

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL

DISEÑO DE UN MODELO DE PLANIFICACIÓN
MEDIANTE LA METODOLOGIA DE DMAIC PARA EL
AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL ÁREA DE
EMPAQUE DE LA EMPRESA CALOX COSTA RICA S.A
DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL 2025

Proyecto de graduación para optar por el bachillerato en
ingeniería industrial

SUSTENTE:

MARIANA SANABRIA PÉREZ.

TUTOR:

ING. CARLOS CHAVARRÍA

SAN JOSÉ, 2025.

ACTA DE APROBACIÓN

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, 11 de noviembre de 2025

Señores:

Universidad Hispanoamericana

Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Mariana Sanabria Pérez con número de identificación 118560829 autor (a) del trabajo de graduación titulado **Diseño de un modelo de planificación mediante la metodología DMAIC para el aumento de la capacidad del área de empaque de la empresa Calox Costa Rica S.A durante el primer cuatrimestre del 2025** presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar por el título de Bachillerato Universitario en Ingeniería Industrial; SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,



118560829

Firma y Documento de Identidad.

CARTA DEL LECTOR

San José, 10 de noviembre de 2025

Señores

Registro

Universidad Hispanoamericana

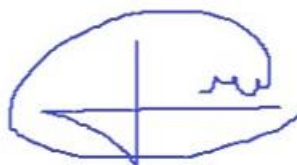
Estimados señores:

La estudiante MARIANA SANABRIA PÉREZ, cédula de identidad 1 1856 0829, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: “DISEÑO DE UN MODELO DE PLANIFICACIÓN MEDIANTE LA METODOLOGIA DE DMAIC PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL ÁREA DE EMPAQUE DE LA EMPRESA CALOX COSTA RICA S.A DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL 2025”, el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo al planteamiento de las propuestas y la estructura del documento. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,



Johan Castro Vásquez

Cédula 1-1228-0842

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 06 de setiembre de 2025

Destinatario Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Mariana Sanabria Pérez, cédula de identidad número 118560829, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **DISEÑO DE UN MODELO DE PLANIFICACIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE DMAIC PARA EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL ÁREA DE EMPAQUE DE LA EMPRESA CALOX COSTA RICA S.A**

DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL 2025, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	17%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	27%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		93%

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

Atentamente,

CARLOS CHAVARRIA
HIDALGO (FIRMA)

Firmado digitalmente por
CARLOS CHAVARRIA HIDALGO
(FIRMA)
Fecha: 2025.09.06 15:01:02 -06'00'

Nombre: Carlos
Chavarría Hidalgo
Cédula identidad
N: 1-0754-0062

DECLARACIÓN JURADA

Yo Mariana Sanabria Pérez, mayor de edad, portador de la cédula de identidad 118560829 número egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercebido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de

Bachillerato Universitario, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Diseño de un modelo de planificación mediante la metodología DMAIC para el aumento de la capacidad del área de empaque de la empresa Calox Costa Rica S.A durante el primer cuatrimestre del 2025**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los seis días del mes de septiembre del año dos mil veinticinco.



Firma del estudiante

Cédula: 118560829

DEDICATORIA

Este esfuerzo y proyecto va dedicado a mi abuela “Tita” la cual ha sido uno de mis pilares y mi inspiración para cumplir mis sueños, el motor que me dio el valor suficiente para estudiar lo que más quería, seguidamente a mis hermanos menores lo cuales son la motivación para superarme y el impulso de seguir adelante, no darme por vencida y darme la felicidad que necesito día a día.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a Dios quien fue mi guía en este trayecto y me otorgo la sabiduría, paciencia y serenidad para lograr esta meta de mi carrera.

Quiero agradecer a mi familia por ser parte fundamental en mi vida, demostrar su apoyo y amor incondicional a lo largo de mi vida y estar constantemente preocupados de mi estado al momento de realizar este proyecto.

Al departamento de ingeniería de Calox, Eric Bonilla, Fernanda Rojas y Carlos Badilla. Fueron parte fundamental en la elaboración de este proyecto ya que me brindaron mucho conocimiento, ánimos y apoyo en esta etapa de mi carrera. Gracias por mostrarme lo lindo de ser una ingeniera industrial y el trabajo en equipo.

A mi tutor, Carlos Chavarría, por el acompañamiento, consejos y paciencia en el desarrollo de la investigación para entregarlo de la mejor manera posible.

También agradezco a la empresa por darme la oportunidad, confianza y el apoyo con la información para el desarrollo de este proyecto.

EPIGRAFES

“Ningún arte ni aprendizaje se puede cultivar sin entusiasmo”

-Murasaki Shikibu

“Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo, involúcrame y lo aprendo”

-Benjamín Franklin

Tabla de contenido

ACTA DE APROBACIÓN.....	2
CARTA DEL LECTOR.....	3
CARTA DEL TUTOR.....	4
DECLARACIÓN JURADA.....	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
EPIGRAFES.....	8
ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	17
RESUMEN EJECUTIVO.....	18
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1 Descripción general del proyecto.....	20
1.2 Identificación de la empresa.....	21
1.2.1 Misión de la empresa.....	22
1.2.2 Visión de la empresa.....	22
1.2.3 Estructura organizativa.....	22
1.2.4 Antecedentes de la empresa.....	23
1.2.5 Tipos de productos.....	24
1.3 Planteamiento del problema.....	25
1.3.1 Definición del problema.....	25
1.3.2 Justificación.....	26
1.4 Objetivos del proyecto.....	27
1.4.1 Objetivo general.....	27
1.4.2 Objetivos específicos.....	27
1.5 Alcances y limitaciones.....	28
1.5.1 Alcances.....	28

	10
1.5.2 Limitaciones.....	28
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	29
2. Marco conceptual general relativo a la carrera	30
2.1.1 Ingeniería industrial	30
2.1.2 Planta productiva	31
2.1.3 Procesos	31
2.1.4 Proceso de manufactura	33
2.1.5 Productividad	34
2.1.6 Eficiencia	35
2.1.7 Eficacia	36
2.1.8 Estandarización de procesos	36
2.1.9 Cuello de botella	37
2.1.10 Análisis de capacidad de producción.	38
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	39
2.2.1 Diagrama Ishikawa	39
2.2.2 Pareto	40
2.2.3 Lluvia de ideas	42
2.2.4 DMAIC	43
2.2.5 Diagrama de flujo	45
2.2.6 Checklist	48
2.2.7 RASCI.....	50
2.2.8 Multivoto.....	53
2.2.9 Diagrama Gantt.....	54
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto	55
2.3.1 Impacto económico	55
2.3.2 Capacidad productiva.....	56
2.3.3 Análisis del costo-beneficio.....	56

2.3.4	Impacto en los tiempos del proceso	57
2.4	Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	58
CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO		60
3.1	Metodología para la definición del problema	61
3.2	Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.....	62
3.3	Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.....	64
3.4	Metodología para la implementación del proyecto.	66
3.5	Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados. 67	
CAPITULO 4: LÍNEA DE BASE Y ANÁLISIS DE CAUSA.		69
4.1	Definición.....	70
4.2	Descripción del proceso	71
4.3	SIPOC.....	75
4.4	Medición y respaldo cuantitativo	77
4.4.1	Selección del proceso.....	78
4.4.2	Selección de los productos.....	80
4.5	Toma de tiempos	85
4.5.1	Capacidad de producción.....	86
4.6	Brainstorming o lluvia de ideas.....	88
4.7	Diagrama de Ishikawa.....	¡Error! Marcador no definido.
4.7.1	Mano de obra	91
4.7.2	Máquina	91
4.7.3	Medio ambiente	92
4.7.4	Materiales.....	92
4.7.5	Método	93
4.7.6	Medida	93
4.8	Multivoto.....	¡Error! Marcador no definido.

	12
4.9 Pareto.....	97
4.10 Conclusiones de la situación actual.....	100
CAPITULO 5: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.	102
5.1 Análisis de las propuestas de mejora.....	103
5.2 Propuesta #1: Checklist.....	104
5.2.1 Desarrollo de la propuesta del Checklist.	105
5.2.2 Beneficios de la propuesta del Checklist.	107
5.2.3 Costos de la propuesta #1 Checklist	108
5.3 Propuesta #2: Metodología SMED	110
5.3.1 Desarrollo de la metodología SMED.....	110
5.3.2 Beneficios de la metodología SMED.....	113
5.3.3 Costos de la propuesta #2 Metodología SMED.....	114
5.4 Costo beneficio.....	115
5.5 Plan de control.....	119
5.5.1 Diagrama Gantt.....	119
5.5.2 Matriz RASCI.....	121
5.5.3 Indicador de la metodología SMED	123
CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	125
6.1 Conclusiones	126
6.2 Recomendaciones.....	127
CAPITULO 7: BIBLIOGRAFÍA	129
Referencias bibliográficas	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 8: ANEXOS.	135
Anexo 1: Máquinas de empaque Semiautomático	136
Anexo 2: Troquel y medidas.	136
Anexo 3: Toma de tiempos.	138

Índice de tablas

Tabla 1: 5M's del diagrama de flujo.....	39
Tabla 2: Simbología del diagrama de flujo.....	46
Tabla 3: Letras de la matriz RASCI.....	51
Tabla 4: Etapa definir de la metodología DMAIC.....	61
Tabla 5: Etapa de medir de la metodología DMAIC.....	63
Tabla 6: Etapa de analizar de la metodología DMAIC.....	64
Tabla 7: Etapa de implementar de la metodología DMAIC.....	66
Tabla 8: Etapa de controlar la metodología DMAIC.....	68
Tabla 9: Medidas de los troqueles.....	76
Tabla 10: Selección de proceso.....	79
Tabla 11: Priorización de troquel.....	81
Tabla 12: Productos clasificados por troquel.....	83
Tabla 13: Unidades por máquina y troquel.....	84
Tabla 14: Tiempos del proceso de cambio de formato.....	86
Tabla 15: Capacidad de los cambios de formato por día.....	87
Tabla 16: Lluvia de ideas.....	89
Tabla 17: Multivoto.....	95
Tabla 18: Resultados del multivoto.....	96
Tabla 19: Propuestas de mejora.....	104
Tabla 20: Mejora en los tiempos de cambio de formato.....	107

Tabla 21: Costos en ¢/unidad propuesta #1.	108
Tabla 22: Distribución de las actividades.	111
Tabla 23: Mejora en los tiempos de paros.	113
Tabla 24: Costos en ¢/unidad propuesta #2.	114
Tabla 25: Impacto de las implementaciones en los tiempos.....	116
Tabla 26: Costo de las dos implementaciones.	117

Índice de figuras

Figura 1: Ubicación geográfica de Calox Costa Rica S.A.....	21
Figura 2: Estructura organizativa de Calox.	23
Figura 3: Diferencia de las unidades planificadas y las entregadas.....	26
Figura 4: Cuello de botella.....	37
Figura 5: Diagrama de Pareto.	41
Figura 6: Metodología DMAIC.	44
Figura 7: Estructura del diagrama de flujo.	47
Figura 8: Estructura del Checklist.....	49
Figura 9: Estructura RASCI.....	52
Figura 10: Proceso de realización multivoto.	53
Figura 11: Diagrama Gantt.	54
Figura 12: Diagrama de flujo de empaque.....	72
Figura 13: Diagrama SIPOC.....	75
Figura 14: Dimensiones de los estuches para CAM.	77
Figura 15: Gráfico de cantidad de productos que pasan por troquel.	82
Figura 16: Diagrama de Ishikawa.	90
Figura 17: Diagrama de Pareto	98
Figura 18: Checklist.....	106
Figura 19: Base de datos para la metodología SMED.	112
Figura 21: Indicador de periodo de recuperación.	118

Figura 21: Diagrama Gantt.	120
Figura 22: Matriz RASCI.....	122
Figura 23: Indicador metodología SMED.....	123

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ADN: Ácido desoxirribonucleico, molécula que se encuentra en el interior de las células, contiene la información genética el cual es el responsable del funcionamiento y el desarrollo.

CAM: Maquinas de empaque semiautomático.

DMAIC: Es una metodología que se utiliza para la planificación de los procesos y resolución de problemas continúa basada en 5 pasos: Definir, medir, analizar, implementar y controlar.

SIPOC: “Supplier, Input, Process, Output, Customer” Traducido al español significa Proveedores, entradas, procesos, salidas, clientes. Metodología del six sigma para entender el flujo completo de un proceso.

SMED: “Single Minute, Exchange of Die” en su traducción al español cambio de matriz en menos de 10 minutos. Metodología para lograr disminuir los tiempos de cambios en las máquinas.

RASCI: “Responsible, Accountable, Supportive, Consulted, Informed” Su traducción al español es responsable, aprobador, apoyo, consultado, informado. Es una herramienta para definir los responsables o los participantes de un proyecto

RESUMEN EJECUTIVO

Sanabria Pérez, Mariana, San José 2025. Diseño de un modelo de planificación mediante la metodología de DMAIC para el aumento de la capacidad del área de empaque de la empresa Calox Costa Rica S.A durante el primer cuatrimestre del 2025. Proyecto de graduación para optar por bachillerato en ingeniería industrial, universidad Hispanoamericana.

El siguiente trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de analizar y optimizar el proceso de cambio de formato en las máquinas semiautomáticas con el fin de mejorar la capacidad del área. Los tiempos de ajuste superaban las metas establecidas generando una disminución en el cumplimiento de la demanda. Entre los principales problemas detectados se identificó: tiempos e inactividad elevada de las máquinas, falta de estandarización de las actividades, variabilidad en los datos y necesidad de herramientas para la elaboración de las tareas.

La metodología utilizada fue la DMAIC, con el fin de definir el problema, medir los datos obtenidos, analizar mediante la causa raíz y herramientas como diagramas, mejorar con un diseño de soluciones de bajo costo y alto impacto y controlar con un plan de seguimiento y planificación. Las principales causas raíz detectadas fueron: falta de capacitación específica, necesidades en un procedimiento visual y estandarizado y ajustes realizados por medio de prueba y error.

Como resultado, se desarrolló dos implementaciones de mejora las cuales consisten en un checklist y el uso de la metodología SMED para el inicio del cambio de formato, Esto permitió reducir los tiempos de cambio de formato, mejorando la disponibilidad de la máquina, aumentando la capacidad y reduciendo la variabilidad de los datos. máquinas, lo cual genera un beneficio a largo plazo mediante la estandarización, el control de los procesos y las propuestas de mejora.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción general del proyecto

Este proyecto se lleva a cabo en la empresa de Calox Costa Rica la cual está ubicada en Calle Blancos, San José. El enfoque que tiene esta organización son los medicamentos farmacéuticos de uso humano y veterinario, estos productos cuentan con una alta demanda para exportar a los diferentes países asociados.

La línea de investigación a la que está enfocado el trabajo es Operaciones industriales ya que promueve la optimización de los procesos, distribución de espacios, mejora de la productividad y la realización de que los procesos productivos sean mucho más efectivos. Se toma en cuenta el análisis de los tiempos y movimientos, procesos y operaciones, así como la gestión de las operaciones para el aumento positivo de la productividad de la empresa.

Este modelo de negocios actualmente pasa por regulaciones y reglamentos con respecto a las investigaciones que se realizan, las pruebas y comercialización de los medicamentos, en este sector los pilares principales son la investigación e innovación para así poder cuidar y preservar la salud de los consumidores. Las organizaciones farmacéuticas son estrictas al momento de utilizar o adquirir los principios activos y materia prima para así obtener la calidad de los procesos para la fabricación de los medicamentos.

Uno de los problemas identificados en el área de producción, es que no se logra cumplir con la meta de unidades para entregar a fin de mes ya que no se cuenta con la capacidad de producción suficiente para satisfacer la demanda actual.

Esta consecuencia genera retrasos en la entrega de los productos, lo cual implica que haya un impacto negativo en las ventas de la empresa. A raíz de esto se generan costos altos en la producción, ya que los gastos fijos se diluyen en la cantidad de productos que se fabriquen, esto afecta directamente en las ganancias que genera la empresa.

Este proyecto se enfoca en realizar propuestas para incrementar la capacidad en el área de empacado semiautomático, mediante un modelo de planificación tomando como base la metodología de DMAIC con énfasis en lograr la cantidad de entrega necesaria para satisfacer la demanda.

1.2 Identificación de la empresa

La empresa corresponde a Calox Costa Rica S.A fue fundada en 1935. La empresa cuenta con más de 90 años en la fabricación y comercialización de productos farmacéuticos para el uso humano y veterinario.

Esta empresa está ubicada a 75 m oeste y 75 m sur del Banco Nacional de Calle Blancos, San José, Costa Rica. Como se muestra en la **Figura 1**.

Figura 1: Ubicación geográfica de Calox Costa Rica S.A.



Fuente: Google maps.

