabla 10. Herramientas revisadas en el taller en el primer trimestre del 2023.

Herramienta	Recurrencia	Porcentaje del total
Taladro	42	19.72%
Esmeriladora angular	38	17.84%
Sierra circular	34	15.96%
Roto martillo	24	11.27%
Taladro inalámbrico	13	6.10%
Rompedor	11	5.16%
Lijadora	10	4.69%
Fresadora	9	4.23%
Compresor	7	3.29%
Cortadora	8	3.76%
Sierra canteadora	5	2.35%
Máquina de soldar	3	1.41%
Caladora	2	0.94%
Esmeril de banco	1	0.47%
Sierra sable	1	0.47%
Tronzadora	1	0.47%
Ensambladora	1	0.47%
Amoladora	1	0.47%
Biseladora	1	0.47%
Punzonadora	1	0.47%
Total	213	

Fuente: Elaboración propia.

Según el resultado de la tabulación de datos realizada conjunto al encargado del taller, se logran ordenar de mayor a menor los tipos de herramienta que han sido revisadas en los últimos 3 meses y se procedió a realizar un análisis estadístico para poder crear un análisis de Pareto para identificar estadísticamente las herramientas más significativas para la organización, esto se resume en la figura 20:

Figura 20. Análisis de rotación de tipos de herramientas en el taller.



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del análisis de Pareto, se logra identificar que taladros, esmeriladoras angulares, sierras circulares, roto martillos, taladros inalámbricos y rompedores son las herramientas que más reciben servicio en el taller y las que más necesidad de repuestos demandan sobre el taller.

Como un complemento del análisis del tipo de herramientas, también se realizó un conteo de la marca de las herramientas que más son revisadas en el taller, durante los mismos tres meses y los mismos detalles de las actas del taller, los resultados se resumen en la tabla 11:

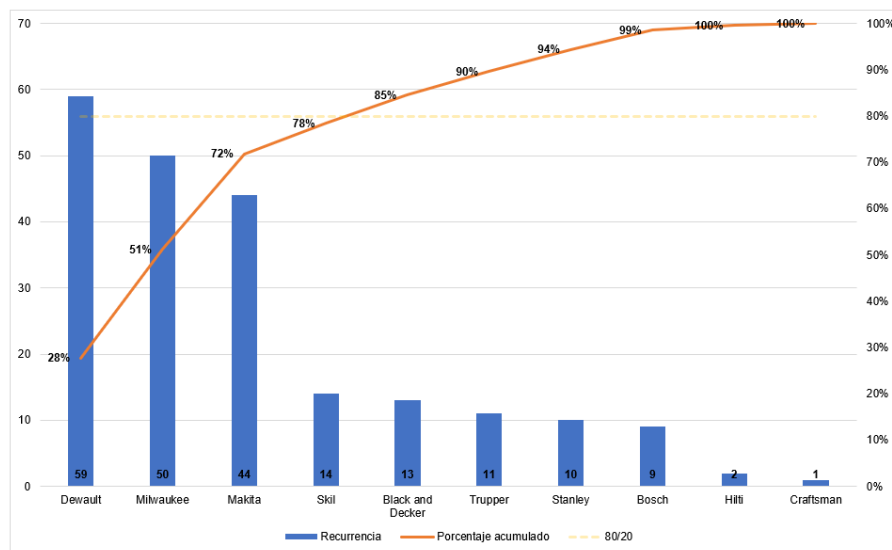
Tabla 11. Repuestos solicitados por marca en el taller en el primer trimestre del 2023.

Herramienta	Recurrencia	Porcentaje del total
Dewault	59	27.70%
Milwaukee	50	23.47%
Makita	44	20.66%
Skil	14	6.57%
Black and Decker	13	6.10%
Trupper	11	5.16%
Stanley	10	4.69%
Bosch	9	4.23%
Hilti	2	0.94%
Craftsman	1	0.47%
Total	213	

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados del control estadístico de las marcas de herramientas, se logran ordenar en términos de mayor representación para la elaboración de un diagrama de Pareto en la figura 21:

Figura 21. Análisis de rotación de marcas de herramientas en el taller.



Fuente: Elaboración propia.

Basado en los resultados del diagrama de Pareto, se establece que existen tres marcas principales que rotan en el taller: Dewault, Milwaukee y Makita.

Otro paso en el proceso para determinar los productos estrella del taller, es entender el tipo de repuestos que más se solicitan a proveedores, con la expectativa de poder utilizar ambos análisis y crear una matriz de relación entre herramientas más revisadas y repuestos más solicitados, y recomendarle a la organización mantener esos repuestos más significativos en inventario. Se revisan los últimos tres meses de solicitud de repuestos con el encargado del taller y la tabla 12 resume los detalles:

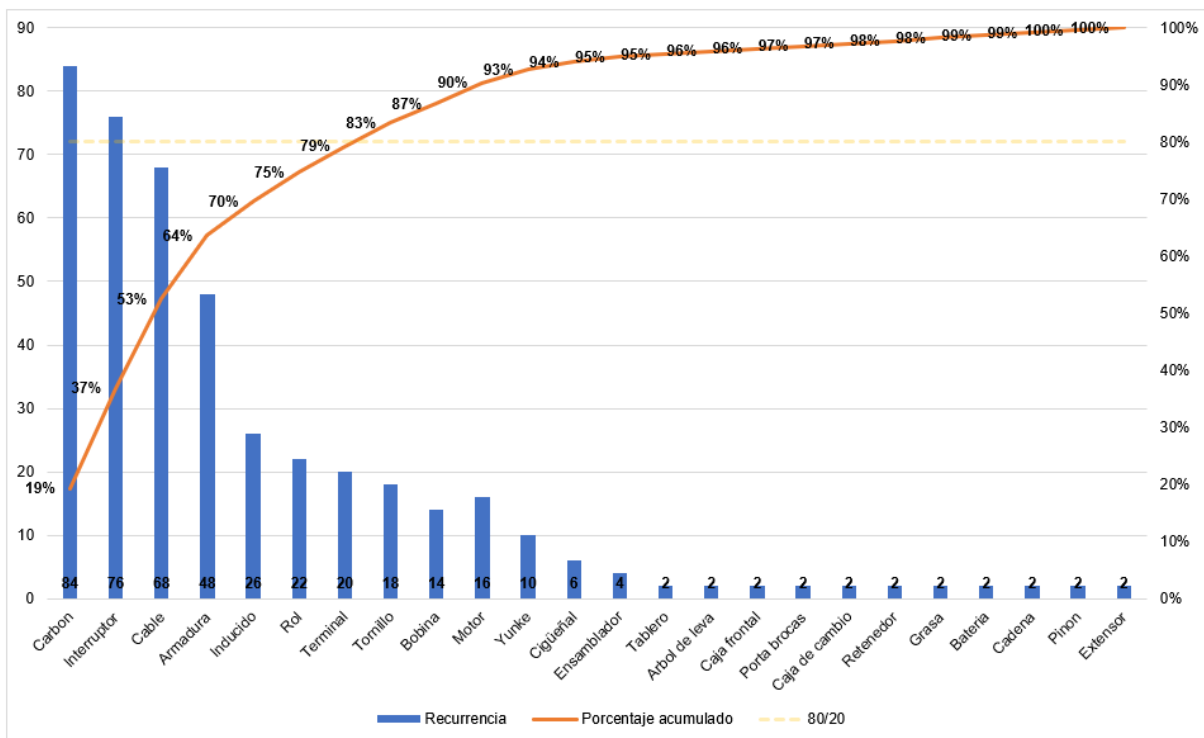
Tabla 12. Tipo de repuestos solicitados por el taller en el primer trimestre del 2023.

Herramienta	Recurrencia	Porcentaje del total
Carbón	84	19.35%
Interruptor	76	17.51%
Cable	68	15.67%
Armadura	48	11.06%
Inducido	26	5.99%
Rol	22	5.07%
Terminal	20	4.61%
Tornillo	18	4.15%
Bobina	14	3.23%
Motor	16	3.69%
Yunke	10	2.30%
Cigüeñal	6	1.38%
Ensamblador	4	0.92%
Tablero	2	0.46%
Árbol de leva	2	0.46%
Caja frontal	2	0.46%
Porta brocas	2	0.46%
Caja de cambio	2	0.46%
Retenedor	2	0.46%
Grasa	2	0.46%
Batería	2	0.46%
Cadena	2	0.46%
Piñón	2	0.46%
Extensor	2	0.46%
Total	434	

Fuente: Elaboración propia.

Según el resultado de la tabulación de datos realizada conjunto al encargado del taller, se logran ordenar de mayor a menor los tipos de repuestos que han sido solicitados a proveedores en los últimos 3 meses y se procedió a realizar un análisis estadístico para poder crear un análisis de Pareto para identificar estadísticamente los repuestos más significativas para la organización, esto se resume en la figura 22:

Figura 22. Análisis del tipo de repuestos más utilizados en el taller.



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del análisis de Pareto, se logra identificar que carbones, interruptores, cables, armaduras, inductores, roles y terminales son los repuestos que más se solicitan en el taller para darle servicio a las herramientas que más ingresan al taller.