1.2.1 Misión de la empresa

La misión de esta empresa establece que:

Calox Farmacéutica, 2024

Es una empresa farmacéutica internacional dedicada a la producción y comercialización de medicamentos de calidad, al servicio de la medicina humana y veterinaria. Comprometidos con la plena satisfacción de nuestros clientes, apoyados en la competencia de nuestros recursos humanos, innovación, desarrollo de productos, tecnología actualizada, estrictos controles de la calidad y orientados a la preservación del ambiente. Influyendo positivamente en la calidad de vida de la comunidad y con el apoyo constante de los accionistas a quien se le garantiza el retorno de la inversión. (Laboratorios CALOX)

1.2.2 Visión de la empresa

La visión de la empresa o hasta donde esta se dirige, dicta que:

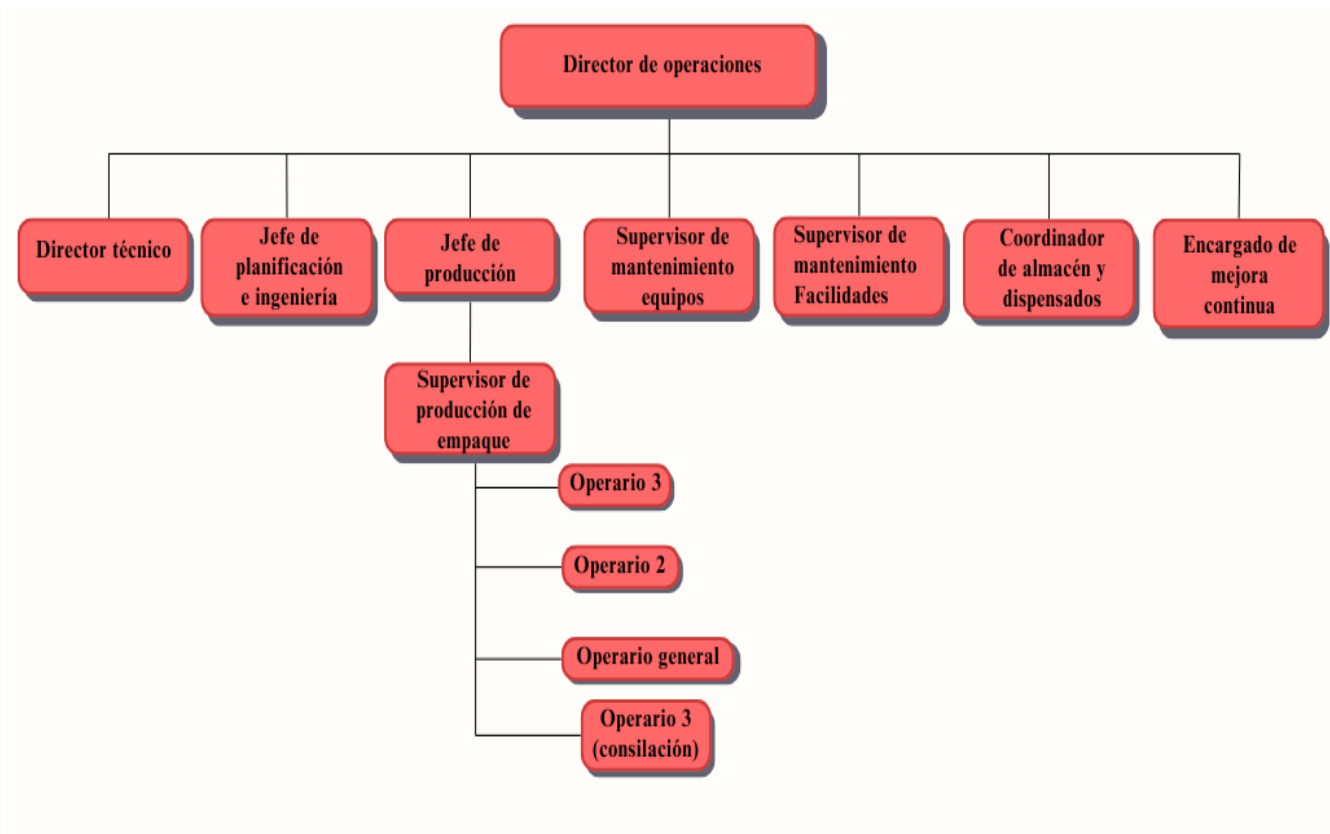
“Seremos una empresa reconocida internacionalmente en pro de la salud, logrando la satisfacción de nuestros clientes, con nuevos productos, a través de estrategias claras, desarrollo científico y tecnológico, personal capacitado, motivado y en una organización moderna, ágil y proactiva.” (Calox Farmacéutica, 2024)

1.2.3 Estructura organizativa

Una estructura organizativa es importante para las empresas ya que sirve para poder dar direcciones a las diferentes áreas para así tener un orden y coordinación para lograr ser más eficientes en los objetivos. Este diagrama de la organización tiene un enfoque de manera general sin embargo se detalla quienes componen el espacio del área productiva de empaque.

En la **Figura 2** se muestra cómo está la estructura organizativa de Calox.

Figura 2: Estructura organizativa de Calox.



Fuente: Calox Costa Rica. Elaboración propia.

1.2.4 Antecedentes de la empresa

La compañía comienza a operar en Venezuela en el año 1935, en ese momento se identificaba bajo el nombre de Laboratorios Biogen. En el año de 1965 se establece una asociación con McKesson; esta unión permitió que se aumente la capacidad tecnológica y la actividad en el mercado. Luego, en 1971 la compañía pasa a llamarse Laboratorios CALOX y en 1978 consiguen llegar a todo el país de Venezuela. (Calox Farmacéutica, 2024).

Calox en 1990 se vuelve una industria venezolana, y en 1996 establece una alianza estratégica con Sukia Farmacéuticas, una empresa de Costa Rica la cual contaba con un alto grado de participación en el mercado farmacéutico. Esto permitió a la empresa tener un mejor

posicionamiento y punto de partida en el mercado nacional costarricense. (Calox Farmacéutica, 2024).

En 2012, comienzan las operaciones de los productos farmacéuticos veterinarios y posteriormente en el 2017 se realiza una división de marcas debido a la reconstrucción de la planta; esta última fue revelada bajo la línea de Xaikus. En la actualidad se cuenta con dos plantas, una en Venezuela y la otra en Costa Rica. Estas abastecen a los mercados en Venezuela, Costa Rica, Panamá, Nicaragua, Honduras, Guatemala, El Salvador, República Dominicana y Perú. (Calox Farmacéutica, 2024.)

1.2.5 Tipos de productos

Calox tienen productos sin número que se identifican a través de troqueles y que son empaquetados. La compañía dispone en la actualidad un aproximado de 295 productos con distintas presentaciones que se distribuyen a lo largo de 18 líneas. Algunas de estas categorías son: “antialérgica, antibiótica, antidiabética, anti hipertensa, antimicótica, antiosteoporótica, antiparasitaria, antiviral, dolor, gástrica, hipolipemiente, odontológica, pediátrica, respiratoria, sistema nervioso central, urológica, venotónica, veterinaria y Xaiku” (Calox Farmacéutica, 2024).

Esta última es una división de Calox que se centra en el bienestar y la ciencia de los seres vivos, un concepto que tiene su origen en el ADN. Esta marca se distingue por su enfoque en la calidad, la innovación, la tecnología, el desarrollo de productos y la protección del medio ambiente.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Definición del problema

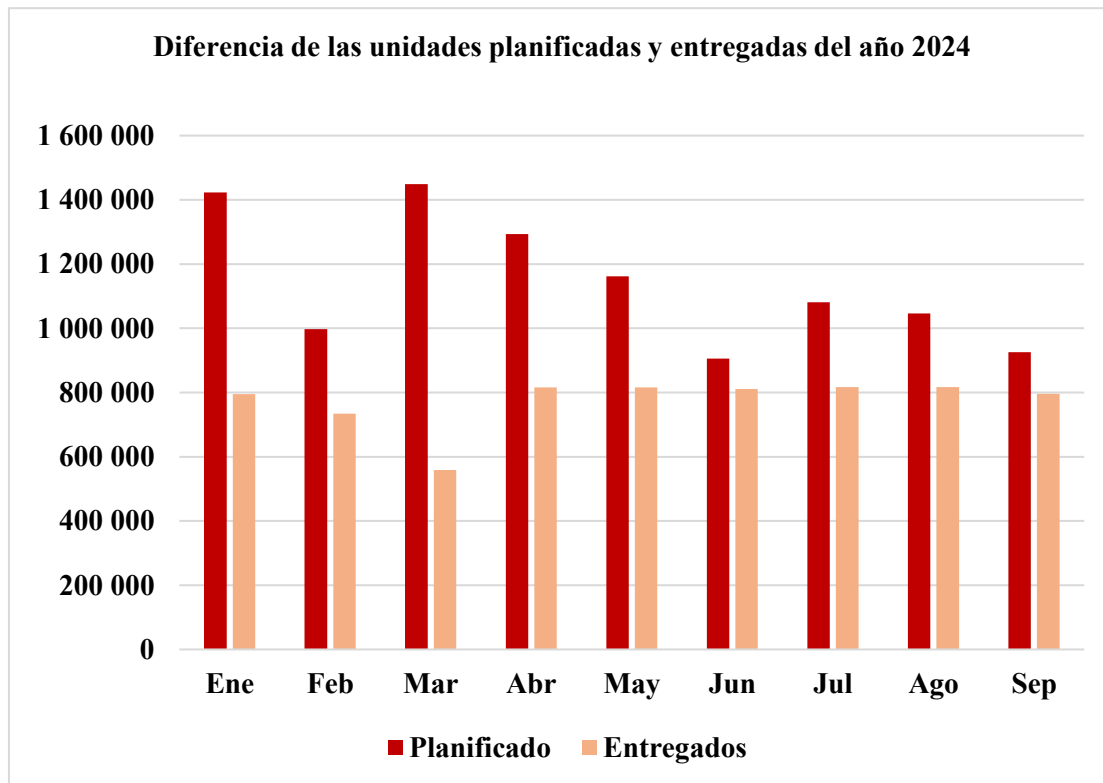
En la actualidad la empresa ha enfrentado un aumento en la demanda de sus productos ya que está pasando por proceso de expansión. Adquiriendo dos nuevas plantas en el Salvador y Perú, por ende, esto provoca que se introduzcan nuevos productos al mercado.

Se evidencia que en Calox Costa Rica ha habido un crecimiento en la línea farmacéutica a causa del aumento en el mercado global y, por ende, se aumenta la demanda. Esto ha hecho que se encuentren dificultades para mantener el ritmo de la producción necesaria para cumplir con las metas requeridas y las necesidades del mercado.

El área de empaque muestra varias oportunidades de mejora, ya que es una etapa final en el proceso para así lograr entregar el producto terminado para su exportación. Se observan diferentes deficiencias, como la falta de estandarización de los procesos, capacidad limitada y disponibilidad reducida de la maquinaria, esto logra provocar ciertos retrasos en las entregas.

En la siguiente **Figura 3** se muestra que durante los meses de enero a septiembre del 2024 el número de las entregas no logra alcanzar el plan de planificación, por ende, con las unidades que se producen en la actualidad, se determina que no se tiene la capacidad para cumplir con la demanda.

Figura 3: Diferencia de las unidades planificadas y las entregadas.



Fuente: Elaboración propia.

Basado en el gráfico anterior podemos encontrar que en ninguno de los meses se logra cumplir con las entregas planificadas, ya que las entregas solamente alcanzan un 67% de lo que se requiere para sustentar la demanda actual. Por ende, esto genera que afecte directamente a las ganancias de la empresa.

1.3.2 Justificación

Los procesos en estudio son semiautomáticos, ya que para operar eficiente y rentablemente deben procesar lotes grandes mayores a 2 000 unidades. Las máquinas de los procesos trabajan al máximo de su capacidad lo que perjudica al proceso y, sin embargo, no se logra llegar a la meta establecida.

El proyecto se fundamenta en estudiar la discrepancia existente entre la capacidad actual del proceso de empaque y de la demanda. Se ha determinado que para cumplir las metas se ha tenido que pagar horas extras o la incrementación de un turno.

Adicionalmente se maneja un bajo nivel de inventario el cual pone en riesgos la meta de cumplimiento de pedidos y se encontró que en las líneas de estudio se ha aumentado los paros importantes por mantenimiento, lo que provoca indicadores de disponibilidad bajos.

Se espera que con el desarrollo del proyecto se impacte a la empresa, analizando mejoras en las áreas de estudio y así se pueda aumentar la capacidad, la cantidad de entregas de producto final y generar una mayor oportunidad de negocio.

Además, este proyecto tendrá un beneficio para muchos de los interesados, incluidos los operarios ya que son quienes cuenta con una carga de trabajo debido a la capacidad del área y las maquinas actualmente.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

- Proponer alternativas para mejorar las deficiencias del área de empaque, mediante el uso de la metodología DMAIC con el fin de cumplir la demanda.

1.4.2 Objetivos específicos

- Describir las actividades involucradas en las áreas de estudio mediante el uso de herramientas ingenieriles.
- Cuantificar las distintas variables involucradas para la determinación de la capacidad actual de producción.
- Analizar las causas que limitan la capacidad productiva.

- Proponer implementaciones que impacten positivamente la capacidad de las áreas de estudio.
- Controlar la implementación de las alternativas propuestas.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

Los alcances de este proyecto están enfocados en las actividades que se realizan en el área de empaque Venezuela en la empresa de Calox Costa Rica, se utilizan las unidades que únicamente pasan por el proceso de empaque ya que estas son el producto terminado que llegan al mercado. El proyecto aspira a encontrar las causas que presentan el área y así obtener una implementación para las mejoras que se proponen y adaptarse a la empresa con el fin de un impacto positivo tanto a las personas involucradas como al área de empaque.

1.5.2 Limitaciones

La única limitante relacionado al proyecto consiste en que cierta información puede ser modificada al momento de redactar o presentar algún tipo de tabla, gráfico, etc. Ya que por temas de confidencialidad se utiliza un factor de conversión al para brindar ciertos datos sobre costos, presupuesto o temas económicos de la empresa.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2. Marco conceptual general relativo a la carrera

El objetivo de esta sección es explicar brevemente los diferentes temas a los lectores para obtener un conocimiento de los conceptos, argumentos, ideas o teorías que se aplican y le dan sustento al desarrollo del proyecto. El marco conceptual también está orientado a brindar características de los procesos que están asociados para el reconocimiento de tema principal.

2.1.1 Ingeniería industrial

Según Montoya Restrepo (2023) afirma que; la ingeniería industrial es una disciplina que incluye habilidades prácticas, técnicas, matemáticas, económicas, así como funciones de recursos humanos. Estas competencias se utilizan para evaluar, diseñar y gestionar las mejoras sistemáticas con el objetivo de incrementar la productividad empresarial. (pp. 88)

Por lo tanto, la ingeniería industrial se logra definir como una disciplina muy versátil, ya que beneficia a los diferentes sectores y esto contribuye a una mayor globalización. Estas definiciones brindan al ingeniero tres habilidades esenciales como:

- La habilidad y el conocimiento para implementar la ciencia.
- Conciencia y perspectiva realista de las dificultades.
- La notable habilidad para crear soluciones novedosas.

Por lo tanto, se puede afirmar que esta área de estudios también se considera multifuncional, lo que permite ejercer la profesión en distintas áreas incluyendo las finanzas, el manejo empresarial, el marketing y la gestión de productos de bienes y servicios. (Del Valle de Puebla, 2023).

2.1.2 Planta productiva

El análisis realizado por International process plants define una planta industrial como “Una instalación de gran tamaño diseñada para actividades de producción, ensamblaje o procesamiento industrial. Estas instalaciones albergan maquinaria, equipos y sistemas utilizados para fabricar o procesar materiales para convertirlos en productos terminados o productos intermedios” (Whitmer, K. 2024, noviembre 15).

Con base a la definición se puede afirmar que: una planta es el espacio donde se encuentran todas las herramientas y el personal necesario para llevar a cabo estas actividades, las cuales convierten la materia prima de una empresa mediante una serie de procesos físicos y químicos.

Las dimensiones requeridas de una planta de producción son fundamentales para establecer la capacidad de llevar a cabo las tareas asignadas, así como para la selección y diseño de los procesos. Las decisiones tomadas sobre la ubicación de la planta son cruciales, ya que influyen directamente en el éxito o el fracaso de la empresa (Whitmer K. 2024, noviembre 15). Para ello, se considera diversos factores de producción, incluyendo la forma y el lugar de obtención de la materia prima necesaria para la manufactura, así como las condiciones climáticas.

El propósito de estas consideraciones es asegurar un entorno óptimo que favorezca el desarrollo de las actividades y reduzca al mínimo los costos de producción.

2.1.3 Procesos

Según la International Online Education, los procesos comprenden diversas actividades que se llevaban a cabo con un objetivo específico o común. Estas tareas siguen distintos procedimientos, los cuales se estructuran en etapas o subprocesos. Involucran recursos como entradas, materia prima, insumos o equipos, que son necesarios para conseguir un resultado o salida, que a menudo presentan en forma de producto terminado los cuales pueden ser utilizados en otros procesos. (Euroinnova, 2024),

Se debe tomar en cuenta el análisis de las actividades el cual es separar en todos los pasos que componen para conocer que se está llevando a cabo, el control de los insumos y salidas de acuerdo con las características de calidad y la cantidad que se necesitan.

Según Quiroa M (2025), los procesos se dividen en tipos:

- **En serie:** La materia prima pasa por una secuencia de actividades para lograr un producto terminado.
- **Producción bajo pedido:** Se usa cuando se requiere de elaborar un producto diferente o adaptado a las necesidades de los clientes.
- **Por lote:** Se realiza los productos con una cierta cantidad de unidades o de números requerida por el cliente. Estos se producen de manera idéntica.