4.5 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

4.5.1 Análisis del proceso de recepción y entrega de herramientas

Debido a que se realizaron las diferentes mediciones en las causas de los problemas, se decidió expandir el análisis para entender el impacto que genera un proceso informal de recepción y entrega de las herramientas según los comentarios de los clientes. Ya que no existe un flujo normal del proceso, se procedió a utilizar la herramienta de los cinco por qué para entender el proceso actual, detallado en la siguiente figura 23:

Figura 23. Análisis cinco por qué del proceso de recepción y entrega de herramientas.

Porqué #1	Porqué #2	Porqué #3	Porqué #4	Porqué #5
<p>¿Por qué se considera informal el proceso?</p> <p>R: no existe un encargado específico de las tareas.</p>	<p>¿Por qué no existe un encargado para las tareas?</p> <p>R: porque no se han definido roles y responsabilidades entre el encargado del taller y la recepcionista.</p>	<p>¿Por qué no se han establecidos roles y responsabilidades?</p> <p>R: porque no existe un estándar a seguir en las actividades de recepción o entrega de las herramientas.</p>	<p>¿Por qué no existe un estándar?</p> <p>R: porque no se han desarrollado herramientas para ambos procesos.</p>	<p>¿Por qué no se han desarrollado las herramientas?</p> <p>R: porque no se ha establecido como una prioridad en la organización.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de la herramienta aplicada al encargado del taller, se demuestra que no ha existido un sentido de prioridad suficiente en la organización para poder abarcar esta sección, sin embargo, entendiendo ahora los comentarios de los clientes, toma un sentido de prioridad

importante que se va a cubrir con la ejecución de este proyecto para el taller de reparación de repuestos. En la figura 24 se puede apreciar el estado actual del taller en un día regular de operaciones y el manejo que se le da a las herramientas, no se distingue realmente cuales están pendientes de diagnóstico o cuales se encuentran en el proceso de entrega al cliente.

Figura 24. Estado del taller en un día normal de operaciones.



Fuente: Elaboración propia.

4.5.2 Análisis de ingresos en un mes regular de operación

Para tener una referencia del punto de inicio del taller antes del implementar cambios en el proceso, se trabajó con el administrador para realizar un análisis de ingresos por reparación de

herramientas en un mes normal de operación, los números no representan la realidad del negocio, que, por motivos de privacidad, decidió compartir promedios realistas y no detalles específicos del taller.

Para un mes normal de operación se resume en la tabla 13 las ventas:

Tabla 13. *Análisis de ingreso en un mes regular de operaciones en el taller.*

Concepto	Valor
Herramientas revisadas por día	3
Herramientas revisadas por mes	60
Ventas por mes	₡ 1,500,000.00
Costos de repuestos	₡ 600,000.00
Costos estimados operación	₡ 500,000.00
Impuesto de ventas	₡ 195,000.00
Utilidad despues de costos	₡ 205,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Según la información recolectada con el administrador, se aprecia un volumen de sesenta herramientas en un mes normal de operación del taller, donde se resuelven 3 herramientas en un día de trabajo regular. Esto representa para la empresa ventas promedio por 1,500,000 colones, a las cuales se le deduce el costo de repuestos de 600,000, los gastos de operación del taller por 550,000 colones y el impuesto al valor agregado, llegando a un total de 205,000 colones de utilidad neta de la operación como promedio de los primeros tres meses del 2023.

4.6 CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Luego de completar una serie de análisis en un orden lógico de ejecución para identificar las causas potenciales del problema, realizar un proceso de votación con los expertos del proceso y analizar los comentarios de los clientes sobre el proceso, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El tiempo de espera que sufre el proceso debido a la espera de los repuestos, representa un punto de enfoque para la mejora de los procesos, evidenciado por la retroalimentación de los clientes.
- Existe un grupo de herramientas que genera el mayor número de ventas por servicio de reparación y se ven más impactadas por la falta de un sistema de control de inventario donde se pueda asegurar que el taller tenga los repuestos más comunes a su disposición y reducir el tiempo total del proceso.
- El proceso de recepción y entrega de herramientas no cuenta con un estándar ni con un dueño establecido, no existe tampoco un sistema de roles y responsabilidades donde la recepcionista y el encargado de taller puedan tener claro sus tareas en este proceso.
- Las condiciones del taller en su mayoría son aceptables según las normas técnicas de riesgo de trabajo, sin embargo, la zona de control de las herramientas en proceso no cumple con un orden establecido y el encargado del taller.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 ARGUMENTOS Y DESPLIEGUE DE LA PROPUESTA

Luego del análisis realizado a las posibles causas que generan los problemas en el taller de reparación de herramientas y de las conclusiones establecidas en la conclusión del capítulo cuatro del actual proyecto, se generaron seis diferentes propuestas para resolver la situación actual de la organización:

5.1.1 Propuesta para solucionar el faltante de repuestos más utilizados

Basado en los resultados de los diagramas de Pareto realizados en la etapa de análisis del problema, se logró identificar una relación directa entre el tipo de herramientas que más se recibe en el taller, la marca de estas herramientas y los tipos de repuestos más utilizados en las reparaciones realizadas en el primer trimestre del 2023, representado por la tabla 14:

Tabla 14. Relación entre marcas, repuestos y tipos de herramientas.

Marcas	Dewault, Milwaukee, Makita
Tipo de Repuesto	Carbones, Interruptores, Cable, Armaduras, Inducido, Roles, Terminales
Tipo de Herramienta	Taladro, Esmeriladora, Sierra Circular, Roto Martillo, Taladro Inalámbrico

Fuente: Elaboración propia.

Según la información de la tabla anterior, se puede detallar las marcas, herramientas y los tipos de repuesto que más se utilizan en el taller. Para este conjunto y como punto inicial de la propuesta de mejora, se propuso un proceso de compra de inventario para cubrir un mes regular de operaciones según el análisis de rotación de repuestos realizado en el capítulo anterior y la adquisición de un sistema para su control. El sistema de control de inventario sugerido fue el sistema “E-Stock Web”, el cual se basa en un servicio en la nube y la capacidad de crear usuarios para administrar el sistema. La figura 25 muestra un ejemplo del sistema en uso en las operaciones del taller para la tercera semana de abril del 2023:

Figura 25. Ejemplo del sistema de control de inventario implementado.

Nombre	Depósito	Stock Mínimo	Medida	Cantidad	A reponer
Carbones Dewault	Taller	3.00	Unidad	13.0	0.00
Carbones Milwaukee	Taller	3.00	Unidad	11.0	0.00
Carbones Makita	Taller	3.00	Unidad	10.0	0.00
Interruptor Dewault	Taller	3.00	Unidad	7.00	0.00
Interruptor Milwaukee	Taller	3.00	Unidad	7.00	0.00
Interruptor Makita	Taller	3.00	Unidad	7.00	0.00
Armadura Dewault	Taller	2.00	Unidad	3.00	0.00
Armadura Milwaukee	Taller	2.00	Unidad	3.00	0.00
Armadura Makita	Taller	2.00	Unidad	3.00	0.00
Inducido	Taller	1.00	Unidad	0.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

La herramienta de control de inventarios implementada en el taller se encarga de realizar los cálculos necesarios para garantizar un inventario mínimo de repuestos y de darle visibilidad al administrador del taller de las unidades a reponer, la implementación inicial del sistema fue

enfocada en los productos y las marcas que tienen más rotación según los tipos de herramienta que más se reciben en el taller. A cada repuesto se le fue asignado un código en el sistema que le permite al encargado saber el proveedor específico y la información de los repuestos a solicitar.

El costo relacionado a esta sección de la propuesta, incluyendo el costo mensual del inventario y la licencia del sistema online se detalla en la tabla 15. El apéndice 2 incluye más detalles sobre la licencia adquirida para el taller y el anexo 3 muestra las evidencias del inventario adquirido en la bodega del taller.

Tabla 15. Detalle del costo de implementación de la propuesta de manejo del inventario.

Variable	Costo Total
Inversión inicial inventario	₡ 568,000.00
Costo mensual por administración de inventario (20 horas)	₡ 35,000.00
Costo mensual de la licencia "E-Stock"	₡ 5,000.00
Total	₡ 608,000.00

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Propuesta para mejorar el conocimiento del manejo de inventarios

El administrador de la empresa demostró interés en invertir recursos para que el encargado del taller logre llevar una capacitación básica del manejo de inventarios en preparación a la implementación del sistema de control de inventarios, esto como soporte del proceso de votación a las causas más probables de los problemas realizado en el capítulo anterior.

Como parte del proceso de selección del sistema de inventario, también se le ayudó al administrador a escoger una oferta económica y que pudiera realizarse en un solo día no laborable para la empresa. Debido a las características de la solicitud del administrador, se le

recomendó optar por un espacio disponible en un curso presencial impartido por la Cámara de Industrias de Costa Rica, donde el encargado del taller recibiera una capacitación que cubriera los conceptos básicos de la administración de una bodega, la confirmación del curso llevado se encuentra en la figura 26:

Figura 26. Curso de administración de bodegas tomado por el encargado del taller.



Fuente: Página web Cámara de Industrias de Costa Rica.

Los costos de esta propuesta se componen por el pago del curso y los viáticos del día del encargado del taller, específicamente para cubrir los gastos del traslado hacia San Carlos, el detalle de los costos se muestra en la tabla 16:

Tabla 16. Detalle del costo de la capacitación del encargado del taller.

Variable	Costo Mensual
Costo capacitación del encargado del taller	₡ 86,700.00
Costo por traslado a la capacitación	₡ 20,000.00
Total	₡ 111,700.00

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Propuesta para implementar un sistema estándar de recepción y entrega

Uno de los puntos que los clientes de la empresa más comentaron como oportunidad de mejora en el proceso de retroalimentación que se les brindó, fue el hecho de que existía un proceso muy informal para la recepción y la entrega de las herramientas que ingresaban al taller. Para atacar esta queja, se dividió la tarea en tres acciones particulares, crear un proceso estándar de recepción de herramientas enfocado en poder obtener la mayor cantidad de información de los clientes para soportar el proceso de diagnóstico, implementar un protocolo de contacto a los clientes y establecer una serie de roles y responsabilidades entre el encargado del taller y la recepcionista de la empresa para coordinar las entregas de las herramientas.

Con relación al proceso estándar de recepción de herramientas se decidió crear un formulario que debe ser llenado por los clientes cada vez que una herramienta se deja en el taller, este formulario se creó junto al encargado del taller para cubrir las preguntas más frecuentes para realizar un diagnóstico, reemplazando el anterior proceso de documentar la información en un papel adherido a las herramientas, la figura 27 demuestra el anterior proceso:

Figura 27. Evidencia del proceso informal de recepción de herramientas.



Fuente: Elaboración propia.

El formulario estándar fue creado a través de la solución “Microsoft Power Apps”, a la cual la empresa tenía acceso gracias a su licencia “Office 365”, debido a esto no se generó ningún costo adicional para el taller. El formulario le asigna un número de seguimiento a cada herramienta y le permite al cliente incluir información sobre la herramienta para orientar el proceso de diagnóstico, la figura 28 brinda un ejemplo del formulario:

Figura 28. Parte del nuevo formulario estándar del proceso de recepción de herramientas.

6. Diagnóstico del problema *

	¿Funciona al conectarse?	¿Se sobrecalienta con el uso?	¿Presenta algún ruido inusual?	¿Posee la potencia usual?
Sí	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
No	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
No estoy seguro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Describa el tipo de material en el que regularmente se utiliza la herramienta *

Escriba su respuesta

8. Describa el tipo de uso que le da a la herramienta *

Escriba su respuesta

9. Describa algún otro problema que presente la herramienta *

Escriba su respuesta

Fuente: Elaboración propia.

El formulario alimenta la base de datos existente de la empresa y le permite al encargado del taller agregar los comentarios de las reparaciones realizadas a las herramientas, la fecha de la reparación final y la fecha potencial de entrega. Esto con la intención de brindarle más información a los clientes en el momento de la entrega y poder recapitular las diferentes actividades que se realizaron para reparar las herramientas. Un ejemplo de la base de datos se encuentra en la figura 29 y la figura 30:

Figura 29. Base de datos conectada al formulario del proceso de recepción de herramientas.

Propietario	Número de seguimiento	Fecha de recepción	Preferencia de contacto	Describe la herramienta	Comentarios del taller
[Redacted]	1220	28/03/2023	Teléfono	Taladro Dewault Serie DW31...	Entregada a cliente
[Redacted]	1320	29/03/2023	Whatsapp	Esmerladora Makita Serie M...	Entregada a cliente
[Redacted]	1413	29/03/2023	Whatsapp	Taladro Dewault Serie DW54...	Entregada a cliente
[Redacted]	1491	29/03/2023	Correo electrónico	Lijadora Black and Decker S...	Entregada a cliente
[Redacted]	1495	30/03/2023	Teléfono	Taladro Milwaukee Serie MK...	No reparada por cliente
[Redacted]	1658	30/03/2023	Correo electrónico	Esmerladora Dewault Serie...	Entregada a cliente
[Redacted]	1670	31/03/2023	Whatsapp	Sierra Makita Serie MA81253	No reparada por cliente
[Redacted]	1756	31/03/2023	Whatsapp	Roto Martillo Milwaukee Seri...	Entregada a cliente
[Redacted]	1768	04/04/2023	Teléfono	Taladro Makita Serie MA079...	Entregada a cliente
[Redacted]	1793	04/04/2023	Whatsapp	Esmerladora Milwaukee Se...	Entregada a cliente
[Redacted]	1905	04/05/2023	Whatsapp	Bomba de agua Alpha Serie...	Entregada a cliente
[Redacted]	1906	04/05/2023	Teléfono	Roto Martillo Makita Serie M...	Entregada a cliente
[Redacted]	2013	04/05/2023	Correo Electrónico	Taladro Dewault Serie DW07...	Entregada a cliente

Fuente: Base de datos del taller.

Figura 30. Adicional de columnas modificable por el encargado del taller en la base de datos.

The screenshot shows a SharePoint list interface. At the top, there is a search bar and navigation icons. Below the search bar, the title 'Base de datos Taller de Reparación' is displayed. The list contains 14 items, each with a comment, a repair date, a delivery date, and additional details.

Comentarios del taller	Fecha de Reparación	Fecha de Entrega	Detalles Adicionales
Entregada a cliente	30/03/2023	31/03/2023	Repuestos en inventario
Entregada a cliente	31/03/2023	04/04/2023	Repuestos en inventario
Entregada a cliente	31/03/2023	04/04/2023	Repuestos en inventario
Entregada a cliente	11/04/2023	12/04/2023	No se cuenta con repuestos en inventario
No reparada por cliente	—	30/03/2023	Herramienta desechada
Entregada a cliente	04/04/2023	05/04/2023	Repuestos en inventario
No reparada por cliente	—	31/03/2023	Herramienta regresada al cliente
Entregada a cliente	05/04/2023	11/04/2023	Repuestos en inventario
Entregada a cliente	12/04/2023	13/04/2023	Repuestos en inventario
Entregada a cliente	12/04/2023	13/04/2023	Repuestos en inventario
Entregada a cliente	17/04/2023	18/04/2023	No se cuenta con repuestos en inventario
Entregada a cliente	12/04/2023	13/04/2023	Repuestos en inventario
Entregada a cliente	12/04/2023	13/04/2023	Repuestos en inventario

Fuente: Base de datos del taller.

La siguiente etapa realizada en esta propuesta de mejora fue la creación de una matriz de responsabilidades para la entrega de la herramienta al cliente enfocado en el formato RACI. Esta matriz permitió asignar responsabilidad de las tareas entre la recepcionista y el encargado del taller. También permitió delimitar en que pasos debería existir un proceso de información o de consulta entre cada uno para complementar la tarea por realizar. La figura 31 resume la matriz creada para el nuevo proceso estándar de entrega de herramientas del taller:

Figura 31. *Matriz RACI del proceso de entrega de herramientas a los clientes.*

	Recepcionista	Encargado del taller	Administrador
Lectura del resumen de reparación		R	
Contacto con el cliente	C	R	
Documentar acuerdo de entrega	I	R	
Realizar entrega	R	I	
Solicitar retroalimentación	R	C	I
Documentar entrega	R	I	

Leyendas	R	Responsable
	I	Informado
	C	Consultado

Fuente: Elaboración propia.

El costo de esta propuesta se resume en las horas de entrenamiento que invirtió el encargado de taller y la recepcionista en aprender a actualizar las nuevas columnas de la base de datos y adaptarse a las nuevos roles y responsabilidades para delimitar de una manera más clara las acciones de ambos en el proceso de entrega. La Tabla 18 detalla el costo de esta propuesta:

Tabla 17. Detalle del costo de la capacitación del encargado del taller y la recepcionista.

Variable	Costo Mensual	
Costo de la capacitación del encargado de taller (20 horas)	₡	35,000.00
Costo de la capacitación de la recepcionista (20 horas)	₡	33,000.00
Total	₡	68,000.00

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Propuesta para establecer un proceso estándar de manejo de herramientas.

La cuarta etapa del proceso de propuesta de mejora cubrió el manejo de las herramientas dentro del taller y el lugar de su almacenaje mientras pasan por todas las etapas del proceso de reparación. El encargado del taller confirmó que no existía un proceso claro de donde ubicar las herramientas en el taller y que frecuentemente se mezclaban en diferentes estantes y la única manera de identificarlas era a través de la colilla de información, que normalmente se ensuciaba con el manejo de las herramientas.

Para mejorar la situación se utilizó la metodología 5S y se aplicó de la siguiente manera:

- **Clasificación:** se trabajó con el encargado del taller para clasificar todas las herramientas presentes en el taller y entender el estado de cada herramienta. Este proceso también incluyó el desecho de varias herramientas que los clientes habían decidido no arreglar y aun se encontraban en el taller.
- **Organización:** luego de clasificar las herramientas se identificaron cuatro estados para las herramientas y se trabajó con el encargado del taller para reubicar tres estantes y realizar una rotulación para ubicar las herramientas según su estado en el taller:
 - Herramientas por revisar, rótulo en color azul.
 - Herramientas en revisión, rótulo en color amarillo.
 - Herramientas en espera de repuestos, rótulo en color morado.
 - Herramientas listas para entrega, rótulo color verde.
- **Limpieza:** se trabajó con el encargado de taller para asegurarse que el proceso de limpieza diario sea actualizado para no mezclar las herramientas en los estantes, esto a

través de la explicación del valor de contar con espacios dedicados y permitir una fácil ubicación de las herramientas.