Esta definición se logra dividir en cuatro grandes grupos:

- **Proceso administrativo:** Se realizan diferentes etapas con la finalidad de poder alcanzar los objetivos propuestos con la mayor eficiencia posible.
- **Proceso de gestión:** Se utilizan etapas las cuales logran medir la calidad de los procedimientos que se hacen dentro de una empresa y así optimizar los resultados.
- **Proceso productivo:** Es la realización de varias actividades para así lograr producir bienes o servicios a partir de la obtención de materias primas.
- **Proceso comercial:** Es la interacción que tiene los clientes con la empresa, en este proceso se escucha la voz del cliente como pueden ser las quejas o los puntos positivos.

2.1.4 Proceso de manufactura

“La manufactura, en su esencia, se refiere a la transformación de materias primas en productos terminados a través de diversos métodos y técnicas. Los procesos de manufactura son métodos y técnicas utilizados para transformar materias primas en productos terminados” (Accinelli, s. f.)

Mediante la definición anterior los procesos de manufactura se pueden afirmar que son un conjunto de actividades para que se pueda realizar una transformación de la materia prima y así lograr obtener un producto final para poder introducirlo al mercado global. Este tipo de transformación abarca todo tipo de modificaciones desde la firmeza, dimensiones o hasta la estructura de los materiales.

Según Carrillo y Carrillo (2025) el proceso de transformación de la materia prima se puede clasificar en tres grandes grupos.

- **Procesos primarios:** Este primer filtro realiza la transformación de los recursos los cuales no logra alcanzar del todo un producto final, esto quiere decir que se utilizan para otra parte del proceso. En este proceso es muy común ver métodos de moldes o de fundición.

-**Procesos secundarios:** En esta fase del proceso es muy común que los procedimientos tengan relación con tratamientos térmicos o mecanizados. Esto con el fin de modificar por completo la materia prima del proceso anterior.

- **Proceso terciario:** Esta es la última fase por la que pasa la materia, ya que se consigue unir los diferentes componentes de los procesos anteriores para realizar un producto, alcanzando así el producto final para distribuirse al mercado.

Como anteriormente se menciona, los productos pasan por un tipo de proceso, pero dependen del tipo de fabricación que el cliente requiera, por ende, se clasifican en los siguientes tipos:

- **Fabricación repetitiva:** Según Ludeña (2024) menciona que este proceso es muy común utilizar líneas de producción las cuales trabajan para realizar un mismo producto, esto es muy útil para las empresas que trabajan bajo demanda o requieren de una tasa de producción.
- **Fabricación discreta:** Este es muy similar al proceso anterior ya que usa una línea de producción, pero se puede realizar diferentes productos. Este tipo de fabricación requiere de tiempos más extensos. (Ludeña, 2024)
- **Fabricación continua:** Ludeña (2024) afirma que este tipo de fabricación se puede llevar a cabo durante todo el día de producción, sin embargo, este procedimiento genera materias primas que son gases, polvos, líquidos los cuales contienen acciones más complejas y diferentes que los procesos anteriores.
- **Fabricación por lotes:** Este proceso depende por completo de la demanda ya que se necesita fabricar de acuerdo con las necesidades del mercado o del consumidor con el fin de satisfacer los requerimientos. Se utiliza la fabricación discreta ya que se pueden fabricar diferentes productos en la misma empresa. (Ludeña, 2024)

2.1.5 Productividad

La productividad se puede definir como la medición de que tan eficiente es una producción con los recursos que se utilicen y el tiempo dedicado para su elaboración, según la página de economía TIC define la productividad como “la relación entre la actividad productiva y los medios que son necesarios para conseguirlo también puede ser entendida como la producción obtenida por un sistema productivo usando recursos determinados” (Fernández H. 2023)

La fórmula matemática de la productividad se conforma de los siguientes elementos:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Cantidad de recursos utilizados}}$$

basándose en la definición y la formula anterior se puede decir que la productividad tiene como objetivo “hacer más con menos”. Esta formula señala el grado de eficiencia en la conversión de los insumos y la materia prima para lograr producir un producto final. Esto permite mejorar la calidad, lo cual puede considerarse como un elemento que incrementa los gastos de la empresa, puesto que tiene como objetivo reducir los costos y ahorrar tiempo (Arias, 2025)

Todas las empresas buscan aumentar esta productividad para el beneficio ya que se logra trabajar sin generar muchos gastos con los insumos que se tienen, por ende, es muy importante tomar en cuenta los siguientes factores para lograr alcanzar este objetivo:

- Revisar constantemente los procesos.
- Lograr tener una buena gestión de recursos humanos y un buen equipo de trabajo.
- Buscar siempre la automatización.
- Adaptarse a las nuevas necesidades del mercado.

2.1.6 Eficiencia

La eficiencia se puede entender como una medida de la utilización de los recursos. También existen conclusiones donde afirma que “la eficiencia se refiere a la capacidad de lograr un resultado deseado utilizando la menor cantidad de recursos posibles” (Rodríguez, S. 2023).

Se puede afirmar, con la definición del concepto, que se trata de una utilización óptima de los recursos disponibles para alcanzar las metas a un costo unitario inferior.

Este concepto utiliza una formula como indicador para conocer la eficiencia con la cuenta los procesos.

$$Eficiencia = \frac{Recursos\ planeados}{Recursos\ empleados} X 100$$

La eficiencia debe ser uno de los factores esenciales en cualquier compañía, ya que se examina la calidad de los resultados obtenidos en un intervalo de tiempo y se determina si los recursos se han empleado adecuadamente o si es necesario realizar una modificación para aumentar el beneficio, considerando siempre la calidad del producto (De Azkue, 2025).

2.1.7 Eficacia

La eficacia consiste se puede definir cómo lograr los objetivos en un periodo de tiempo determinado. Sin embargo, se puede definir como “la realización de las actividades necesarias para alcanzar un objetivo” (De Azkue, 2025). Al igual que la eficiencia este usa una fórmula matemática que funciona como indicador, la cual define que:

$$Eficacia = \frac{\text{Grado de logro del objetivo}}{\text{Objetivo}} \times 100$$

Este evalúa el grado de cumplimiento del objetivo establecido en el procedimiento. También se puede considerar la capacidad de una persona para lograr estos objetivos o metas de un plan de trabajo, con lo cual se puede simplificar al máximo y obtener los resultados deseados. Este no considera los recursos empleados, porque se refiere solamente a la capacidad, lo que distingue de la eficiencia. (De Azkue, 2025)

2.1.8 Estandarización de procesos

La estandarización de los procesos es la definición importante de la ingeniería industrial, ya que es esencial para la mejora, eficiencia y productividad de las empresas. Según la empresa Mapex la estandarización se puede considerar como “la unificación de procedimientos, metodología y operaciones de una compañía con el objetivo de crear un modelo reproducible de trabajo” (Mapex, 2024).

La estandarización, como se mencionó antes, logra integrar procedimientos u operaciones dentro de una compañía para así poder obtener un modelo de trabajo más eficiente y así lograr

garantizar una mayor productividad, calidad y eficacia. Este concepto simplifica el procedimiento en otras palabras lo hace “más sencillo” para llevar a cabo.

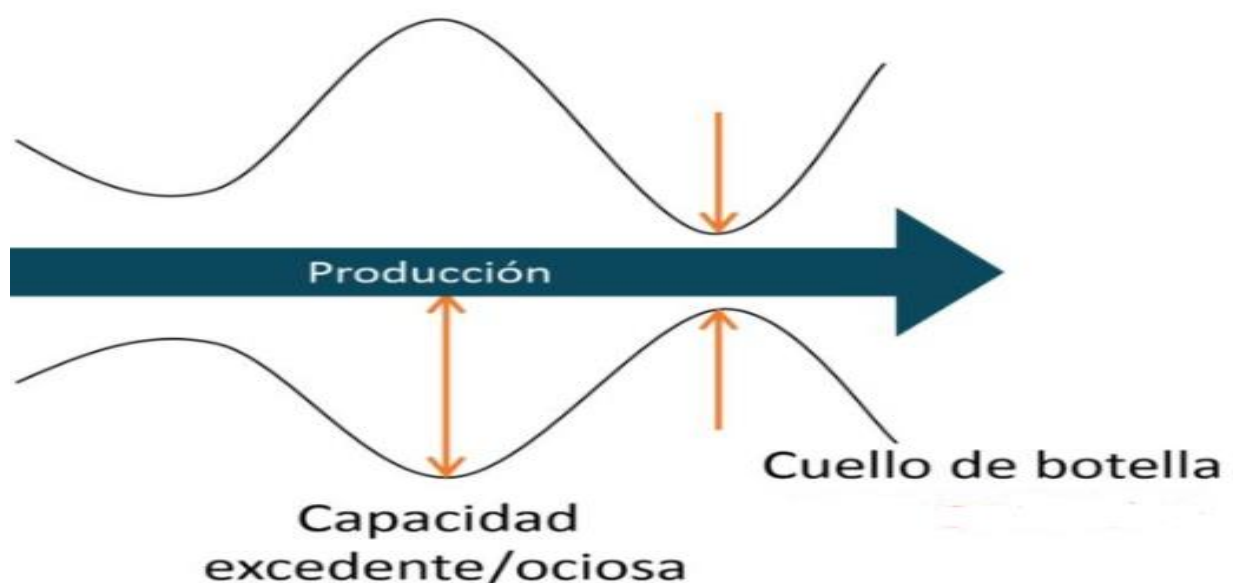
Es posible conseguir muchos beneficios para la empresa, ya que se logra reducir las dificultades de los procesos productivos y, por ende, disminuir el riesgo de producir piezas defectuosas y la variabilidad. Por lo tanto, se logra controlar los costos, prever demandas y simplificar las tareas (Mapex, 2024).

2.1.9 Cuello de botella

Según una investigación del INEAF, analiza que el término cuello de botella: “Es un proceso productivo, el cual se refiere a una etapa de la cadena de producción que se realiza más lenta que el resto; y, por tanto, ralentiza todo el proceso haciendo que sea menos eficiente.” (Cristina Rodríguez, 2023).

En la siguiente **Figura 4** se muestra de manera más visual como se ve representado el cuello de botella en una producción de una empresa.

Figura 4: Cuello de botella.



Fuente: Cristofani. F, 2023. Atlas consultora.

Por lo tanto, el termino comienza a referirse a las actividades que causan demoras en los procesos productivos o tiempos de espera prolongados, lo cual resulta en una disminución de la productividad de las empresas. Como resultado, las fábricas sufren una reducción en la eficiencia, lo que causa un aumento en el costo del producto final y limita la capacidad de los procesos (Quiroa, 2024).

En conclusión, los cuellos de botella de la producción se pueden producir por sistemas viejos, bajo rendimiento de los trabajadores, organización ineficiente, poca comunicación o dificultades con los proveedores.

2.1.10 Análisis de capacidad de producción.

El análisis es un instrumento necesario para todos los procesos de ingeniería, pues permite tomar decisiones relevantes para el buen funcionamiento de la empresa. Ya que es posible identificar debilidades y fortalecer cada proceso de manufactura al observar detenidamente cada uno de los procedimientos de la empresa.

El análisis de la capacidad se puede definir como: “un conjunto de herramientas que se utilizan para averiguar qué tan bien un proceso determinado cumple con un conjunto de límites de especificaciones” (Benites, 2022)

Tomando en cuenta la definición anterior para obtener un análisis de la capacidad, se utilizan diversos métodos con el objetivo de obtener datos y así generar una propuesta de solución o simplemente revelar la capacidad de un área para las mejoras constantes.

Según Benites (2022) se emplean normalmente algunos índices de capacidad del proceso para caracterizar la capacidad de un proceso. Ya que, existen múltiples indicies de capacidad de proceso y puede que dependan de sus necesidades analíticas (Statologos 2022).

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

2.2.1 Diagrama Ishikawa

Según el instituto Kaizen define el diagrama de Ishikawa como “es una herramienta visual utilizada para identificar las posibles causas de un problema concreto” (Costa, 2025).

Es posible concluir que este diagrama puede ser visto como un método cuyo propósito fundamental es determinar las causas principales de un problema para lograr eliminar o reducir los riesgos en la empresa. La manera en que se plantea el problema y sus causas hace que su estructura sea similar a las espinas de un pez. (Galán, 2022)

Para la realización de este diagrama son necesarias cinco variables, las cuales en la actualidad se le conocen como “5 M’s”. En la siguiente **Tabla 1** se muestra cada una de estas etapas:

Tabla 1: 5M’s del diagrama de flujo.

Material	El material es una parte esencial, ya que pasan por procesos de fabricación para así poder llegar a un producto final de alta calidad y duraderos.
Máquina	Obtener maquinaria de alta calidad permite reducir los tiempos de inactividad y aumenta la eficiencia de la producción.
Método	Es necesario establecer métodos para la fabricación que sean claros y eficaces para así poder garantizar la calidad y la eficiencia de la empresa.

Mano de obra	Los empleados requieren de una buena formación para así garantizar el buen manejo de las máquinas y la comprensión de los procesos para su producción.
Medio ambiente	Este medio es de suma importancia ya que la ubicación en la que se encuentra la planta genera las condiciones óptimas o no para realizar los trabajos de fabricación.

Fuente: Elaboración propia. Galán, J. S. (2022, 24 noviembre). Diagrama de Ishikawa Qué es, definición y concepto.

2.2.2 Pareto

El siguiente punto explica en que consiste el diagrama de Pareto así tomar en cuenta para que se utiliza y con es su función inicial. José Facchin (2024) afirma que:

José Facchin (2024).

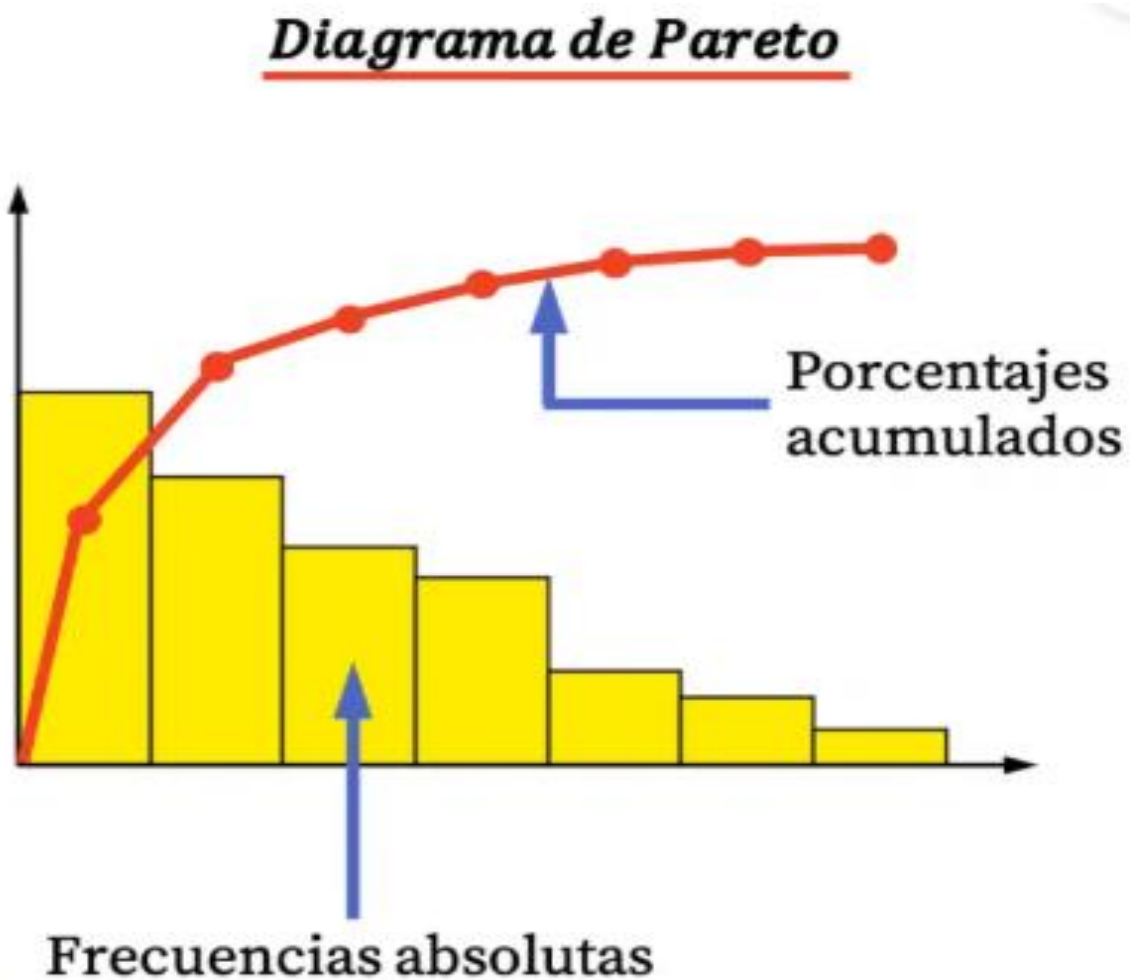
El diagrama de Pareto fue creado por Vilfredo Pareto. Es una representación gráfica que clasifica las causas de un problema o fenómeno en función de su importancia. Consiste en un gráfico de barras donde las causas se ordenan de mayor a menor impacto, acompañado de una línea que representa el porcentaje acumulado. (Facchin, J. (2024, 30 diciembre). Diagrama de Pareto ¿Qué es y cómo se usa?)

En términos sencillos, es una observación de que a menudo una pequeña parte de las causas o elementos tiene un mayor impacto del que se considera. Esta herramienta contribuye a lograr determinar prioridades, concentrarse en los recursos y solucionar problemas con mayor eficacia.