- Estandarización: al haber completado el proceso de rotulación de los estantes y explicado la nueva mecánica de trabajo al encargado del taller se completa el proceso de creación de un modelo estándar de las herramientas en proceso del taller.
- Disciplina: se trabajó con el encargado del taller y el administrador para asegurarse el nuevo proceso estándar fuera aceptado y entendido para su aplicación diaria.

La figura 32, 33 y 34 ejemplifican la nueva distribución del taller de herramientas y los rótulos utilizados para los estantes con su respectiva coloración:

Figura 32. Estante reubicado para el control de herramientas por revisar.



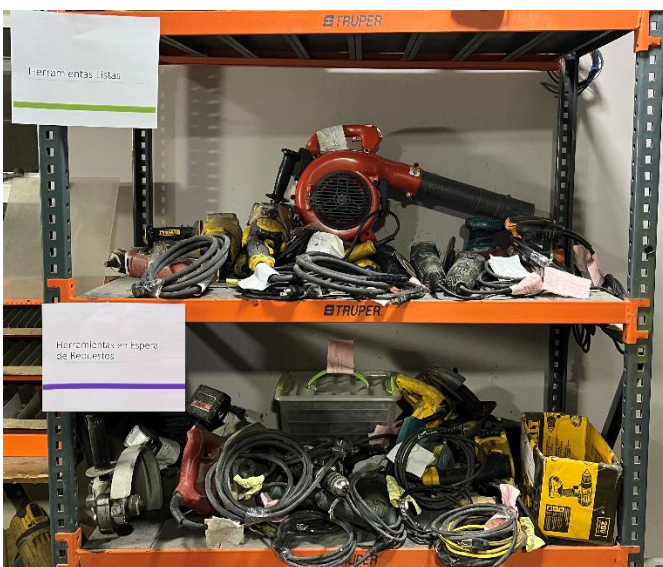
Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Estante reubicado para el control de herramientas en revisión.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Estante reubicado para el control de herramientas en espera y listas para entrega.



Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el taller ya contaba con los estantes disponibles dentro de sus operaciones en la bodega, no se incurrió en costos adicionales por su adquisición. El único esfuerzo necesario fue un proceso de limpieza en el taller que incluyó el reacomodo de las herramientas. Este proceso se realizó en uno de los días libres de operación del taller para no afectar el avance de las reparaciones. Los costos asociados a esta propuesta se detallan en la tabla 18:

Tabla 18. Detalle del costo de la reorganización de los estantes del taller de reparación.

Variable	Costo Mensual
Costo de la reorganización y limpieza del taller (8 horas)	₡ 15,000.00
Total	₡ 15,000.00

Fuente: Elaboración propia.

5.1.5 Propuesta para crear un sistema de retroalimentación de los clientes

Durante la preparación para la ejecución del análisis de las posibles causas de los problemas, se le solicitó al administrador del taller que reutilizara un buzón de sugerencias existente para solicitarle a los clientes retroalimentación sobre el proceso como parte de un proceso de mejora interna. Luego del análisis de las treinta respuestas recibidas por los clientes, se determinó con el administrador que debería existir un canal permanente para que los clientes puedan compartir sus comentarios.

Para habilitar este canal de comunicación se creó un formulario a través de “Microsoft Forms” utilizando la licencia con la que ya cuenta el taller, lo cual no significó ningún costo adicional. El formulario es simple con la intención de recibir la mayor cantidad de respuestas posibles, pero con la capacidad de darle seguimiento a casos particulares al solicitarle al cliente el número de su factura. La figura 35 incluye el detalle del formulario a compartir con los clientes:

Figura 35. Formulario de retroalimentación para los clientes.

Retroalimentación del servicio de reparación de herramientas

Por favor completar según la experiencia recibida

1. Por favor incluya su número de factura

Escriba su respuesta

2. Califique el servicio recibido por la recepcionista



3. Califique el servicio de reparación de la herramienta



4. Si tuviera que cambiar algo del proceso, ¿qué cambiaría?

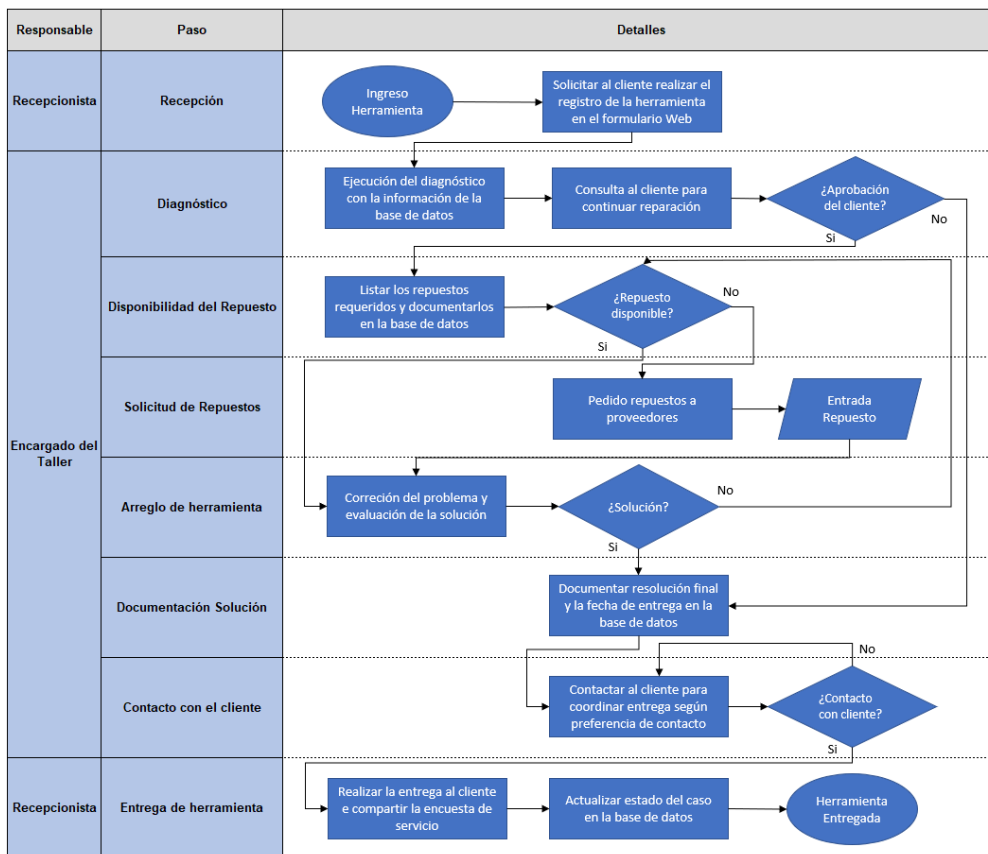
Escriba su respuesta

Fuente: Elaboración propia.

5.1.6 Nuevo flujo de proceso e indicadores relevantes del proceso de reparación de herramientas

El contenido de la última propuesta de mejora se enfocó en la creación de un nuevo diagrama de flujo para contemplar todos los nuevos pasos del proceso y realizar un reacomodo en la secuencia de todos los pasos. Este es un aspecto vital de la propuesta de mejora debido a que crea una base de documentación con la que el taller no contaba y que le permite tener puntos de referencia para mantener un proceso estándar a través del tiempo. La figura 36 contiene una representación gráfica del nuevo flujo de proceso:

Figura 36. Nuevo diagrama de flujo del proceso.



Fuente: Elaboración propia.

Los componentes principales del nuevo proceso de flujo están relacionados a la actualización de la base de datos y a mantener control de las herramientas que pasan por el taller, detallados a continuación:

- Documentación inicial de la herramienta: la intención de este paso es solicitarle al cliente que llene el formulario correspondiente para entregar la herramienta a la recepcionista. Esto le permite al formulario asignar un número de seguimiento a cada herramienta.

- Registro de los repuestos necesarios: el propósito de este paso es asegurarse que se puedan marcar los repuestos a utilizar en el sistema informático de control de inventarios en el cual se invirtió. Cumplir este paso asegura que se mantenga un sistema de inventarios actualizado a través del tiempo.
- Entrega de la herramienta: esta etapa del proceso incluye dos pasos nuevos, incentivar al cliente de usar el formulario de retroalimentación web y actualizar el estado de la herramienta en la base de datos. Ambos pasos funcionan como un complemento para obtener información accionable del cliente sobre el proceso de reparación y mantener la base de datos actualizada.

Luego de haber publicado la documentación del nuevo diagrama de flujo del proceso de reparación de herramientas del taller, se estableció un nuevo grupo de indicadores en el proceso, estos con la responsabilidad de dar visibilidad al administrador y al encargado del taller el estado de las operaciones a través del tiempo. Estos indicadores se establecieron alrededor de los nuevos pasos del proceso, la tabla 19 detalla el contenido y el objetivo de cada uno:

Tabla 19. Nuevos indicadores del proceso de reparación de herramientas.

Indicador	Objetivo	Meta	Frecuencia de Evaluación	Responsable	Fuente
Días de una herramienta en el taller	Controlar que las etapas del proceso se cumplan sin cuellos de botella extensivos	Promedio menor a 5 días	Mensual	Encargado de Taller	Base de datos
Inventario Mínimo de Repuestos	Garantizar la existencia de inventario para las herramientas que más rotan	Evitar inventario 0	Diaria	Encargado de Taller	Sistema E-Stock
Retroalimentación de los clientes	Monitorear la reacción de los clientes para mejorar procesos	Calificación promedio superior a 3 estrellas	Mensual	Administrador	Respuestas de formulario

Fuente: Elaboración propia.

Para iniciar el análisis se obtuvo la información de aquellas herramientas que fueron reparadas para los clientes, excluyendo las herramientas que el cliente haya decidido desechar o no reparar del todo. La tabla 20 detalla las herramientas según su tipo y su tiempo promedio en el taller:

Tabla 20. Resumen de las herramientas del 3 de marzo al 21 de abril del 2023.

Herramienta	Recurrencia	Tiempo Promedio en Taller
Taladro	18	3
Esmeriladora angular	17	4
Sierra circular	14	4
Roto martillo	10	4
Taladro inalámbrico	6	3
Rompedor	5	7
Lijadora	4	7
Fresadora	4	7
Total	78	

Fuente: Elaboración propia.

Según el resumen realizado de la información de la base de datos, un total de setenta y ocho herramientas obtuvieron un servicio completo en el taller. Se mantiene la tendencia de algunas herramientas con mayor representación en el total, tales como los taladros, esmeriladoras, sierras circulares y roto martillos. Un aspecto importante de esta sección del análisis es la confirmación de que las herramientas que fueron identificadas como más representativas para el taller, muestran un tiempo promedio 40 o 50% menor a otras herramientas. El motivo principal de esta mejora fue la adquisición de repuestos en inventario para las herramientas con mayor rotación, ya que los rompedores, lijadoras y fresadoras no cuentan con repuestos en inventario por su baja rotación, lo que causa que el tiempo total en el taller no haya sufrido cambios.

El siguiente paso del análisis entra más a detalle en las operaciones del taller, para entender realmente de donde viene la mejora en el tiempo total promedio del proceso de reparación. La tabla 21 resume el tiempo promedio total de cada paso para las setenta y ocho herramientas:

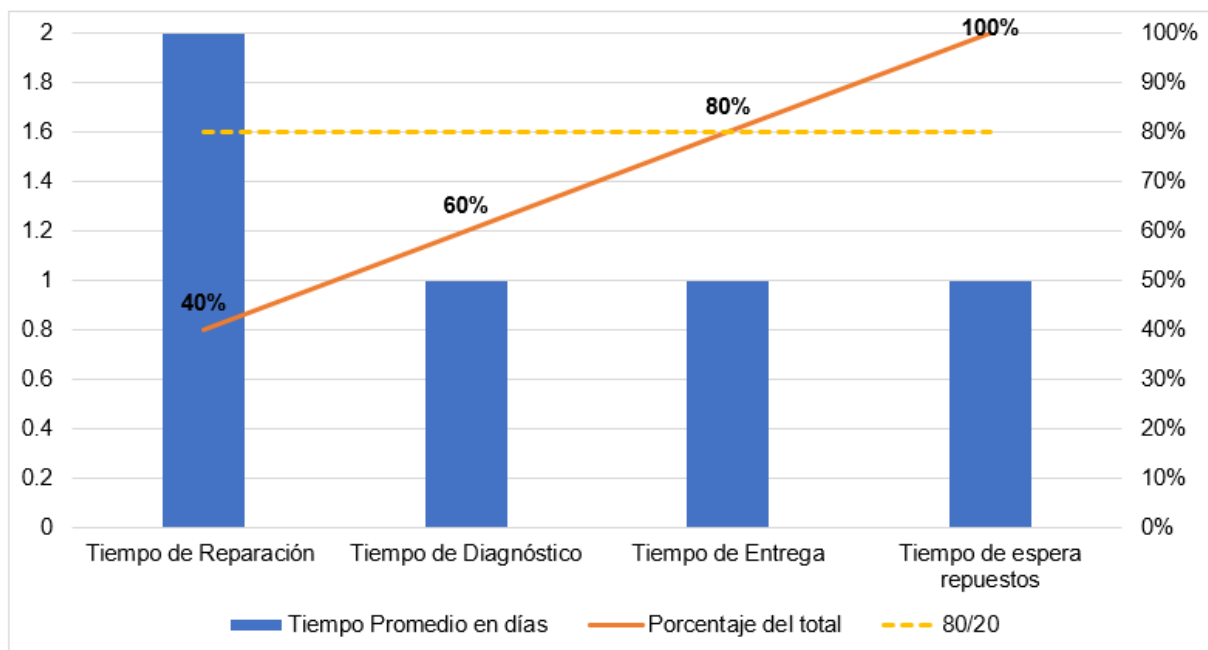
Tabla 21. Nuevo tiempo promedio por etapa luego de la propuesta de mejora.

Detalle	Tiempo Promedio en días	Porcentaje del total
Tiempo de Reparación	2	40%
Tiempo de Diagnóstico	1	60%
Tiempo de Entrega	1	80%
Tiempo de espera repuestos	1	100%
Tiempo total en taller	5	

Fuente: Elaboración propia.

Según los detalles de la base de datos, el tiempo promedio de las herramientas en el taller es de cinco días luego de las mejoras, disminuyendo un 29% comparado contra el tiempo promedio total anterior de siete días. El movimiento principal lo genera la espera de los repuestos, pasando de tres a solamente un día de promedio, esto logra validar que el invertir en repuestos para marcas y herramientas específicas genera una disminución en el tiempo de la operación y le brinda un ejemplo al administrador del taller de cómo puede monitorear el nuevo indicador en el futuro. El nuevo análisis de tiempo se ve representado en la figura 38:

Figura 38. Análisis de las etapas más representativas del nuevo tiempo total promedio.



Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior señala que la nueva operación que representa el mayor tiempo en el taller, es la reparación de la herramienta. Este tiempo, según el administrador del taller, está dentro de los rangos esperados por el proceso y es similar al tiempo de reparación de otros talleres en el área.

El último punto de validación de la propuesta de mejora fue revisar uno de los nuevos indicadores en el proceso para controlar la retroalimentación de los clientes según la experiencia que hayan tenido en la reparación de las herramientas. Para esta validación, se buscó el resumen de los formularios que llenaron los clientes y se lograron recibir quince respuestas, lo cual representa solamente un 20% de las herramientas que pasaron a través del taller durante este tiempo.

El detalle de la retroalimentación se incluye en la tabla 22:

Tabla 22. Retroalimentación de los clientes del 27 de marzo al 21 de abril de 2023.

Número de seguimiento	Retroalimentación
1337	4
1113	5
1198	5
1182	5
1119	5
1398	3
1340	5
1228	5
1132	4
1243	3
1364	4
1281	2
1361	5
1284	4
1180	3
Promedio	4

Fuente: Elaboración propia.

La encuesta de servicio usa un formato de estrellas, donde los clientes califican el servicio recibido de cinco a una estrella, donde 5 estrellas representa el mejor servicio posible. Según los resultados de las quince respuestas, se logra identificar que la calificación promedio de los clientes es de cuatro estrellas, lo que sobrepasa el indicador propuesto por el administrador del taller. Esto queda evidenciado en el anexo 4 del proyecto.

5.3 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA PROPUESTA

En el capítulo cuatro del proyecto se presenta un análisis de las ventas de un mes normal de operaciones para el taller y cuáles son las utilidades para ese periodo. Para poder realizar un

análisis de rentabilidad de la propuesta de mejora, es importante detallar los resultados financieros para un mes de operaciones luego de haber aplicado el nuevo proceso. Al igual que en el capítulo cuatro, el administrador compartió promedios realistas de la operación, pero sin revelar su estructura específica de costos, la tabla 23 incluye los nuevos promedios:

Tabla 23. Resumen financiero de la operación del 27 de marzo al 21 de abril de 2023.

Concepto	Valor
Herramientas revisadas por día	4
Herramientas revisadas por mes	78
Ventas por mes	₡ 1,950,000.00
Costos de repuestos	₡ 780,000.00
Costos de operación	₡ 510,000.00
Costo de manejo de inventario	₡ 50,000.00
Impuesto de ventas	₡ 253,500.00
Utilidad despues de costos	₡ 356,500.00

Fuente: Elaboración propia.

Según la información recolectada con el administrador, se aprecia un volumen de setenta y ocho herramientas durante las cuatro semanas, esto representa un incremento de 30% comparado a la situación antes de la mejora. El mismo incremento de 30% se ve reflejado en las ventas y el costo de los repuestos, además que se incluyen nuevos costos de operación por el manejo del inventario todos los meses. Por último, se calculó el impuesto de valor agregado de 13%, llegando a un total de 356,500 colones de utilidad neta.