Este principio tiene como función principal priorizar y tomar decisiones más inteligentes ya que al centrarse en el 20% de los elementos se puede optimizar los esfuerzos y recursos para obtener un mejor resultado y así lograr mejorar el 80% del impacto que se representa en el diagrama. Esto permite obtener mayores resultados con menos esfuerzo o inversión (Juárez, 2025).

En la siguiente **figura 5** se muestra en que consiste la regla estadística y como se compone.

Figura 5: Diagrama de Pareto.



Fuente: Juárez, M. G. (2025, 31 julio). Diagrama de Pareto. Probabilidad y Estadística.

Según Juárez (2025) lograr realizar un Pareto con éxito se requiere de uno pasos a seguir, los cuales consisten en:

- Recolectar datos del problema.
- Ordenar los datos de acuerdo con su frecuencia.
- Calcular el porcentaje.
- Obtener el porcentaje acumulado sumando los porcentajes anteriores.
- Obtener la gráfica mediante estos porcentajes con una tabla de barras.

Al realizar estos pasos la línea va a determinar que el 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas con el fin de lograr canalizar o encontrar posibles soluciones para enfrentar las causas del problema (Juárez, 2025).

2.2.3 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas normalmente es de suma importancia para lograr toma de decisiones importantes dentro del equipo de trabajo, con el fin de lograr involucrar a todos los participantes para así obtener diversas opiniones.

En la escuela británica de artes creativas y tecnología, Saavedra afirma que, “La lluvia de ideas es una técnica para generar ideas nuevas, espontaneas y creativas, con el finde solucionar un problema”. (Saavedra, 2023).

Esta técnica, que también se llama “Brainstorming”, tiene en cuenta todos los puntos de vista de las personas involucradas y recopila todas las ideas sin ninguna evaluación o crítica. Fomenta la creatividad y pensamientos con una perspectiva distinta a la que se espera normalmente, lo cual permite alcanzar un mayor nivel de innovación y rapidez al presentar nuevos proyecto o propuestas (Saavedra,2023).

La herramienta permite que los integrantes de la empresa trabajen en equipo y, de este modo, se genera un clima colaborativo. Además, al esforzarse por hallar soluciones a los problemas, se incrementa la productividad y se logra innovar procesos dentro de la compañía para mejorar la eficiencia.

Según la escuela británica de artes creativas y tecnología (2023) menciona que la lluvia de ideas utiliza unas reglas básicas para su ejecución:

- Las ideas necesitan ser fluidas con libertad, esto hace que favorezca a la creatividad de las propuestas.
- La calidad no es importante si no la cantidad de ideas que se pueda tener, esto quiere decir que es mejor recopilar una cantidad necesarias y esto incrementa las posibilidades de buscar más oportunidades de mejora.
- No es necesario hacer valoraciones o críticas de las ideas, ya que todas las personas involucradas tienen el derecho de libre expresión.

2.2.4 DMAIC

La metodología del DMAIC funciona como un plan de estrategia para lograr reducir o minimizar los errores de los procesos y así lograr un aumento en la calidad y eficiencia de la empresa. Según la conclusión de Socconini:

Socconini 2024

DMAIC es un enfoque sistemático y basado en datos que permite a las organizaciones alcanzar la excelencia en los procesos y la mejora continua. Mediante la definición de problemas, la medición del rendimiento, el análisis de las causas, la implementación de mejoras y el establecimiento de medidas de control. (Lean Six Sigma Institute)

El propósito primordial de la metodología es ser empleada de manera estadísticas para conseguir métodos de mejora que disminuyan la variabilidad en los procesos de manufactura y, por ende, reducir al mínimo los costos. En la siguiente **Figura 6** se logra entender las diferentes fases de la metodología DMAIC

Figura 6: Metodología DMAIC.

D	M	A	I	C
<ul style="list-style-type: none"> Definición del problema o la situación actual 	<ul style="list-style-type: none"> Medir y recolectar los datos para comprender el rendimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Analizar e identificar las causas principales y posibles mejoras 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar las soluciones que aborden el problema 	<ul style="list-style-type: none"> Medidas de control para manejar las mejoras

Fuente: Socconini, L. (2024, 8 febrero). Explicación de la metodología DMAIC de Lean Six Sigma - Lean Six Sigma Institute.

Para lograr completar la información normalmente se realizan ciertas preguntas para tener mayor claridad al momento de realizar. El Kaizen Institute menciona las etapas del ciclo DMAIC:

- Definir: ¿Cuál es el problema? En esta primera fase se define cual es la problemática por la que pasa el área o el proceso. Se tiene el propósito de definir los objetivos y crear equipos de trabajo para lograr obtener un plan de mejora (Costa, 2025).

- Medir: ¿Cuáles son las potenciales fuentes del problema? En la siguiente etapa es importan recopilar toda la información y datos necesarios para comprender el proceso. Con esto se logra cuantificar el problema y tener una evaluación más real del impacto del problema (Costa, 2025).
- Analizar: ¿Cuál es la causa raíz del problema? El paso más importante es el análisis de los datos anteriores ya que se pueden identificar los patrones y de donde proviene el problema. Se logra visualizar que datos son más variables y cómo estos pueden llegar a afectar el proceso (Costa, 2025).
- Implementar: ¿Cuáles mejoras se implementa? Mediante esta fase se logra obtener diferentes ideas para posibles soluciones al problema (Costa, 2025).
- Controlar: ¿Cómo sostener la mejora? Después de la implementación de las ideas y soluciones, es de suma importancia mantener un control para seguir obteniendo mejores resultados a largo plazo y así garantizar que el problema no vuelva a ser un inconveniente para el proceso (Costa, 2025).

Estas preguntas e ideas funcionan como una guía para lograr implementar esta metodología dentro de la empresa y conocer el problema, las causas y como lograr disminuirlas para así poder obtener mayor productividad y eficiencia.

2.2.5 Diagrama de flujo



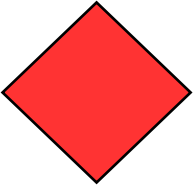
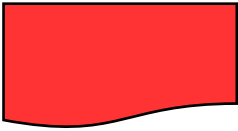
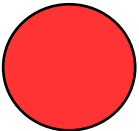
El diagrama de flujo se conoce como una herramienta gráfica que se utiliza para observar de una forma clara el paso a paso de los procesos y así poder analizar de manera más simplificada las etapas que estos tienen. Según Romero (2025) afirma que:

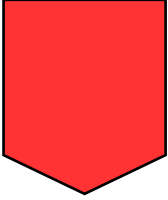
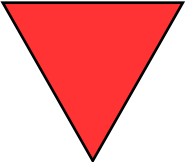
Romero (2025)

El diagrama de flujo de proceso es una herramienta que permite visualizar, analizar y optimizar los diferentes procesos que ocurren dentro de una organización. Además, un diagrama de proceso ofrece una clara visión de cómo fluyen las actividades y cómo se relacionan entre sí, proporcionando información clave para detectar posibles debilidades y puntos de mejora (Geinfor ERP, 2025).

Su estructura lleva una clase de simbología para lograr comprender los diferentes puntos que se utilizan en un diagrama con el fin de conocer las diferentes actividades por las que pasa cada proceso como se muestra en la **Tabla 2**.

Tabla 2: Simbología del diagrama de flujo.

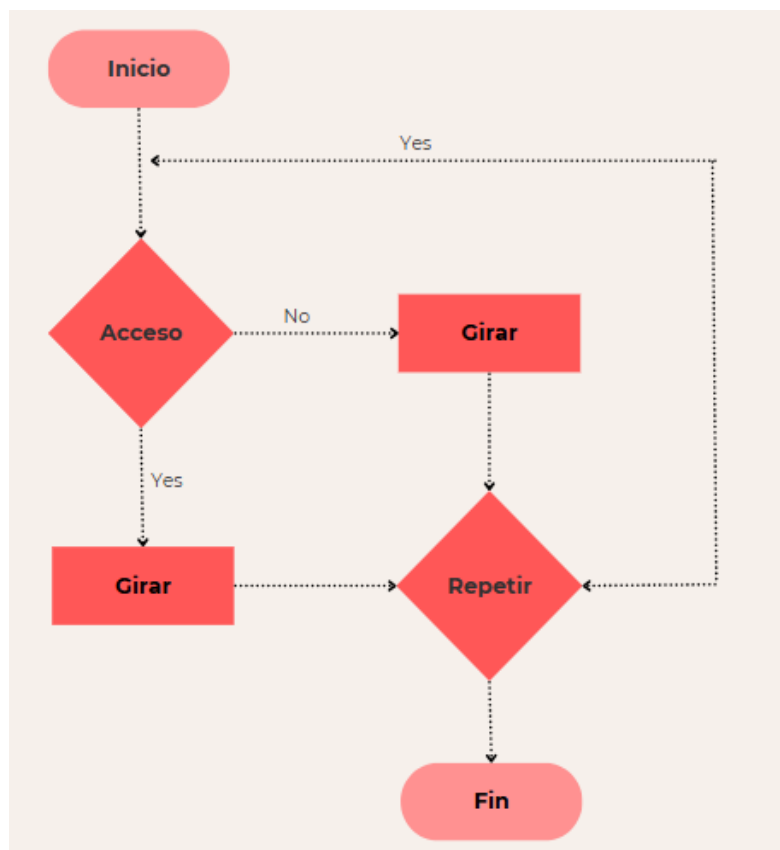
Símbolo	Descripción
	Terminal: Inicio o fin de un proceso.
	Operación: Realización de una actividad, es importante para lograr el objetivo del proceso
	Decisión: En este punto del proceso se utiliza para dar a conocer que se tiene que tomar una decisión e indica caminos diferentes para el resultado de esta decisión.
	Documento: Son documentos que entra o salen de la operación principal.
	Conector: Es una unión de una parte del diagrama con otra.

	<p>Conector de página: Conexión con una activada a una hoja del proceso</p>
	<p>Archivo: Son documentos o materiales dentro de las actividades</p>

Fuente: Esquivel, M. (2025, 29 julio). Diagrama de flujo: ¿Qué es y con qué herramienta hacerlo? TUTFG.

Tomando en cuenta la tabla de símbolos, su representación gráfica inicia con un terminar y se une con líneas dependiendo de la siguiente etapa del proceso y del símbolo que se vaya a usar. (Esquivel 2025). En la siguiente **Figura 7** se puede observar cómo se realiza el diagrama con los símbolos mencionados anteriormente.

Figura 7: Estructura del diagrama de flujo.



Fuente: Esquivel, M. (2025, 29 julio). Diagrama de flujo: ¿Qué es y con qué herramienta hacerlo? TUTFG.

En conclusión, es una representación que muestra un ciclo de diferentes áreas, ya sea desde realizar un documento, el proceso de manufactura de un producto, orden y limpieza de un área, los cuales se realiza para adquirir una solución a los problemas y cumplir con el objetivo principal (Esquivel 2025).

2.2.6 Checklist

Un Checklist se puede definir como una serie de pasos a paso en orden lógico donde se tacha lo que ya se realizó. Según la Academia Crandi se puede definir como: “Una herramienta de múltiples usos, la cual consiste en una lista enumerada de elementos necesarios para realizar una actividad” (Crandi, 2020)

Esta herramienta se entiende como una manera de conseguir el control de las acciones o tareas, alcanzando la verificación y realización de la lista de requisitos que se tengan del proceso. El propósito de esta herramienta es ofrecer soporte para la ejecución de inspecciones, con el objetivo de analizar los procedimientos que se comparten y obtener una visión más minuciosa de cada una de las actividades involucradas en los procesos. (Crandi, 2020) como se demuestra en la **Figura 8**.

Figura 8: Estructura del Checklist.

	Establecimiento de Mercancías y Fombruras		Pág. 1 de 2
	Diagnostico al área de producción		Fecha:
Checklist			
Indicador	Si	No	Observaciones
Materia prima			
¿Se cumple el estándar de calidad de la materia prima?			
¿Los proveedores entregan la materia prima en el tiempo acordado?			
¿Se mantiene un nivel adecuado de inventario de materia prima?			
¿Se minimiza el desperdicio de materia prima en el proceso de producción?			
Condiciones de proceso			
¿Se cumple el tiempo de producción por unidad establecido?			
¿Se utiliza de manera eficiente la mano de obra en el área de producción?			
¿Se han registrado accidentes laborales en el área de producción?			
¿Se han detectado productos defectuosos durante el proceso de producción?			
Instalaciones Fisicas			
¿Se utiliza de manera óptima la maquinaria en las instalaciones?			

Fuente: Admin. (2025, 16 junio). CHECKLIST. Ingeniería Industrial.

Según Administradores del blog de ingeniería industrial tools (2025) menciona que el checklist tiene una metodología para su realización de manera más efectiva.

- El objetivo del checklist es lo primero que debe considerarse, ya que permite tener una idea más clara de lo que se desea lograr con el (Admin, 2025).
- Es necesario identificar las actividades o tareas de los procesos que se analizan para elaborar una lista clara y así poder crearla (Admin 2025)
- Según Admin (2025) se pone en marcha esta herramienta después de haber adquirido los datos previos. Para seguir con orden de la lista se debe avanzar paso a paso y marcan las actividades o tareas ya completadas.
- El checklist es un instrumento que debe ser monitoreado, ya que en muchos procesos se llevaban a cabo actividades o tareas nuevas o diferentes, ya sean a largo o corto plazo (Admin, 2025).

2.2.7 RASCI

El RASCI se puede definir como un modelo que permite determinar todas las funciones o responsabilidades de los encargados dentro de un proyecto. Este tipo de matriz soluciona los conflictos de un proyecto con mayor rapidez y eficacia (Quiroa, 2022).

En la investigación de Interfacing Technologies Incorporated (2025) menciona algunos de los beneficios al momento de aplicar esta herramienta.

- Como primer aspecto, se establece que el RASCI evita confunciones entre los responsables del proyecto en el momento de asignar tareas (Interfacing Technologies Incorporated, 2025).
- Asigna responsabilidades para evitar que los participantes se vean encargados de tareas (Interfacing Technologies Incorporated, 2025).

- Es necesario contar con una estructura en los proyectos dado que cada miembro tiene roles distintos, por lo tanto, se logra establecer un tipo de jerarquía de la organización del proyecto. (Interfacing Technologies Incorporated, 2025).

Es importante conocer las letras que conforman esta herramienta. Interfacing Technologies Incorporated (2025) concluye que es necesario conocer su estructura para poder realizarlo y aplicarlo a los proyectos asignados, por ende, se muestra el nombre y la definición de cada letra en la **Tabla 3**.

Tabla 3: Letras de la matriz RASCI

Letra	Descripción
Responsable (R)	Es el encargado de la realización y el dueño del proyecto. En algunos casos pueden haber más de una persona responsable.
Aprobador (A)	Este se encarga de aprobar las tareas, actividades o los resultados del proyecto.
Apoyo (S)	Este personal brinda soporte, son capaces de brindar herramientas o recursos a los miembros del proyecto, por ende, van de la mano con los responsables ya que comparten objetivos similares.
Consultado (C)	Estas personas son las encargadas de brindar información necesaria para el avance del proyecto y que así los responsables puedan terminar las tareas.
Informado (I)	Se requiere mantener a los involucrados informados sobre el avance o la finalización de las tareas asignadas. Esto debido a que son la parte interesada en el proyecto.

Fuente: Interfacing Technologies Incorporated. (2025, 24 febrero). Qué es RASCI / RACI - Comprensión, definición y uso. Interfacing.

Para elaborar esta matriz, se necesitan unos pasos simples. Primero es necesario determinar los roles de todos los participantes en el proyecto de esta manera, se pueden especificar cada letra de la matriz y asignarla a cada uno. Lo siguiente es especificar las tareas y los entregables necesarios para llevar a cabo el proceso con éxito, Una vez que la matriz ha sido elaborada, se comparte con los responsables del equipo o lo grupos interesado para mantener a todo informados de los encargados (Quiroa, 2022).

En la **Figura 9** se muestra la estructura de la matriz RASCI.

Figura 9: Estructura RASCI.