Cuando se compara la rentabilidad obtenida en el primer de operación con el nuevo proceso en el taller contra la utilidad neta promedio del primer trimestre del 2023 se nota incremento neto de 151,500 colones, esto representó un crecimiento del 74% de las utilidades para el primer mes de operación.

5.3.1 Costos de implementación

Esta sección del proyecto agrupa la información relacionada a todos los costos de implementación del plan de mejora detallado en este capítulo. La solución principal de este proyecto se enfocó en la adquisición de inventario antes de recibir herramientas de los clientes, según los datos de cuales repuestos eran más utilizados en el taller y a cuáles marcas pertenecían. También existen otros costos que están directamente relacionados a la implementación cada paso, principalmente el tiempo del encargado del taller para la ejecución de los cambios.

La tabla 24 agrupa todos los costos antes de realizar el análisis de rentabilidad completa del proyecto:

Tabla 24. Nuevo tiempo promedio por etapa luego de la propuesta de mejora.

Variable	Costo Total
Inversión inicial inventario	₪ 568,000.00
Costo capacitación del encargado del taller	₪ 86,700.00
Costo mensual por administración de inventario (20 horas)	₪ 35,000.00
Costo de la capacitación del encargado de taller (20 horas)	₪ 35,000.00
Costo de la capacitación de la recepcionista (20 horas)	₪ 33,000.00
Costo por traslado a la capacitación	₪ 20,000.00
Costo de la reorganización y limpieza del taller (8 horas)	₪ 15,000.00
Costo mensual de la licencia "E-Stock"	₪ 5,000.00
Inversión Inicial Total	₪ 797,700.00

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Análisis de rentabilidad

Esta es la última herramienta aplicada durante la ejecución del proyecto para asegurarse que existía viabilidad económica con el modelo aplicado. Es importante recalcar que la inversión

inicial es relativamente pequeña en comparación a las utilidades que se generan en el taller a nivel mensual, debido a esto el administrador creó una expectativa de analizar la rentabilidad en los siguiente doce meses luego de la implementación de la solución, con la expectativa de recuperar la inversión estableciendo una tasa mínima atractiva de retorno de 30%.

Para aplicar el estudio económico al proyecto se utilizó la información previamente recolectada:

- Costos de implementación por ₡800,000 colones
- Flujo neto de operación mensual por ₡356,500 colones
- Tasa de descuento mensual de 6% calculada sobre el promedio de la variación interanual de inflación de Costa Rica en el primer trimestre del 2023, como lo ejemplifica la figura 35.

Figura 39. Inflación interanual de Costa Rica en el primer trimestre del 2023.

	Variación interanual (%)
Enero/2023	7,65
Febrero/2023	5,58
Marzo/2023	4,42

Fuente: Índice de Precios al Consumidor del Instituto Nacional de Estadística y Censos.

Ya que se contaba con los recursos necesarios para procesar el análisis del modelo económico, se procedió a crear la tabla 25 con el detalle del estudio del proyecto:

Tabla 25. Estudio de viabilidad económica del nuevo proceso en el taller de herramientas.

Periodo	Costos de Operación	Ingresos	Flujo Neto	Tasa Descuento	
Inversión Inicial	₡ -	₡ -	-₡800,000.00		6%
Periodo 1	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00	TMAR	30%
Periodo 2	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00	VAN	₡ 2,188,840.36
Periodo 3	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00	TIR	44%
Periodo 4	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00	CB	2.74
Periodo 5	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00		
Periodo 6	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00		
Periodo 7	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00		
Periodo 8	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00		
Periodo 9	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00		
Periodo 10	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00		
Periodo 11	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00		
Periodo 12	₡ 1,643,500.00	₡ 1,950,000.00	₡ 356,500.00		

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del estudio económico se analizan a continuación:

- Valor anual neto mayor a cero, este es uno de los indicadores principales para determinar que la inversión tenía viabilidad económica para el taller. El apéndice 3 tiene el detalle de los cálculos en Excel.
- Tasa Interna de Retorno de 44% mayor a la Tasa Mínima Atractiva de Retorno de 30% establecida por el administrador del taller, este punto confirma la existencia de beneficio económico suficiente para la organización. El apéndice 4 tiene el detalle de los cálculos en Excel.
- El costo beneficio del proyecto se establece en 2.74 y al ser mayor a 1, significa que el proyecto es económicamente aceptable. El apéndice 5 tiene el detalle de los cálculos en Excel.

Los resultados del análisis económico de la implementación de mejora confirman a través de tres diferentes indicadores distintos que se cumplieron los parámetros necesarios para categorizar el proyecto como económicamente justificable.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

La empresa ha visto un crecimiento en sus ventas desde el levantamiento de las restricciones de la pandemia, específicamente inicios del 2022. Sin embargo, no se preparó para atender la creciente sección de reparación de herramientas y se generó insatisfacción en los clientes, debido al tiempo de espera por la reparación de las herramientas y la informalidad del proceso en el taller. Con la realización de este proyecto se lograron identificar las causas de los problemas y generar un plan de mejora, con las siguientes conclusiones:

1. Se lograron identificar las causas que generaban incrementos de tiempo en el proceso de reparación. Específicamente la falta de inventario de repuestos para aquellas herramientas que tienen más rotación en taller y la existencia de un proceso informal de manejo de las herramientas en el taller.
2. La falta de repuestos en inventario era generada porque los repuestos eran ordenados a los proveedores luego de revisar un grupo de herramientas y esto causaba un tiempo de espera promedio de tres días en el proceso de reparación en el taller.
3. El proceso informal de recepción y entrega de las herramientas en el taller ocasionaba retrabajo para el encargado, debido a que la documentación de las herramientas se realizaba de manera manual a través de una nota física adherida a cada herramienta. Estas notas frecuentemente sufrían deterioro en el taller según la manipulación de cada herramienta y originaba retrasos de alrededor a un día en el proceso general.
4. La mecánica de trabajo para ubicar las herramientas en el taller no contaba con un estándar, esto causaba que las herramientas estuvieran ubicadas en diferentes estantes en el taller sin ningún control específico.

5. El conocimiento informal del manejo de inventarios también influía en el desabastecimiento de repuestos, por ende, la aplicación de este proyecto incluyó un proceso de capacitación para el encargado del taller antes de aplicar cualquier solución sistémica en el proceso, con la expectativa de aumentar las posibilidades del éxito de la solución.
6. No se contaba con un sistema para el control de inventario de los repuestos utilizados en el taller, lo cual se veía reflejado en el tiempo de espera por repuestos de tres días en promedio por cada herramienta.
7. Se logró confirmar que la iluminación del taller cumplía con los requerimientos establecidos por la norma INTE 31-08 06-97 y que las herramientas de trabajo utilizadas en la reparación contaban con un orden establecido por el taller, por lo que fueron descartadas como posibles causas de los problemas.
8. No existía un canal de retroalimentación para los clientes desde el inicio del proyecto y por ende existía incertidumbre en que opiniones tenían los clientes sobre el proceso en general. Desde la etapa de discusión de objetivos del proyecto con el administrador se expuso este punto y se lograron recaudar comentarios de los clientes para su respectivo análisis.
9. El plan de mejora incluía la implementación del sistema de control de inventarios “E-Stock” y un plan de inversión de repuestos para aquellas marcas y herramientas que más rotaban en el taller, esta combinación de repuestos logró reducir el tiempo de espera promedio por repuestos a solamente un día, reduciendo el tiempo total de las herramientas en el taller de siete a cinco días, en el taller en un 29%.

10. El segundo punto del plan de mejora se enfocó en la creación de un formulario de recepción con conexión a una base datos a través de soluciones Office 365. Esto con la intención de crear un proceso estándar de recepción y control de las herramientas mientras se encontraban en el taller. Esto impactó directamente los comentarios recibidos de los clientes, calificando el nuevo servicio con cuatro de cinco estrellas en promedio.
11. El tercer punto del plan de mejora se realizó en la distribución de las herramientas en las diferentes etapas del proceso de reparación. A través de un proceso de organización, limpieza y rotulación, se logró reubicar las herramientas y establecer estantes específicos para su ubicación según la etapa en proceso en la cual se encuentren, lo que ayudó a consolidar el proceso estándar en el taller.
12. La creación de una matriz de responsabilidades entre la recepcionista del local y el encargado del taller fue el punto final de la propuesta de creación de un proceso estándar para asegurarse un contacto de calidad con el cliente a la hora de la entrega de las herramientas. De las quince respuestas recibidas durante el primer mes de operaciones con el nuevo modelo, se confirma una calificación positiva al nuevo proceso del taller.
13. Se establecieron nuevos indicadores en el proceso del taller como parte de la propuesta de mejora para monitorear el inventario disponible, el tiempo de las herramientas en el taller y los comentarios de los clientes. También se creó un formulario web simple para la recepción de los comentarios de los clientes de una manera más efectiva a través del tiempo.
14. El estudio económico demostró que el proyecto contaba con viabilidad para su implementación ya que el valor anual neto es mayor a cero, la tasa interna de retorno es

mayor a la tasa mínima atractiva de retorno y el resultado del análisis de costo beneficio del proyecto es mayor a uno. Las utilidades de la empresa en el primer periodo de operación con el nuevo modelo crecieron en un 74%.

6.2 RECOMENDACIONES

El proyecto de mejora se enfocó en el proceso de reparación de herramientas y luego de su implementación se lograron resolver las causas de los problemas y mejorar el tiempo total de las herramientas en el taller y las utilidades de la organización. Sin embargo, durante la ejecución del proyecto se identificaron algunas áreas donde el administrador puede invertir esfuerzos para mejorar otras situaciones del taller, las cuales estaban fuera de los alcances de este proyecto. Estas recomendaciones son detalladas a continuación:

1. Negociar con los proveedores un mejor precio de repuestos para mejorar la utilidad aún más. Esto debido a que existe un mayor volumen de pedidos para asegurar un inventario mínimo en el taller para aquellas herramientas y marcas que más tienen rotación.
2. Incentivar a los clientes a completar el formulario de retroalimentación ya que durante la implementación del proyecto solamente se obtuvo quince respuestas, lo que representa que solamente un 20% de los clientes ha brindado los comentarios sobre el nuevo proceso.
3. Implementar un proceso de mantenimiento del orden del local y de verificación de inventario trimestral, con la intención de asegurarse que los estantes se mantengan ordenados y utilizados según objetivo.

4. Crear un proceso mensual de monitoreo de los nuevos indicadores de proceso, que este enfocado en los aprendizajes obtenidos en el primer proceso de análisis realizado al finalizar las primeras cuatro semanas del nuevo modelo en el taller.
5. Usar la información de la base de datos para darle seguimiento a la factura 1281, la cual obtuvo una baja calificación de servicio del cliente. Esta fue la única calificación que se salió del nuevo indicador establecido en el proyecto. El anexo 5 del proyecto tiene el detalle de la respuesta del cliente para el servicio recibido.
6. Crear manuales de proceso para documentar el nuevo modelo de trabajo y clarificar las responsabilidades de la recepcionista y el encargado del taller en el nuevo modelo de trabajo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Barroeta, M. R. (7 de febrero de 2021). Metodología 5S, Qué es y para qué sirve. Ruiz Barroeta

Consultoría Estratégica; Milagros Ruiz Barroeta.

<https://milagrosruizbarroeta.com/metodologia-5s-que-es/>

Bookdown Org. Capítulo1 Calidad y mejora. (7 de enero de 2022).

https://bookdown.org/asun_mayoral/book-16s/calidad-y-mejora.html

Cámara de Industrias de Costa Rica. ADMINISTRACIÓN BÁSICA DE BODEGAS - SAN

CARLOS. (2022) <https://cicr.or.cr/producto/administracion-basica-de-bodegas-san-carlos/>

Clockwork .SIPOC: Definiendo el Alcance del Proyecto. (31 de agosto de 2020).

<https://clockwork.com.co/sipoc-definiendo-el-alcance-del-proyecto/>

de Souza, I. (20 de julio de 2019). Descubre qué es el diagrama de Pareto y sus múltiples

utilidades. Rock Content - ES; Rock Content.

<https://rockcontent.com/es/blog/diagrama-de-pareto/>

Drew. (23 de julio de 2020) Optimización de procesos: ¿Qué es? Beneficios, pasos y más.

<https://blog.wearedrew.co/gestion-por-procesos/optimizacion-de-procesos-que-es-beneficios-pasos-y-mas>

Fabrice Bouchereau. (2017). Kaizen Kanban: A Visual Facilitation Approach to Create

Prioritized Project Pipelines. ASQ Quality Press.

Gomezcáceres Pérez, L. D. C. (Comp.). (2018). Enfoques, Teorías y Perspectivas de la Ingeniería Industrial y sus Programas Académicos. 1. Corporación Universitaria del Caribe - CECAR. <https://elibro-net-uh.knimbus.com/es/lc/bibliouh/titulos/217591>

Gómez, Joseph. (2018). Diseño de un sistema de control de inventario en la empresa Tecnología Express durante el segundo semestre del año 2018 [Tesis para optar por la licenciatura, Universidad Hispanoamericana de Costa Rica]. <http://13.87.204.143/xmlui/handle/cenit/3255>

Gutiérrez Pulido, H. (2020). Calidad y productividad. McGraw-Hill. <https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=10411>

Imai, M. (2014). Gemba Kaizen: un enfoque de sentido común para una estrategia de mejora continua. McGraw-Hill. <https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=7607>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (7 de marzo del 2023). Índice de precios al consumidor <https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=2732>

Kanban Software. Los 5 Porqués: La Mejor Herramienta de Análisis de Causa Raíz. (2023). <https://kanbanize.com/es/gestion-lean/mejora-continua/los-5-porques-herramienta-de-analisis>

Masana, O. Diagrama de Ishikawa o Diagrama de causa y efecto. (1 de julio de 2022). Tu blog de consulta LEAN KAIZEN. <https://www.leankaizen.es/diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-y-efecto/>

Obando, R. (2022, diciembre 6). Qué es la estandarización de procesos, cómo aplicarla y ejemplos. Hubspot.es. <https://blog.hubspot.es/sales/estandarizacion-de-procesos>

PRNET Software. (2018.). Planes y precios. https://www.controldestock.com/es/planes-precios-comprar-e-stock-web?utm_channel=capterra

Raisin. (2020, diciembre 8). Rentabilidad: qué es, tipos y cómo se calcula. <https://www.raisin.es/educacion-financiera/rentabilidad-que-es-tipos-y-como-se-calcula/>

Rodríguez, Kent. (2019). Optimización del proceso de inspección de recibo de materiales y de documentación para la empresa Establishment Labs S.A, durante el segundo semestre de 2018 [Tesis para optar por la licenciatura, Universidad Hispanoamericana de Costa Rica]. <http://13.87.204.143/xmlui/handle/cenit/5486>

Socconini Pérez Gómez, L. V. (2019). Lean Manufacturing: paso a paso. Marge Books. <https://elibro-net-uh.knimbus.com/es/ereader/bibliouh/117567?page=34>

VIII. APÉNDICE(S)

Apéndice 1: Entrevista al encargado del taller

Cuestionario del proceso de reparación de herramientas

Entrevista para el encargado del taller de herramientas de reparación de Redes Subterráneas
Matelec S.A

1. Describa el proceso de recibimiento de herramientas en el taller

1 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Las herramientas son recibidas por el encargado del taller y luego de una conversación con el cliente se anota en un "post it" los detalles capturados de la conversación. Se procede a realizar el cobro de 4mil colones para reservar el espacio de diagnóstico y se le indica al cliente el que en 2 o 3 días debería recibir más información.

2. ¿Cuál es el tiempo promedio de una reparación?

1 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	1 semana.

3. ¿Existen los repuestos necesarios para las herramientas en inventario?

1 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	No, los repuestos se compran luego del diagnóstico y aprobación del cliente.

4. Describa el proceso de despacho de herramientas en el taller

1 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Cuando las herramientas han sido arregladas, el encargado de taller intenta realizar un contacto con el cliente a través de una llamada telefónica. Se procede a hacer el cobro correspondiente a la hora del retiro de las herramientas por el cliente.

5. ¿Cuántas personas participan en el proceso de reparación de herramientas?

1 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	1 persona, el encargado de taller.

6. ¿Cuáles son las herramientas que más ingresan al taller?

1 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Herramientas electromecánicas como taladros o esmeriladores industriales.

7. Luego de recibir una herramienta, ¿es fácil ubicar los detalles del diagnóstico inicial? Mencione el porqué.

1 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	No, el encargado de taller menciona que los detalles del "post it" nunca son suficientes para determinar un diagnóstico y que es común que se extravíen dentro del mueble donde se acomodan todas las herramientas en el taller.

8. ¿Cuántas veces al día se intenta contactar al cliente para la entrega de herramientas?

1 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	Se llama al cliente en el momento que una herramienta ha sido reparada.

9. Describa el costo promedio para el cliente de una reparación común

1 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	25mil colones incluyendo los repuestos y el depósito inicial de reserva del diagnóstico.

10. En promedio, ¿cuántas herramientas se logran revisar en un día laboral común?

1 Respuestas

ID ↑	Nombre	Respuestas
1	anonymous	3 herramientas.

Apéndice 2: Información sobre costos de la solución de inventarios “E-Stock”

Otros Planes

Plán Emprendedor: Módulo de Control de Stock + Soporte Técnico

- Por Usuario Mensual: EUR 7.00 por Usuario.
- Por Usuario Anual: EUR 77.00 por Usuario.
- [Probar gratis](#)

Notas:

- Puede instalar la versión de E-Stock para Windows en tantos PC como usuarios tenga el paquete seleccionado.
- Durante el proceso de compra puede seleccionar la moneda de su preferencia.
- Si selecciona pago con tarjeta de crédito Visa o Master Card, pagará siempre el mismo precio en su propia moneda.
- Los precios no incluyen impuestos.
- Si lo desea puede [solicitar una cotización](#) por la cantidad de usuarios que necesite.