R	Responsible
A	Accountable
S	Support
C	Consulted
I	Informed

Project Activity / Deliverable	Role 1	Role 2	Role 3	Role 4	Role 5
Task 1	A		R	I	I
Task 2	A		C	C	C
Task 3	A	I		R	
Task 4	A	R	S		
Task 5	A	S	S	C	R
Task 6	A			S	R

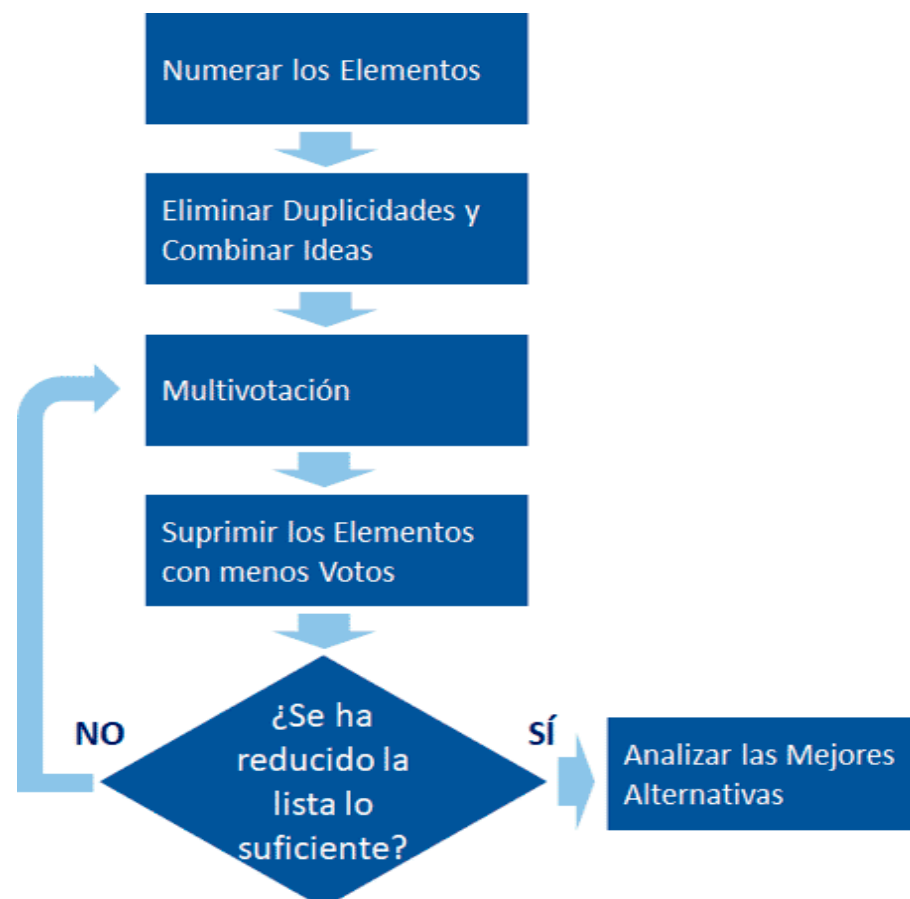
Fuente: Interfacing Technologies Incorporated. (2025, 24 febrero). Qué es RASCI / RACI - Comprensión, definición y uso. Interfacing.

2.2.8 Multivoto

La metodología que emplea esta herramienta es útil para seleccionar una gran cantidad de causas que se consideran más significantes para los procesos. Cuando se obtienen una larga lista de causas o ideas en un proceso, esta herramienta es fundamental; por lo tanto, su propósito es reducir estos elementos para poder enfocarse en los más importante o aquellos que tienen mayor peso en el proceso (Consultores, 2024).

Según la página de Aiteco (2024) concluye que su procedimiento se basa en varias fases, la primera es numerar las causas que se tienen y combinar ideas que se vean repetitivas o similares, después de realizar esa etapa se requiere de utilizar un número de votos para los participantes y sumar los votos que se asignaron, con la suma de los votos se ordenan de mayor a menor y se toma en cuenta cuales son las prioridades dependiendo de la mayor puntuación (Aiteco consultores, 29024)

Figura 10: Proceso de realización multivoto.



Fuente: Consultores, A. (2024, 12 noviembre). Multivotación: Instrumento para Seleccionar las Mejores Ideas. Aiteco Consultores.

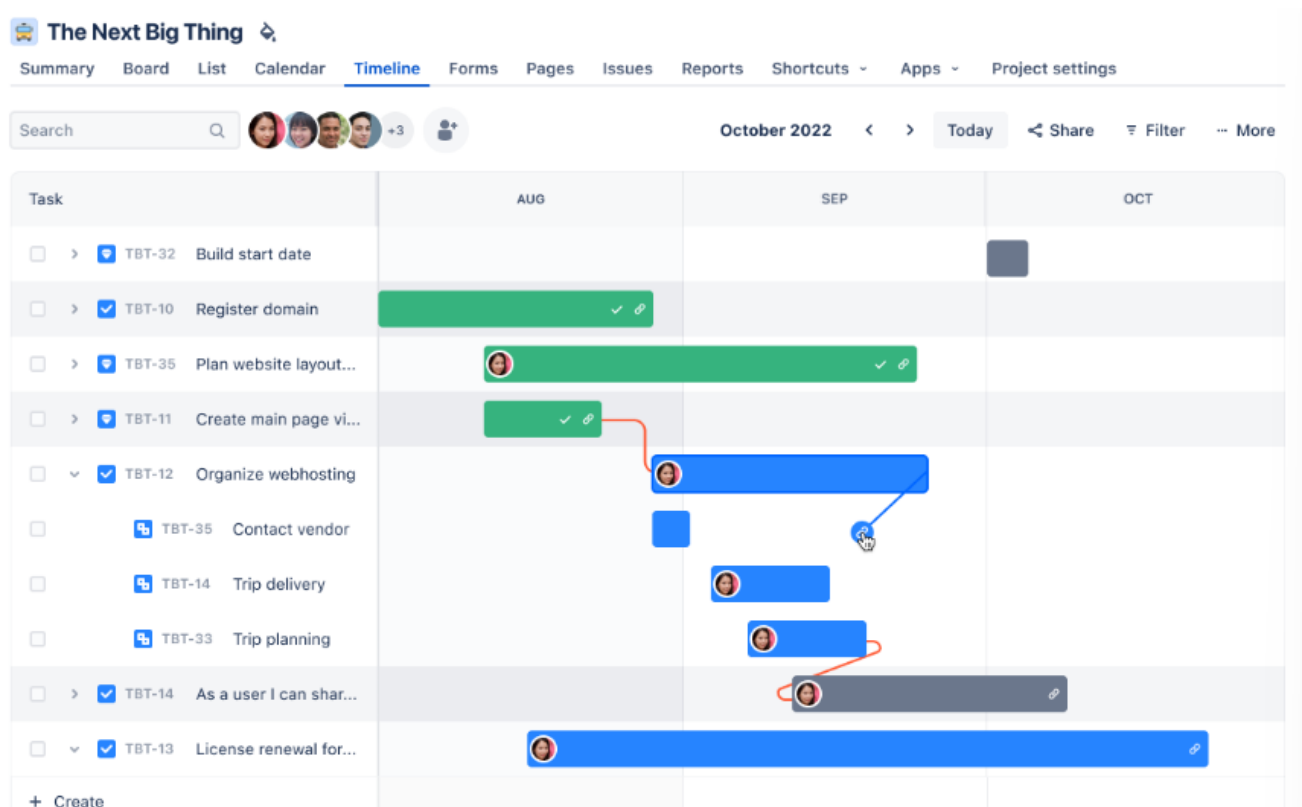
2.2.9 Diagrama Gantt

Este diagrama se puede utilizar para lograr una planificar de las tareas o actividades de un proyecto y así lograr visualizar el tiempo que estas requieren para ser realizadas.

Según la OBS Business School (2025) menciona que el diagrama de Gantt: “Es una herramienta fundamental en la gestión de proyectos, ya que permite visualizar de manera clara la planificación y el progreso de las tareas dentro de un cronograma “(Pérez, 2025).

Los equipos y las organizaciones se orientan a través de un diagrama de Gantt cuando planean y coordinan sus tareas eficazmente. Promueve la cooperación y la coordinación sin problemas entre los actores interesados en el proyecto, así como garantiza que todos están en sintonía y se esfuerza por alcanzar la misma meta (Meardon, 2025).

Figura 11: Diagrama Gantt.



Fuente: Meardon, E. (2023, septiembre 7). Explicación de los diagramas de Gantt.

La ventaja que tiene el utilizar este diagrama es facilitar las planificaciones complejas especialmente cuando se trata de varios equipos de trabajo y plazos de tiempos elevados para lograr planificar las tareas y asignar los recursos necesarios. (Meardon, 2025)

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

El proyecto se enfoca en implementar un plan para mejorar la capacidad y disminuir los tiempos de preparación de la empresa para así generar un impacto económico la implementación de herramientas eficientes para la optimización del proceso.

El impacto que se espera es lograr mediante estrategias una mayor estandarización del área a mejorar para así obtener un costo-beneficio positivo para la empresa y aumentar la eficiencia en las etapas del proceso de empaque.

2.3.1 Impacto económico

Este término es muy importante en la gestión de las empresas la cual utiliza estrategias con el fin de equilibrar lo que se gasta o se consume al momento de realizar las operaciones para lograr obtener un producto final el cual lleva un precio al mercado global (Euroinnova International Online Education, 2025)

Al disminuir los gastos operativos la empresa logra obtener una mayor rentabilidad lo cual hace que se pueda invertir más en el mejoramiento del área y de los productos para poder sobresalir en la competitividad en el mercado. Para poder obtener los datos del costo se utilizan herramientas de análisis de costos las cuales determinan por qué y a que se le asignan los costos y así lograr contabilizar el dinero de la empresa (Ceupe, 2024).

En conclusión, la optimización de procesos disminuye una serie de costos por medio de la automatización. Esta última contribuye a reducir gastos labores y por lo tanto a cometer menos errores ya que muchos generan altos costos.

2.3.2 Capacidad productiva

La capacidad productiva o del área se obtiene por medio de un análisis para así conocer que tan capaz es un proceso. Según Morales (2024) menciona que la capacidad se puede definir como: “la capacidad de producción es el techo máximo de bienes y servicios que puede lograr una unidad productiva en un tiempo determinado” (Morales, 2024).

Para comprender mejor la investigación de Altermecnia menciona porque se considera importante la capacidad y como analizarla: “El análisis de procesos es una herramienta fundamental para las empresas, dentro de eso poner el acento en la capacidad de producción es una parte fundamental a la hora de optimizar recursos” (Altermecnia, 2023)

Al llevar a cabo las etapas, se determina la máxima capacidad de los procesos dentro del sector industrial, considerando los recursos disponibles en ese instante. Para estimar la capacidad, se requiere el tiempo de procesamiento y el tiempo de ciclo. Estos datos se obtienen a partir del análisis de los tiempos de las tareas en el área, lo que permite determinar cuántas modificaciones tiene un proceso. Por lo tanto, su meta es optimizar la eficacia y la eficiencia de los procedimientos (Altermecnia, 2023).

2.3.3 Análisis del costo-beneficio

Se requiere obtener la definición clara del análisis del costo- beneficio ya que este es necesario para cualquier empresa, ya que sirve para tomar decisiones y determinar las ganancias de un proyecto con respecto al costo.

Según Rubén González 2022 define este concepto como: “una herramienta de toma de decisiones que servirá para elegir que acciones vale la pena avanzar. Ofrece una perspectiva cuantitativa del problema para tomar decisiones basadas en evidencia” (González, 2022).

El costo-beneficio está enfocado en la gestión de proyectos para medir que tan rentable es de financiar la implementación y que tanto logra ayudar a la empresa para evitar pérdidas. Tomando en cuenta esto es importante analizar que se los beneficios superan los costos se considera una propuesta o implementación rentable para la empresa (Burguillo, 2022).

Según Burguillo (2022) ciertas variables influyen en como se ve afectado el costo- beneficio. Se menciona una lista como el costo de la producción, impuestos, cantidad de ventas, seguros, mano de obra (Economipedia 2022) Estas variables se consideran importantes ya que influyen en si realmente se requiere realizar una inversión a las propuestas y si logra ser rentable a la empresa.

2.3.4 Impacto en los tiempos del proceso

Según la empresa ACF Technologies menciona la definición de la gestión de los tiempos: “Es el proceso de organización eficaz del tiempo que se destina a cumplir actividades concretas dentro de una empresa” (Technologies 2022).

Su finalidad es mejorar la eficiencia y el rendimiento de los equipos de trabajo por lo que es muy relevante para asegurar una productividad general más alta. Al tener una productividad más significa que los periodos de preparación e inactividad se reduzcan, Para conseguir esto, es necesario tener claro los pasos, las tareas, las deficiencias o las mejoras de la planificación para así optimizar el uso de los recursos. (Rodríguez, 2024).

En conclusión, el impacto en los tiempos no solo significa reducirlos, si no también aumentar la productividad del procedimiento, disminuir los costos y satisfacer a los clientes.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

En esta sección se presentan otros proyectos de ingeniería industrial que sean realizado de manera similar con el finde lograr cambios en la capacidad de un área en específico mediante la metodología de DMAIC. A través de esta propuesta se logra obtener conclusiones para lograr el desarrollo de esta investigación.

Por ejemplo, el proyecto del ingeniero Luis Diego Cubero Méndez el cual se titula “Propuesta para el aumento de la productividad del área de empaque en una empresa de industria médica en Alajuela, durante el tercer cuatrimestre del año 2023”. Esta investigación intenta tratar con los puntos críticos de la eficiencia que tiene el área de empaque de dispositivos médicos, el mercado genera una demanda alta en la línea de producción, por ende, se intenta resolver el problema estableciendo objetivos para mejorar la producción mediante la metodología de DMAIC.

Concluyeron un plan de horas extras para resolver la brecha entre la capacidad actual y la nueva demanda junto a una nueva bandeja de empaque que permita aumentar la productividad y reducir los costos y así llegar a cumplir la meta logrando satisfacer las necesidades del mercado en crecimiento (Cubero Méndez, 2024).

Por otro lado, la investigación del ingeniero Felipe Anchía Rodríguez en el 2024. Consiste en una propuesta para la mejora de la capacidad de la empacadora FFS a través de la comparación del plan de mantenimiento actual contra el mantenimiento centrado en la confiabilidad en el área CUFF de Viant Medical el cual consiste en que se experimentó una baja producción de torniquetes y acumulación de material.

Esto fue a raíz de fallos relaciones al equipo de empaque en línea, la cual se encarga de empaque y cortado en empaques individuales. Se presenta un plan de mantenimiento con el fin de

mejorar el tiempo en que la maquina está disponible reduciendo así los paros por fallos, aumentando así la productividad y reduciendo los costos (Anchía Rodríguez, 2022)

El resultado fue el esperado por el plan de mantenimiento ya que la maquina logro reducir los tiempos por fallos aprovechando así mejor los recursos del personal a cargo del proceso de empaque y sacándole mayor provecho a la capacidad productiva que la maquina tiene (Anchía Rodríguez, 2022)

CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología para la definición del problema

Esta investigación aplica la metodología DMAIC con el fin de identificar de qué manera se pueda mejorar los procesos que se establecieron para alcanzar la productividad.

En esta etapa se identifica el problema principal, se necesita conocer claramente el proceso que se requiere mejorar, por ende, las siguientes herramientas son necesarias para poder desarrollar de manera sencilla y dando una visión general para lograr tener ideas claras.

Tabla 4: Etapa definir de la metodología DMAIC.

Definir					
Objetivo	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazo	Responsables
Describir las actividades involucradas en las áreas de estudio mediante el uso de herramientas ingenieriles.	<ul style="list-style-type: none"> -Observar los procesos del área de empaque. -Realizar un diagrama de flujo para describir el proceso del área. -Obtener un SIPOC para obtener información sobre los responsables de los procesos de empaque. 	<ul style="list-style-type: none"> -Diagrama de flujo. -Observación directa y entrevistas. -SIPOC. 	<p>Se realiza el diagrama de flujo con las observaciones y las entrevistas de los colaboradores envueltos en el proceso.</p> <p>Utilización de un SIPOC para conocer bien todo el proceso del área con respecto a los materiales</p>	15 días	Investigador

Fuente: Elaboración propia.

Para iniciar con la definición se inició a comprender el proceso productivo del área, las actividades que se realizan en esta etapa son para obtener un mayor conocimiento del flujo de trabajo que el área de empaque estaba llevando a cabo, por lo tanto, se procedió a realizar un diagrama de flujo par tener una perspectiva más visual.

Este diagrama se realizó con la información obtenida de las observaciones y las entrevistas que se le hicieron al personal, este proceso se llevó a cabo durante el turno de la mañana. La información fue también adquirida por el supervisor del área y también las operarias que estaban involucradas en todos los procesos, ya que éstas cuenta con una información detallada y con una perspectiva diferentes.

Adicionalmente para conocer qué elementos son claves en el proceso del área de empaque se utilizó el diagrama de SIPOC, en este se logra asignar los procesos que tienen las entradas y salidas ya que son de suma importancia para tener un amplio conocimiento de los materiales, proveedores y clientes que se utilizan dentro del área.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

En la etapa de la medición y respaldo cualitativo, corresponde a la “M” de medir de la metodología DMAIC. En esta fase se analiza los datos que se recolectan en el área de empaque con el fin de obtener una base para la elaboración de la investigación.

Tomando en cuenta ciertos factores como lo son la capacidad de los equipos y del área, los tiempos de las diferentes actividades que se llevan a cabo y los análisis estadísticos de los procesos involucrados. Esto con el fin de conocer la situación por la cual se determinó el problema a resolver.

Tabla 5: Etapa de medir de la metodología DMAIC.

Medir					
Objetivo	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazo	Responsables
Cuantificar las distintas variables involucradas para la determinación de la capacidad actual de producción	-Analizar y tomar los tiempos de las actividades del proceso general del área. -Identificar y cuantificar la capacidad del área. -Observar y determinar las fallas por paros de las maquinas involucradas en el proceso	-Estudio de tiempos -Análisis de capacidad (gráficos) -Registros de paros	Toma de tiempos y cálculo de los procesos para determinar la capacidad. Análisis y recolección mediante un registro de los paros de las máquinas de empaque	2 meses	Investigador

Fuente: Elaboración propia.

Para iniciar la obtención del respaldo cuantitativo se realizó la toma de tiempos en el turno de la mañana deal área de empaque con el de conocer que las deficiencias del área y determinar el cuello de botella, para así conocer mediante datos el problema que afecta el proceso productivo. Seguidamente se registraron los paros que se tiene de las máquinas para determinar si se obtienen tiempos de inactividad que afecten al área de empaque.

Esto se complementa con el cálculo y análisis de la capacidad actual no solo de los procesos si no de las operarias involucradas con el fin de delimitar cuántos ajustes se pueden elaborar en el área de empaque.

Se realizó un tamaño de la muestra para así determinar cuántos datos se requieren para obtener un promedio de confianza y así adquirir un estándar de los datos. En total se obtuvieron muestra de 29 tiempos de los procesos, el cual se consideró que este número es el adecuado para así conocer la variabilidad de los resultados y obtener datos con mayor confianza.

Esto brinda ideas más claras sobre cuáles son las causas que más afectan a la capacidad que tiene el área actualmente y así conseguir determinar cuál es la mejor propuesta de mejora a implementar.

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

Esta etapa corresponde a la A de analizar en la metodología de DMAIC. En esta fase se busca conocer las diferentes causas del problema principal del área para lograr determinar soluciones y lograr disminuir las deficiencias.

Tabla 6: Etapa de analizar de la metodología DMAIC.

Analizar					
Objetivo	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazo	Responsables
Analizar las causas que limitan la capacidad productiva.	-Realizar lluvia de ideas para lograr obtener posibles soluciones. -Desarrollar un diagrama de Ishikawa y conocer las diferentes causas del problema principal. -Determinar de manera gráfica por medio del	-Ishikawa. -Pareto. -Lluvia de ideas. -Multivoto	Analizar el por qué suceden las causas encontradas que puedan afectar el rendimiento y capacidad del proceso. Se implementó un estudio de los problemas, adicionalmente se	20 días	Investigador y el departamento de ingeniería y planificación

	Pareto cuales son las causas que más afectan el área de empaque.		asignó una frecuencia para poder conocer el impacto de las consecuencias		
--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Después de recolectar los datos en la etapa anterior, se procede a realizar una lluvia de ideas junto al departamento de ingeniería para así obtener todas las causas posibles que podrían afectar los procesos del área las cuales causas demoras o tiempos elevados. Mediante esta herramienta se logró recopilar los recursos necesarios para lograr adquirir las causas reales y con mayor peso del problema.

Con las ideas claras se elaboró un diagrama de Ishikawa para poder identificar las causas y efectos del problema principal con el fin de lograr delimitar que tipo de efecto genera más consecuencias en el proceso definido.

Adicionalmente, se generó un diagrama de Pareto para obtener las principales causas y enfocarse en estas para poder elaborar una mejora. El principio de 80/20 determina que el 80% de las causas representan las demoras de los procesos para el empaque de los productos. La frecuencia para determinar estas causas se obtuvo mediante la lluvia de ideas.

Por último, se procedió a un análisis de los datos mediante un 5' por qué para así poder a profundidad cada una de las causas principales que se muestran en el Pareto, estas se logran acomodar según el Ishikawa y así conocer la raíz de cada una de las causas.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto.

Es necesario tener en claro las causas que se identificaron en la etapa anterior para así lograr obtener soluciones y lograr implementarlas para la mejora del área de empaque. Por otro lado, es necesario analizar las propuestas para que así las implementaciones sean las adecuadas.

Tabla 7: Etapa de implementar de la metodología DMAIC.

Implementar					
Objetivo	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazo	Responsables
Proponer implementaciones que impacten positivamente la capacidad de las áreas de estudio.	<ul style="list-style-type: none"> -Implementar un plan de solución para las causas determinadas. -Desarrollar un plan de paros preventivos para las maquinas del área de empaque. -Realizar capacitaciones del uso de las maquinas a las operarias 3 del área de empaque. 	<ul style="list-style-type: none"> -Check list -Metodología SMED 	<p>Realizar una lista de tareas para poder disminuir los tiempos de ajuste y adquirir un mayor orden y control.</p> <p>Definir los roles y responsabilidades del personal dentro del área</p> <p>Utilizar y realizar la metodología SMED la cual abarca desde la limpieza hasta la optimización del área</p>	4 semanas	Investigador junto a los operarios del área

Fuente: Elaboración propia.

En esta etapa es necesario ejecutar planes de acción para que la implementación de las mejoras sea efectiva. Dentro de esta fase se toma en cuenta las observaciones de los gráficos de causa-efecto y las actividades del área de empaque para conocer que mejoras se pueden implementar. Tomando en cuenta esto se generan ideas para las máquinas de empaque semiautomático y además es necesario tomar en cuenta las capacidades que tienen los operarios para manipular las máquinas y realizar las actividades de empaque.

Por ende, se realiza un Checklist, esta herramienta es necesaria para poder tener una mayor precisión y acomodo de las tareas que se deben de realizar para así lograr tener una mayor eficiencia en el proceso de ajuste de las máquinas de forma que también utilicen los recursos o herramientas asignadas para cada paso a seguir.

Adicionalmente, se llevará a cabo la metodología SMED, con el fin de disminuir los tiempos que generan demoras al proceso. Por medio de esta metodología también se logra mantener el espacio de trabajo ordenado y limpio para poder realizar los cambios de herramientas y configuraciones en la línea de producción.

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

En esta etapa es necesario que las mejoras sean aprobadas e implementadas por la empresa y el personal asignado. Para realizar la implementación completa se realiza el control de las propuestas y así poder asegurar de que en otro momento no se cuente con el mismo problema dentro del área.

Tabla 8: Etapa de controlar la metodología DMAIC.

Controlar					
Objetivo	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazo	Responsables
Controlar la implementación de las alternativas propuestas	<p>-Realizar un plan de acción para lograr visualizar y realizar las mejoras.</p> <p>-Ejecutar indicadores para lograr tener un seguimiento de las propuestas</p>	<p>-Matriz RASCI</p> <p>-Diagrama Gantt</p>	Realizar indicadores de control para así lograr dar seguimiento a las mejoras	7 días	Investigador

Fuente: Elaboración propia.

La última etapa de la metodología del DMAIC es una de las más importantes ya que es necesaria para lograr el control de las soluciones que se proponen a la empresa. En esta etapa se ejecuta un plan para la mejora continua y adicional se desarrollan indicadores de desempeño para considerar posibles cambios que se obtengan. Esto logra obtener el desempeño de las implementaciones en el área.

Si llega a ocurrir variaciones en las implementaciones, mediante los indicadores se puede tener un monitoreo y control de los procesos para poder genera un plan de acción que ayude a que no se vuelva a generar el mismo problema en el área de empaque semiautomático.

CAPITULO 4: LÍNEA DE BASE Y ANÁLISIS DE CAUSA.

4.1 Definición

El proceso de empaque es de suma importancia porque representa lo último de la cadena de producción, ya que de este se obtienen los productos terminados para la venta y distribución. En esta fase del proyecto, se llevará a cabo la obtención de datos con el fin de exponer el estado actual del proceso correspondiente en el área de empaque, conociendo así la situación detectada que enfrenta la empresa farmacéutica Calox con el objetivo de encontrar nuevas oportunidades de mejoras y obtener un mayor conocimiento por el cual no se logra aumentar el número de entregas con respecto a la demanda.

En estas etapas de la metodología DMAIC se utilizan diferentes tipos de herramientas para así poder obtener el análisis de los datos y la información para lograr elaborar una mejora significativa para la empresa que sea sólida y efectiva a largo plazo que permitan reducir los tiempos de cambio de formato y así fortalecer la competitividad de la empresa en el mercado actual.

El objetivo principal del análisis es tomar en cuenta los diferentes aspectos del proceso de empaque semiautomático, se investigará las actividades claves, los tiempos de cambio de formato y paros de las máquinas con respecto al troquel, la capacidad de producción y las diferentes causas que ocasionan el problema principal

En esta etapa se mostrarán herramientas como diagramas de flujo, SIPOC, análisis de los tiempos, la capacidad diaria con la que cuenta el área de empaque semiautomático y un análisis de las causas con mayor impacto mediante un diagrama de Ishikawa. Todas estas herramientas permiten brindar una comprensión más precisa y profunda del estado actual de los procesos operativos en el área de empaque.

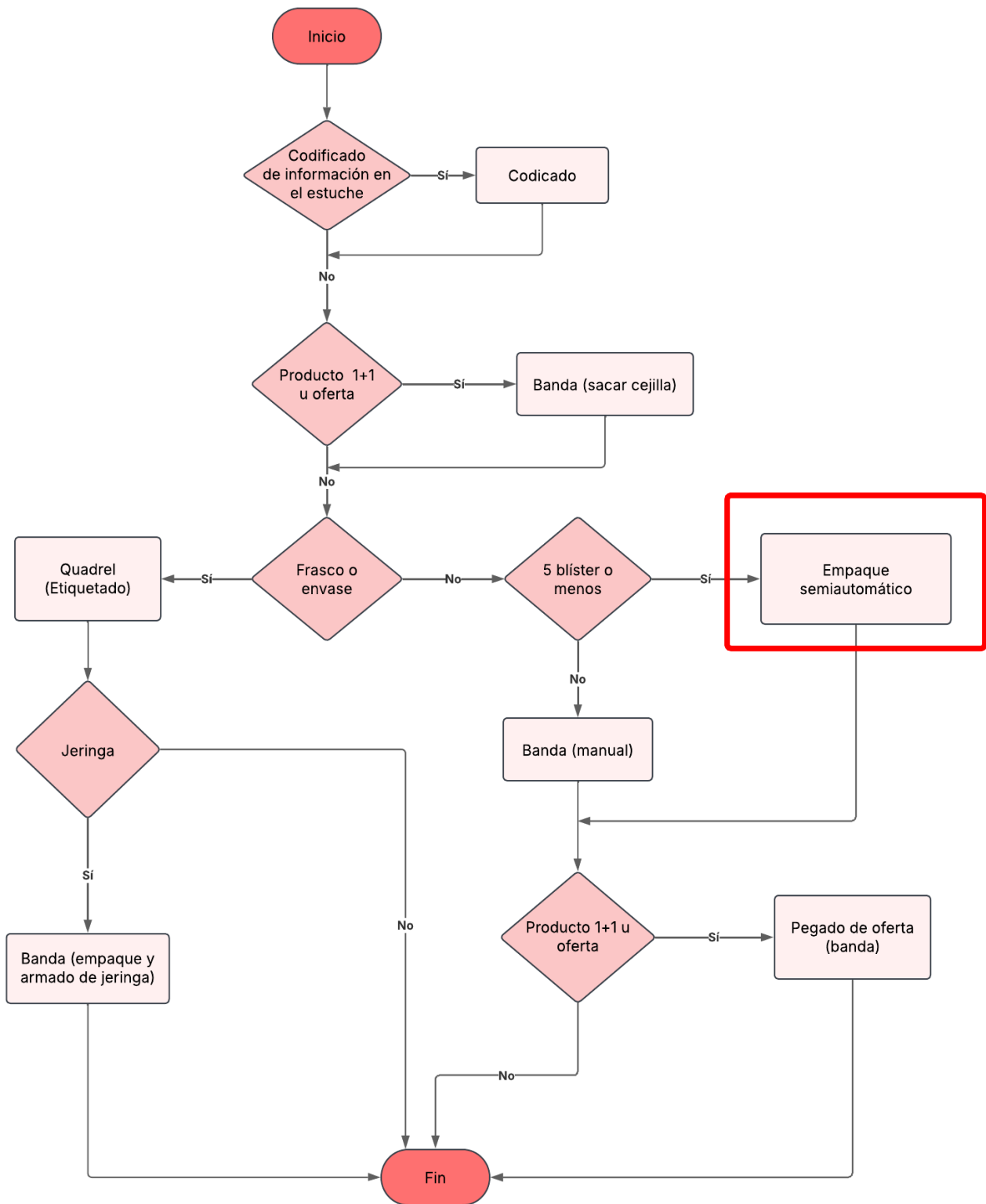
4.2 Descripción del proceso

La información sobre la descripción del proceso ha sido facilitada por el personal del área de empaque, tanto del supervisor como de los operarios que contribuyen al proceso de producción.

En el área de empaque actualmente cuenta con 27 operarios en total, los cuales se dividen en “operario 3” que se enfocan en el ajuste de las máquinas semiautomáticas, por ende, su atención se centra en realizar todo los cambios de formato, llenado de las maquinas con los estuches y mantener siempre los blisters para empaque al alcance de las otras operarias, son las encargadas de que las máquinas estén en funcionamiento, el “operario 2” manejan las codificadoras y por último “operario 1” los cuales se encargan de colocar los blisters dentro de los estuches, agruparlos, pesarlos, llenar los corrugados y de mantener la limpieza del área.

A continuación, se muestra la siguiente *Figura 12*. El Diagrama de flujo el cual se utiliza para analizar de manera más visual el proceso que se tiene de toda el área de empaque.

Figura 12: Diagrama de flujo de empaque.



Fuente: Calox Costa Rica S.A

Cuando se obtiene los elementos necesarios para empezar con el proceso de empaque se toman en cuenta las actividades por las que pasa cada tipo de producto. Al momento de ingresar las unidades al área de empaque su flujo depende de las características que este tenga a nivel de presentación como se muestra a detalle en el flujo de este proceso.

Para comprender bien cómo funciona toda el área de empaque es necesario detallar los siguientes casos, esto con el fin de conocer que no todos los productos pasan por el área de empaque semiautomático. En el primero de los casos los estuches de líquidos y semisólidos son los que más pasan por la maquina codificadora. La mayoría de los estuches que pasan por las maquinas semiautomáticas ya asumen el codificado.

En el siguiente caso, cuando los productos de líquidos entran a empaque normalmente pasan por una maquinas especializada; el cual es un equipo que se utiliza para pegar etiquetas a los frascos y jeringas de manera automática. Siguiendo con este proceso las jeringas cuentan con un proceso adicional, ya que después de pasar por el equipo especializado requieren de un armado y empaquetado en una banda de manera manual.

Según la documentación algunos medicamentos se deben de empacar como oferta para el mercado. Si las ofertas son estuches grandes pasan por bandas y se realiza un pegado manual de los dos estuches lado contrario cuando los estuches son pequeños, estos pasan por una maquina especializada en las ofertas cual utiliza un pegamento para así lograr pegar los dos estuches de manera automática.

Tomando en cuenta los datos anteriores el proyecto se centra en el área de empaque semiautomático como se señala en el diagrama de flujo, ya que por medio de una lluvia de ideas con el departamento del área para lograr encontrar que tiene procesos tienen oportunidades de mejora. En esta área cuenta con dos máquinas las cuales se identifican como CAM 10 y CAM 14 las cuales se ajustan de manera manual por las operarias 3.

En esta área trabajan 6 personas las cuales se dividen en: cuatro operarias insertando los blísters dentro de los estuches, una operaria agrupando según lo describa el proceso y otra operaria pesando los grupos y armando los corrugados. Estos mismos operarios son los que realizan el proceso de preparación anterior. Cabe destacar que en muchas ocasiones la cantidad de personal se ve limitada por otras actividades en el área, por ende, en muchas ocasiones se requiere de bajar la velocidad de las maquinas semiautomáticas.

Un determinante para la línea de empaque semiautomático es que los lotes tienen que ser mayor a 5mil unidades, ya que si es menor no vale la pena utilizar el equipo ya que se puede realizar de manera manual, adicional a esto los estuches debe tener entre 1 a 8 blíster para pasar por las CAM.

A continuación, para comprender el proceso se toma en cuenta que los materiales para empacar ingresan por una esclusa, estos se transportan a la mini bodega de producto en proceso para después realizar la preparación del área. Este proceso requiere de la realización de ciertas actividades como lo son el ajuste de la máquina, la limpieza del área y de las maquinas, el llenado de documentos y los materiales completos de acuerdo con la orden de producción.

Cuando la preparación se da por terminada, el auditor se encarga de verificar que los procesos se lleven a cabo de manera exitosa y que todo esté completo según la documentación para así dar el visto bueno y dar inicio al proceso de empaque semiautomático.

Cuando se finaliza de empacar el lote asignado a la maquina se inicia la limpieza del área, por ende, se recogen los materiales sobrantes y la merma para ser contabilizados, este último proceso se requiere de una verificación del auditor para que el área quede libre y se pueda utilizar para el próximo lote.