Apéndice 3: Fórmula de cálculo de valor anual neto en Excel

Periodo	Costos de Operación	Ingresos	Flujo Neto	Tasa Descuento	
Inversión Inicial	€ -	€ -	€ -800,000.00	6%	
Periodo 1	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00	TMAR	30%
Periodo 2	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00	VAN	$=+O29+O30/(1+0.06)^1+O31/(1+0.06)^2+O32/(1+0.06)^3+O33/(1+0.06)^4+O34/(1+0.06)^5+O35/(1+0.06)^6+O36/(1+0.06)^7+O37/(1+0.06)^8+O38/(1+0.06)^9+O39/(1+0.06)^10+O40/(1+0.06)^11+O41/(1+0.06)^12$
Periodo 3	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00	TIR	$10+O40/(1+0.06)^11+O41/(1+0.06)^12$
Periodo 4	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00	CB	2.74
Periodo 5	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00		
Periodo 6	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00		
Periodo 7	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00		
Periodo 8	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00		
Periodo 9	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00		
Periodo 10	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00		
Periodo 11	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00		
Periodo 12	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 306,500.00		

Apéndice 4: Fórmula de cálculo de tasa interna de retorno en Excel

Periodo	Costos de Operación	Ingresos	Flujo Neto
Inversión Inicial	€ -	€ -	€ -800,000.00
Periodo 1	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 2	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 3	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 4	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 5	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 6	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 7	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 8	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 9	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 10	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 11	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 12	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00

Tasa Descuento	6%
TMAR	30%
VAN	€ 2,188,840.36
TIR	=TIR(O29:O41)
CB	2.74

Apéndice 5: Fórmula de cálculo de costo beneficio en Excel

Periodo	Costos de Operación	Ingresos	Flujo Neto
Inversión Inicial	€ -	€ -	€ -800,000.00
Periodo 1	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 2	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 3	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 4	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 5	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 6	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 7	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 8	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 9	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 10	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 11	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00
Periodo 12	€ 1,643,500.00	€ 1,950,000.00	€ 356,500.00

Tasa Descuento	6%
TMAR	30%
VAN	€ 2,188,840.36
TIR	44%
CB	=+R30/(O29*-1)

IX. GLOSARIO

Armaduras: tipo de repuesto en las herramientas electromecánicas que cubre el motor eléctrico y su función es ser un protector para el motor.

Cable: conductor de electricidad que conecta la estructura eléctrica interna de las herramientas.

Carbones: metodología de mejora del lugar de trabajo que incluye clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina.

Inducido: parte central del motor eléctrico de las herramientas electromecánicas.

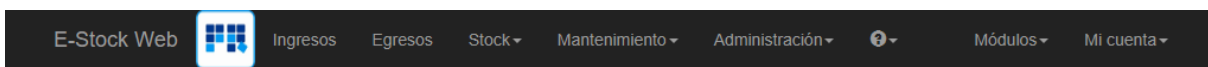
Interruptores: tipo de repuestos que detiene y permite el paso de corriente eléctrica en las herramientas electromecánicas.

Roles: tipo de repuesto que permite el giro del motor eléctrico mientras lo mantiene en su lugar.

Terminales: conectores que cumplen la función de unir el cable interno de las herramientas con los interruptores y el motor eléctrico.

X. ANEXO(S)

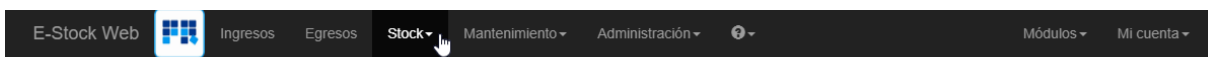
Anexo 1: Evidencias adicionales del nuevo sistema “E-Stock”



Ingresos

Nuevo Ingreso		Filtrar						
	Tip.Doc.	Número	Fecha	Proveedor	Recibió	Depósito	Confirmado	
Editar	Factura		21/03/2023		Adrián	Taller	Si	⊖
Editar	Factura		23/03/2023		Adrián	Taller	Si	⊖
Editar	Factura		28/03/2023		Adrián	Taller	Si	⊖
Editar	Factura		30/03/2023		Adrián	Taller	Si	⊖
Editar	Factura		04/04/2023		Adrián	Taller	Si	⊖
Editar	Factura		06/04/2023		Adrián	Taller	Si	⊖
Editar	Factura		10/04/2023		Adrián	Taller	Si	⊖
Editar	Factura		12/04/2023		Adrián	Taller	Si	⊖
Editar	Factura		14/04/2023		Adrián	Taller	Si	⊖
Editar	Factura		17/04/2023		Adrián	Taller	Si	⊖

123

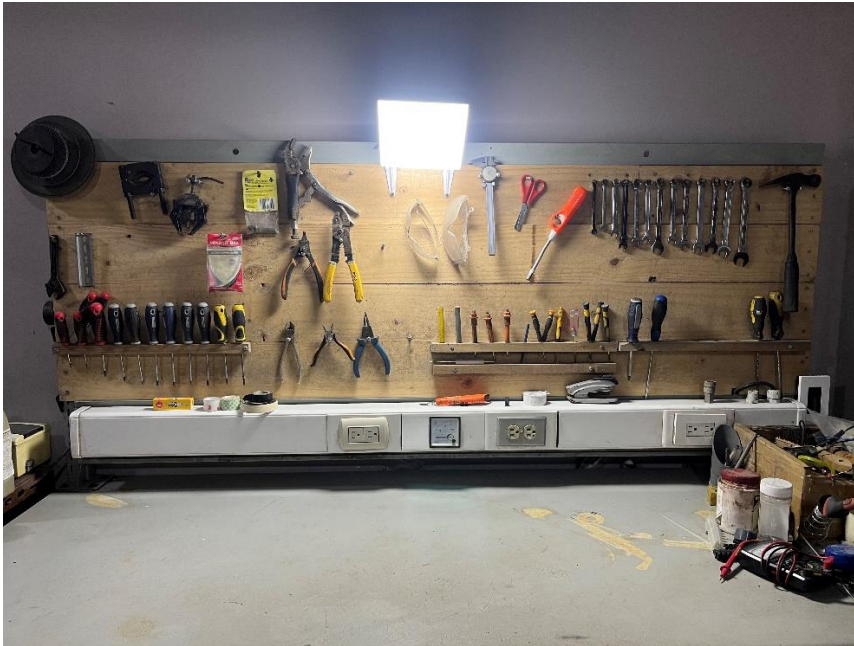


Productos en Stock

Filtrar		Imprimir		Valoración				
Nombre	Núm. Serie	Depósito	Ubicación	Stock Mínimo	Cantidad	Medida		
Carbones Dewault	CarbD	Taller	Mostrador	3.00	13.0	Unidad		⊕
Carbones Milwaukee	CarbMK	Taller	Mostrador	3.00	11.0	Unidad		⊕
Carbones Makita	CarbMA	Taller	Mostrador	3.00	10.0	Unidad		⊕
Interruptor Dewault	IntD	Taller	Bodega	3.00	7.00	Unidad		⊕
Interruptor Milwaukee	IntMK	Taller	Bodega	3.00	7.00	Unidad		⊕
Interruptor Makita	IntMA	Taller	Bodega	3.00	7.00	Unidad		⊕
Armadura Dewault	ArmD	Taller	Bodega	2.00	3.00	Unidad		⊕
Armadura Milwaukee	ArmMK	Taller	Bodega	2.00	3.00	Unidad		⊕
Armadura Makita	ArmMA	Taller	Bodega	2.00	3.00	Unidad		⊕
Inducido	InduTodo	Taller	Bodega	1.00	0.00	Unidad		⊕

12

Anexo 2: Iluminación y organización de herramientas



Anexo 3: Ejemplo de inventario adquirido como parte de la propuesta de mejora





Anexo 4: Resumen de retroalimentación de los clientes para el nuevo proceso

1. Por favor incluya su número de factura

[Más detalles](#)

15
Respuestas

Respuestas más recientes

"1180"

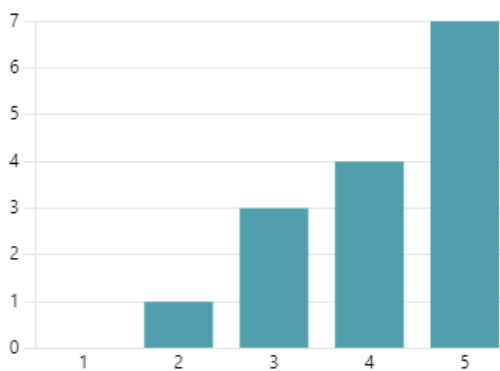
"1284"

"1361"

2. Califique el servicio de reparación de la herramienta

[Más detalles](#)

4.13
Clasificación promedio



Anexo 5: Detalle de la respuesta de la factura 1281

[Ver resultados](#)

Encuestado

< 12 Anónimo >

...

1. Por favor incluya su número de factura

1281

2. Califique el servicio recibido por la recepcionista



3. Califique el servicio de reparación de la herramienta



4. Si tuviera que cambiar algo del proceso, ¿qué cambiaría?

Proceso de reparación lento