Al finalizar con las actividades anteriores los corrugados con sus respectivos productos son transportados en tarimas al sector de producto terminado para así salir por una esclusa con la

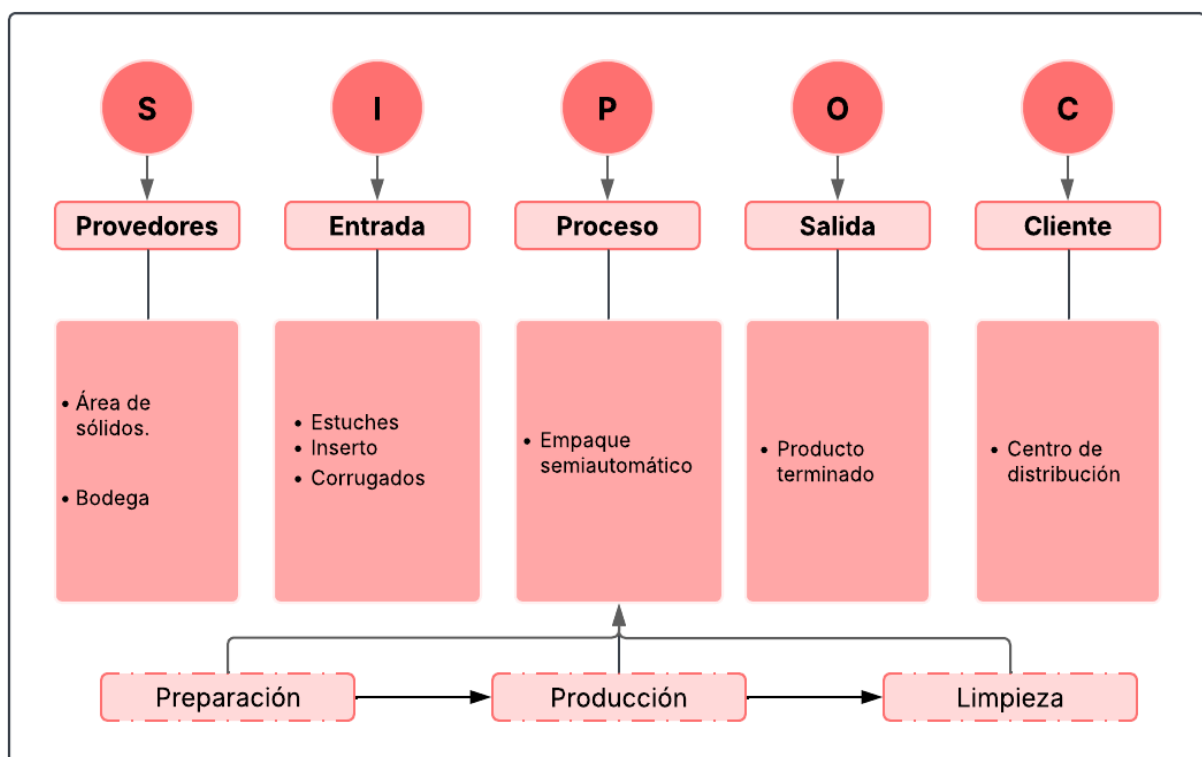
documentación del proceso. Una vez se obtiene toda la documentación necesaria se notifica que el proceso se realizó exitosamente y que pueda salir del área de empaque para así realizar el último proceso, el cual consiste en que los productos terminados son enviados a un centro de distribución.

4.3 SIPOC

Por otro lado, para comprender el proceso productivo se tiene que conocer que el área empaque obtiene los insumos de dos fuentes. En primer lugar, son los productos por empaquetar, en este caso serían los blísters de tabletas o cápsulas, tubos con cremas o frascos con jarabe, estos se adquieren del área de sólidos, líquidos y semisólidos, la otra fuente se obtiene desde la bodega donde se proporcionan los corrugados, insertos; estos solamente si el producto lo requiere y los estuches para el proceso de empaque.

Para analizar el proceso del empaque semiautomático se presenta la **Figura 13** el cual es un diagrama de SIPOC con este se permite tener un mayor conocimiento del flujo de los materiales.

Figura 13: Diagrama SIPOC



Fuente: Calox Costa Rica S.A. Elaboración propia.

Tal y como se muestra en esta figura para iniciar el empaque semiautomático, los proveedores del proceso son el área de sólidos, líquidos/semisólidos y la bodega, estas áreas se encargan de enviar los materiales y productos necesarios para el área de empaque. De sólidos se obtienen los semiterminado, en estos se encuentran los blísters los cuales pasan por un empaque primario antes de entrar al área de empaque. La bodega tiene todos los insumos necesarios para el empaque final del producto, los cuales consisten en: Estuches, insertos (si el producto lo requiere) y corrugados.

Los estuches que utiliza la empresa para estas máquinas tienen dimensiones las cuales se identifican como troqueles, esto quiere decir que es el tamaño de la caja donde vienen los blísters, jarabes o cremas. En la siguiente **Tabla 9** se presenta la medida de algunos de los troqueles de empaque.

Tabla 9: Medidas de los troqueles.

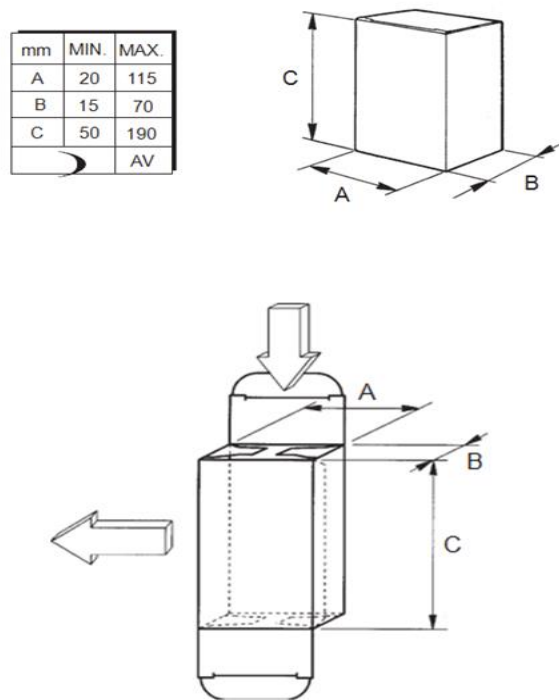
Troquel	Alto	Ancho	Fondo
C10	105 mm	45mm	20mm
C119	70mm	45mm	15mm
C8	105mm	45mm	30mm
C36	90mm	40mm	20mm

Fuente: Elaboración propia.

Por ende, las maquinas semiautomáticas (CAM) se ajustan dependiendo de las dimensiones de los troqueles como se muestra en la siguiente **Figura 14**.

Figura 14: Dimensiones de los estuches para CAM.

Esta máquina admite la toma y formación de estuches hasta una dimensión C superior a 50 mm.



Fuente: Manual de la maquinas semiautomáticas CAM.

4.4 Medición y respaldo cuantitativo

En esta etapa de la metodología del DMAIC, se desarrollarán las mediciones y el respaldo cualitativo para lograr obtener el análisis de los datos. Es indispensable recopilar la información la cual proviene de diversas fuentes del proceso como de los colaboradores tales como el supervisor y las operarias.

Para la obtención de los datos y lograr analizar la información se realizará una toma de tiempos de las dos CAM que tiene el área de empaque semiautomático y conocer la capacidad que las operarias tiene en dicha área, también se realizará una lluvia de ideas o brainstorming por medio de las observaciones y algunos datos adquiridos por entrevistas de los colaboradores para la

toma de decisiones importantes. Esto con el fin de emplear herramientas ingenieriles para lograr agrupar toda la información.

El objetivo de esta etapa es el análisis para determinar las causas que lograr generar un impacto negativo en el proceso de empaque. Esto es necesario ya que así se logra enfocar los esfuerzos y la atención para lograr realizar propuesta de mejora con el fin de lograr generar un impacto positivo para el área afectada. Con este análisis se podrá obtener mejoras en la eficiencia y capacidad del área de empaque semiautomático para buscar soluciones las cuales sean controlables y necesarias para el proceso.

4.4.1 Selección del proceso

En la siguiente sección se determina cual es el proceso con mayor deficiencia dentro del proceso del área de empaque semiautomático, esto con el objetivo de analizar e identificar cual es el cuello de botella.

Tabla 10: Selección de proceso.

Actividad	Tiempo Ciclo promedio Hrs/ajuste	Capacidad Ajuste/hrs	Recursos	Horas/día	Capacidad Ajuste/día	Tasa de Utilización
Limpieza	0,2470	4,05	1	9,5	38,46	7,99%
Ajuste	3,0900	0,32	1	9,5	3,07	100,00%
Documentacion	0,1410	7,09	1	9,5	67,38	4,56%
Materiales	0,2210	4,52	1	9,5	42,99	7,15%
Auditor	0,1500	6,67	1	9,5	63,33	4,85%
					Cuello de Botella =	3,07

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 10** anterior se muestra las principales actividades que involucra el empaque semiautomático, estas tareas son del proceso de preparación en el cual se obtuvo el tiempo de ciclo promedio, la capacidad por hora y día, la tasa de utilización y los empleados que se requieren para realizar las funciones.

El principal objetivo de este análisis es lograr identificar de estas actividades cual representa una mayor limitante para el proceso, es decir, el cuello de botella, ya que este condiciona la capacidad para realizar el ajuste de la máquina eficientemente.

El tiempo de ciclo promedio representa cuanto tarda la realización, las actividades son realizadas por el personal del área de empaque ya sea en funciones que involucren a todo el equipo o solamente cuando se necesite la capacidad de una sola operaria para realizar dicha tarea. Como se puede observar el “ajuste” el cual es realizado por la operaria 3, se considera mayor al resto de las actividades, ya que posee un tiempo de 3,09 horas por preparación y paros. Considerando que cada actividad trabaja en el turno de la mañana el cual tiene un tiempo de 9,5 horas se muestra que el ajuste tiene la menor capacidad, este equivale a 0,32 cambios por hora por lo que significa un total de 3,07 ajustes por día.

Considerando los datos anteriores podemos identificar que el cuello de botella del proceso de preparación para el uso de las máquinas CAM es el ajuste, ya que este limita el proceso de empaque por día. Esta actividad muestra un 100% de utilización lo que indica que es un recurso que se encuentra completamente saturado. Por lo tanto, cualquier tipo de mejora debe estar enfocado en esta actividad, ya que es la que determina el ritmo del proceso de cambio de formato.

4.4.2 Selección de los productos

En la siguiente **Tabla 11** se obtiene una distribución de las unidades que se fabrican por cada uno de los troqueles de empaque semiautomático. Este análisis es necesario para identificar

que troqueles representan un mayor impacto dentro del sistema productivo para enfocar así la toma de tiempos.

Tabla 11: Priorización de troquel.

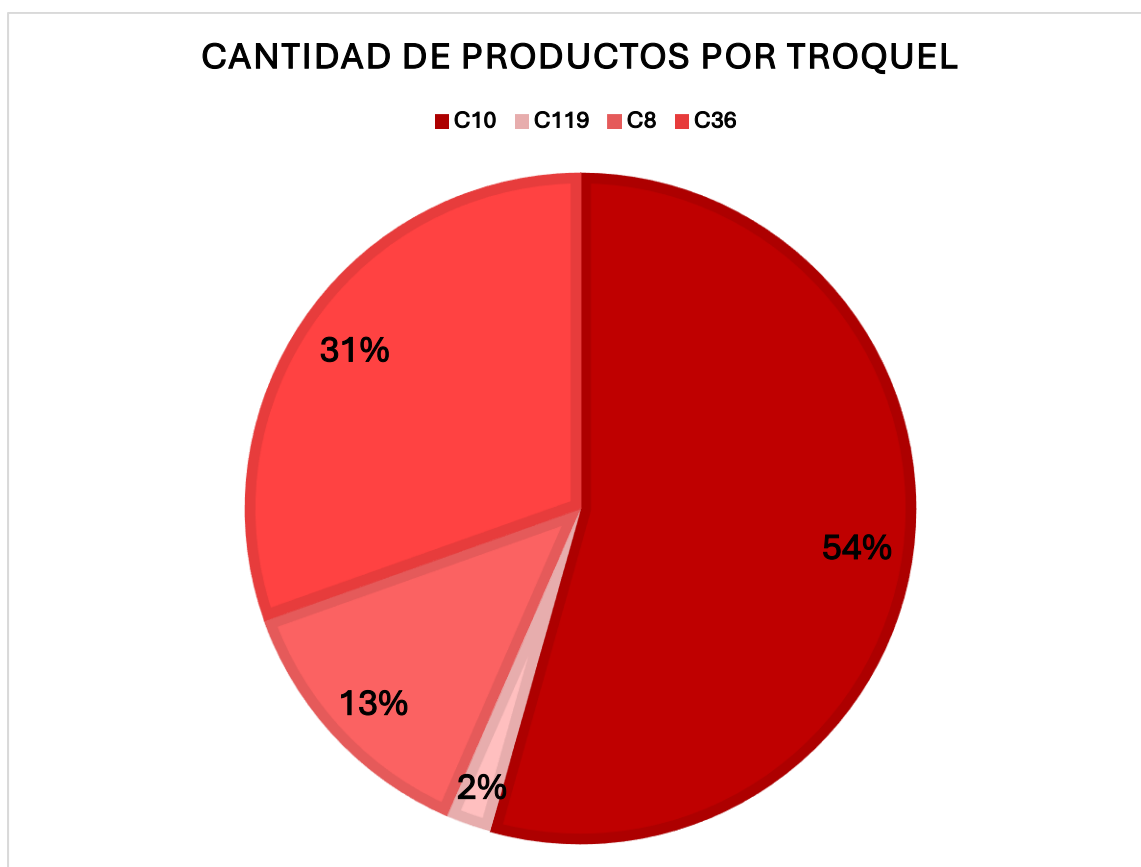
Troquel	Cantidad de unidades entregadas por troquel Oct 2024- Mar 2025	Porcentaje
C10	716 531	35%
C119	740 605	36%
C36	212 601	10%
C8	401 317	19%
Total	2 071 054	100%

Fuente: Elaboración propia

Durante el periodo de octubre del 2024 a marzo del 2025, los troqueles C10, C119, C36 y C8 representa la totalidad de las unidades entregadas del área de empaque, acumulando así un total de 2 071 054 de producto terminado. El troquel C119 y C10 obtienen el 71% del volumen, lo cual tiene una gran importancia operativa. Con base al análisis de la tabla se toma la decisión de tomar los tiempos de ajuste de los cuatro troqueles que más pasan por las maquinas semiautomáticas ya que, al abarcar este porcentaje de la producción las mejoras implementadas tendrán un mayor impacto sobre la eficiencia del área.

En el siguiente **Figura 15** se ilustra de manera porcentual como se distribuye los productos con respecto a los troqueles que se utilizan en las máquinas de empaque semiautomático.

Figura 15: Gráfico de cantidad de productos que pasan por troquel.



Fuente: Elaboración propia.

En la recolección de datos se obtiene la cantidad de productos que pasan por troquel para lograr tener una idea más clara de los datos. Cabe destacar que el 54% de los productos son del troquel C10 por ende estos productos son los que en su mayoría pasan por las CAM. Seguidamente el troquel C36 el cual representa 31% de los productos, en el troquel C8 con el 13% y el C119 que tiene solo el 2% el cual representa solo dos presentaciones de producto terminado.

En la siguiente **Tabla 12** se muestra como están distribuidos los productos en los cuatro troqueles que se definieron para la toma de tiempos, esto con el fin de conocer cuáles son los productos que más suelen pasar por las máquinas de empaque semiautomático.

Tabla 12: *Productos clasificados por troquel.*

Troquel	Maquina	Cantidad de unidades por CAM	Porcentaje	Cambios de formato por mes
C10	CAM10	369 437	18%	15
	CAM14	347 093	17%	
C119	CAM10	300 932	15%	15
	CAM14	439 674	21%	
C36	CAM10	100 987	5%	4
	CAM14	111 614	5%	
C8	CAM10	230 552	11%	8
	CAM14	170 765	8%	
Total		2 071 054	100%	43

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se muestra en la **Tabla 13** representa de manera más visual como se distribuye las diferentes presentaciones de los productos terminado con sus respectivos troqueles y cuales son presentaciones para la venta al mercado. En base a este gráfico realizado, se puede concluir que el troquel C10 es el que cuenta con más presentaciones de producto para la venta.

En el cuadro de las unidades por máquina y troquel se detalla cuantas unidades de cada troquel pasaron por la CAM 10 y la CAM 14, el porcentaje correspondiente y la cantidad de cambios de formato asociados a ese troquel y máquina.

Tabla 13: Unidades por máquina y troquel.

Producto		Porcentaje
C10	LOSARTAN 50MG X 30 TAB R	19%
	RUPATADINE 10MG X 10 TAB R	11%
	DEFLAZACORT 6MG X 10 TAB. R	7%
	CITICOLINA 500MG X 10 TAB R	6%
	LEVOFLOXACINO 500MG X 10 TAB R	5%
C119	SILDENAFIL 100MG X 4 TAB R	64%
	SILDENAFIL 50MG X 4 TAB R	29%
	TADALAFIL 20MG X 4 TAB 1+1 R	4%
C36	FLUCONAZOL 150MG X 1 CAP 1+1 R	20%
	BROMURO DE OTILONIO 40MG X 2 TAB M	20%
	DEFLAZACORT 30MG X 2 TAB. MM R	14%
	DEFLAZACORT 6MG X 2 TAB. MM R	12%
C8	CETIRIZINA 10MG X 30 TAB R	36%
	BROMURO DE OTILONIO 40MG X 30 TAB I	13%
	CIPROFLOXACINA 500MG X 30 TAB R	12%
	ATORVASTATINA 20 MG X 30TAB	9%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra que las máquinas de semiautomáticas comparten una distribución de trabajo equitativa, aunque la CAM 14 maneja más unidades del troquel C119. El troquel C8 y C36 tienen una carga menor de unidades, pero igualmente se considera relevantes en el comportamiento del proceso.

En el siguiente análisis de distribución por máquina muestra que los troqueles C10 y C119, generan la mayor cantidad de cambios de formato por mes (15 cambios). Esto genera que haya una carga operativa sobre las maquinas CAM 10 y CAM 14 esto genera la necesidad de estudiar y reducir los tiempos de cambios de formato.

Como se observa se realiza un total de 43 cambios de formatos por mes lo cual hace entender que una alta carga operativa lo cual hace que se impacte directamente en la eficiencia y aumenta la necesidad de reducir los tiempos de cambios.

4.5 Toma de tiempos

En esta sección se obtuvo la toma de tiempos de cuanto duran las operarias en realizar un cambio de formato, este tiempo abarca desde que la máquina está detenida hasta que el auditor da el visto bueno de que el proceso puede iniciar. Este periodo de tiempo es de lunes a viernes en el turno de la mañana el cual consta de 9,5 horas sin los suplementos de almuerzo, ejercicios y otras actividades, ya que esto permite que en un periodo de tiempo se pueda determinar cuántos cambios de formato logran realizar.

Estos tiempos se realizaron con las “operarias 3” las cuales son las encargadas de realizar dichos ajustes a la máquina CAM con el fin de evaluar la eficiencia y la consistencia con la que cuenta dichas operarias para lograr finalizar la tarea de manera exitosa.

El número de datos que se va a utilizar es de 29, esto se obtienen por medio de la fórmula de tamaño de muestra en donde se utiliza un nivel de confianza del 85%, el promedio del tiempo de ajuste de la máquina, la desviación estándar y el t student con un valor de 1,5737 para obtener el tamaño de la muestra y así garantizar la validez del análisis estadístico.

En la **Tabla 14** de datos muestra los tiempos promedios para cada troquel y máquina, junto a una desviación estándar y coeficiente de variación para conocer el comportamiento de la información.

Tabla 14: Tiempos del proceso de cambio de formato.

Tiempos de los cambios de formato					
Troquel	Máquina	Tamaño de muestra	Tiempo promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación
C10	CAM10	28	1,51	0,57	38%
	CAM14	29	1,16	0,60	52%
C119	CAM10	28	1,33	0,65	49%
	CAM14	29	1,40	0,61	44%
C36	CAM10	28	1,15	0,68	59%
	CAM14	29	1,05	0,62	58%
C8	CAM10	28	1,19	0,58	49%
	CAM14	29	1,06	0,66	63%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede notar los tiempos de cambio de formato según el troquel y la máquina muestran una gran variación en la duración de este proceso. El troquel C10 presenta un mayor tiempo promedio de cambio en la CAM 10 lo cual lo hace en un punto crítico para mejorar, sin embargo, el coeficiente de variación de este es de un 38% lo que quiere decir que tiene una ejecución más estable, aunque se puede considerar extensa.

Por otro lado, los troqueles C36 y C8 en las dos máquinas representan coeficientes de variación muy elevados ya que superan el 50%, lo que indica que se obtiene una alta dispersión de datos y falta de estandarización en las tareas o procedimientos. Esto puede genera una variabilidad operativa ya que genera variabilidad en las operaciones afectando así el flujo de la producción.

4.5.1 Capacidad de producción

En la **Tabla 15** se obtiene la inactividad de las maquinas CAM 10 y CAM 14 ya que al realizar los cambios de formato la maquina pasa sin producir unidades. Esto genera un impacto en la capacidad permitiendo realizar un ponderado realista para la operación.

Tabla 15: Capacidad de los cambios de formato por día.

Capacidad								
Troquel	Maquina	Tiempo promedio cambios de formato	Tiempos promedio de paros	Tiempo total /hrs	Porcentaje/unidades que pasan por la CAM	Capacidad / hrs	Capacidad / día	Ponderado
C10	CAM10	1,51	1,40	2,91	18%	0,34	2,84	0,51
	CAM14	1,16	1,21	2,37	17%	0,42	3,48	0,58
C119	CAM10	1,33	2,42	3,74	15%	0,27	2,20	0,32
	CAM14	1,40	2,20	3,60	21%	0,28	2,29	0,49
C36	CAM10	1,15	1,41	2,56	5%	0,39	3,22	0,16
	CAM14	1,05	1,16	2,22	5%	0,45	3,72	0,20
C8	CAM10	1,19	0,91	2,10	11%	0,48	3,93	0,44
	CAM14	1,06	0,75	1,81	8%	0,55	4,56	0,38
							Total	3,07

Fuente: Elaboración propia.

Este análisis evidencia una afectación considerable en las máquinas CAM 10 y CAM 14 ya que se alcanza un total ponderado de 3,07 horas diarias. Esto representa un impacto preocupante ya que alcanza un 40% de la jornada, lo cual evidencia las oportunidades claras de mejora.

Adicionalmente, el troquel C10 en la CAM 14 y el troquel C119 en ambas máquinas obtienen el mayor tiempo de inactividad ponderado con un 0,58 horas y 0,49 horas, también cuenta con un alto porcentaje de volumen de unidades que pasan por las máquinas CAM, por ende, debido a su combinación obtienen tiempos más elevados. Cualquier mejora en estos puntos generará beneficios significativos en la eficiencia del sistema.

Por otra parte, se logra observar que las máquinas con menor capacidad por hora tienden a ser el cuello de botella del proceso lo cual hace que se tenga la necesidad de estandarizar y reducir los paros.

4.6 Brainstorming o lluvia de ideas

Se realizó una lluvia de ideas de forma presencial para determinar que causas son las que afectan la capacidad del área de empaque debido a la alta demanda. Esto se llevó a cabo con el equipo de ingeniería y con el personal del área con el objetivo de identificar posibles mejoras en el proceso.

Durante la reunión de lluvia de ideas, se creó un ambiente en el cual cada participante muestra su punto de vista, ideas y sugerencias. Seguidamente se realizó una inspección de las áreas involucradas en el proceso de empaque y así considerar los aspectos que contribuyen al problema de la falta de capacidad.

Adicionalmente, después de las sesiones, se identificaron las siguientes áreas para realizar mejoras las cuales se ven reflejadas en la **Tabla 16**.

Tabla 16: *Lluvia de ideas.*

Lluvia de ideas	
Mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de capacitaciones al personal - Personal insuficiente
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> - Paros o reajuste de las máquinas por falla técnica - Capacidad de las máquinas para empacar
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad limitada de almacenaje dentro del área
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> - Variedad de materiales proporcionados por distintos proveedores - Diferentes tipos de troqueles - Producto defectuoso del proceso anterior
Método	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimientos no estandarizados - Métodos de empaque ineficientes por rotación de personal
Medida	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de indicadores de seguimiento diarios - Retrasos por inspecciones de calidad

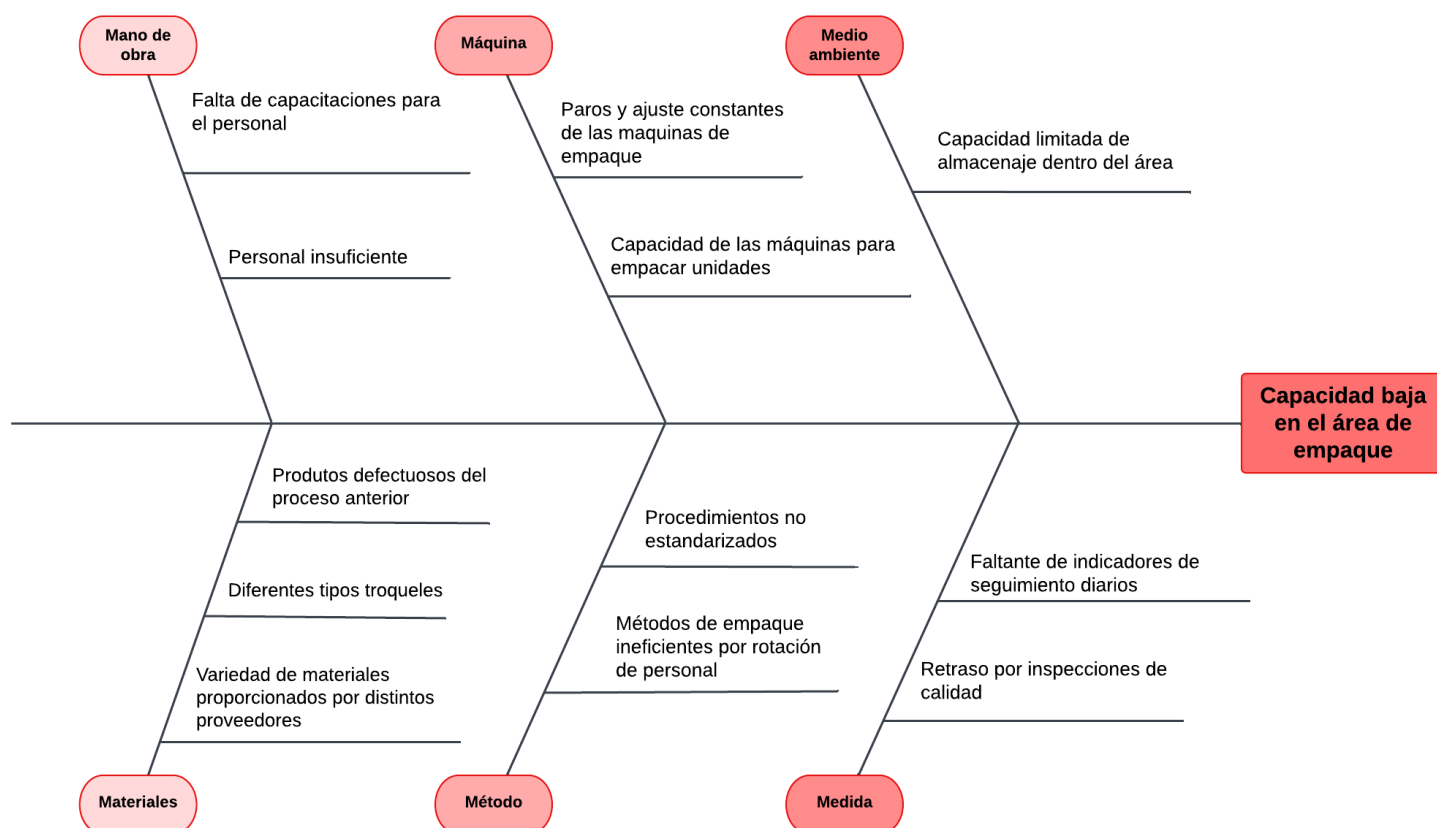
Fuente: *Elaboración propia.*

Estos puntos sirven como base para desarrollar una implementación de mejora y así lograr obtener resultados positivos en el proceso de empaque y satisfacer la necesidad del mercado. Seguidamente de estos puntos se realizó una frecuencia de importancia e impacto de estas causas en el proceso de empaque que disminuyen la productividad del proceso.

4.7 Análisis de la causa raíz

Con la información obtenida de las sesiones de lluvia de idea, se procedió a la elaboración de un diagrama de Ishikawa o diagrama de causa-efecto. El análisis de las causas permitió identificar las causas que afectan directamente a la baja capacidad del área de empaque. Estos factores se dividen en seis categorías, mano de obra, máquinas, medio ambiente, materiales, método y medida, esto permite priorizar las causas específicas de cada categoría con el fin de obtener un plan de mejora acorde con los puntos anteriores para así lograr una mayor eficiencia del proceso como se muestra en la **Figura 16**.

Figura 16: Diagrama de Ishikawa.



Fuente: Elaboración propia.

4.7.1 Mano de obra

El rendimiento de las actividades de empaque depende directamente de la destreza con la que cuente el operario. Esto debido a que existe una formación técnica escasa o una carga excesiva de trabajo lo cual provoca que se disminuya la velocidad y precisión de las actividades de empaque.

- **Falta de capacitaciones para el personal:** La ausencia de una capacitación técnica impide que los operarios realicen tareas específicas de una manera más eficiente para el cambio de formato de las maquinas. Esto aumenta los tiempos de preparación y también incrementa el riesgo de errores los cuales pueden provocar paros no programados. Esto debido a que el personal constantemente realiza rotaciones lo cual provoca que mucha información del ajuste de la máquina se pierda.

- **Personal insuficiente:** El número reducido de los operarios puede generar una sobrecarga de trabajo, acumulación de tareas y retrasos de las actividades. Esto disminuye las posibilidades de realizar tareas externas necesarias para otros procesos.

4.7.2 Máquina

Esta sección se relaciona con la eficiencia de la máquina ya que si los equipos no están bien optimizados el tiempo efectivo se va a ver perjudicado y se elevan los tiempos de inactividad bajando así la capacidad de producción.

- **Paros y ajustes constantes de las máquinas de empaque:** Los equipos de empaque semiautomático presentan fallos frecuentes o cambios de formato los cuales requieren de ajuste constantes para los diferentes troqueles, por ende, esto genera retrasos en el flujo de proceso lo cual impacta en la capacidad diaria.

-Capacidad de las máquinas para empacar unidades: Las máquinas pueden tener limitaciones en la velocidad, en el ajuste o la compatibilidad de algunos troqueles, ya que si estos equipos no se encuentran en perfectas condiciones para los productos aumenta los tiempos de cambio de formato y genera cuello de botella.

4.7.3 Medio ambiente

El entorno donde se trabaja es de suma importancia ya que puede favorecer al rendimiento de los procesos. Los espacios reducidos o con una mala distribución puede generar una anulación excesiva de productos lo cual ocasiona pausas de búsqueda de material no planificadas y retrasa las entradas y salidas del producto.

-Capacidad limitada de almacenaje dentro de área: Esta causa puede impedir que los materiales tengan una circulación más libre, por ende, se generan retrasos para iniciar el proceso de otros lotes y en muchas ocasiones se debe detener la producción. Adicionalmente, se ve afectado el orden y la limpieza para trabajar con mayor eficiencia.

4.7.4 Materiales

En los materiales existe una problemática de calidad y variabilidad, esto suele generar paros en la producción para revisar los productos dañados y generan más paros por ajuste para poder adaptar la maquina a los diferentes tipos de troqueles.

-Productos defectuosos del proceso anterior: Cuando los productos de sólidos o líquidos-semisólidos ingresan al área con algún error de calidad los operarios deben detenerse para realizar una revisión y poder sacar los productos defectuosos. Esto reduce los tiempos de producción y genera tareas adicionales.

-Diferentes tipos de troqueles: Esto genera que cada estuche o troquel tenga diferentes especificaciones, muchos comparten piezas o ajustes similares y esto puede generar

confusión o errores al momento de realizar el cambio de formato de las maquinas, por ende, se genera el aumento de los tiempos de ajuste y fallos durante el proceso de empaque.

-Variedad de materiales proporcionados por distintos proveedores: Cuando los materiales que se utilizan no comparten una forma o dimensiones iguales, los ajustes de la máquina deben realizarse de manera constante disminuyendo la productividad.

4.7.5 Método

En esta causa existen procedimientos que no se encuentran definidos o los cuales cuentan con mucha variabilidad en la ejecución. Esto suele ocasionar tiempos muertos o retrabajos.

-Procedimientos no estandarizados: Se muestra una ausencia de documentos válidos para realizar cambios de formato, como consecuencia de esto los operarios lo realizan a su manera. Esto logra generar variabilidad en los tiempos, errores al momento de su ejecución y no se capacita al personal nuevo.

-Métodos de empaque ineficientes por rotación de personal: Cuando existen cambios constantes de los operarios entre los diferentes turnos se pierden las buenas prácticas ya que cada nuevo operario requiere tiempo para adaptarse, lo cual genera retrasos y errores en el proceso.

4.7.6 Medida

El área no cuenta con indicadores visuales lo cual impide que se tenga un seguimiento claro del proceso de empaque. Además, se encuentran retrasos de inspección de calidad lo cual provoca que los tiempos de espera sean largos.

-Faltante de indicadores de seguimiento diario: Esto implica que no se puede evaluar o corregir el proceso de empaque por la falta de indicadores visuales como los tiempos de

formato, cantidad empacada o paros diarios para así llevar un control de las necesidades del área. Esto impide la mejora continua del proceso y afecta la capacidad diaria.

-Retrasos por inspección de calidad: Cuando los auditores no realizan las inspecciones a tiempo muchos productos se quedan en espera a su revisión, esto ocupa espacio y puede generar un retraso en la liberación de maquina y materiales. Provoca demoras para poder iniciar con el proceso de empacar.

4.8 Voto Múltiple

La herramienta del multivoto fue utilizada con el propósito de establecer prioridades de las distintas causas durante el proceso de análisis. Su objetivo principal es lograr dentro del equipo de trabajo cuales son las causas a las cuales se les va a dar un mayor enfoque de los recursos y los esfuerzos.

El multivoto permite asignar un nivel de importancia de cada una de las actividades que generan un impacto negativo. Esto se logró mediante la participación de las personas involucradas en el proceso y del departamento de ingeniería y planificación.

En el caso de este estudio, se realizó basado en el diagrama de Ishikawa permitiendo organizar y visualizar las diferentes causas y facilitar la realización del multivoto.

Adicionalmente, se utilizó una escala del 1 al 5, donde el número 1 representa que la causa es poca importancia o tiene una mínima influencia sobre el problema principal, y el número 5 indica que la causa es muy importante o tiene un mayor impacto en la situación. La participación del equipo es de suma importancia, ya que cada integrante del equipo realizó una evaluación para clasificar cada una de las causas.

Los datos obtenidos se colocaron en una tabla para conocer el voto de cada participante y la puntuación de las causas para luego realizar una suma de todos los puntajes y ordenarlos de

mayor a menor con el fin de conocer que causa es la que causa un mayor impacto tomando en cuenta el criterio del equipo de trabajo

Esta herramienta es de suma importancia ya que favorece a la toma de decisiones como se muestra en la **Tabla 17** y **Tabla 18**.

Tabla 17: Multivoto.

Causas	Supervisor	Técnico de mantenimiento	Operaria 1	Operaria 2	Operaria 3	Total de votos
Paros y ajuste constantes de las máquinas de empaque semiautomático	5	5	5	5	5	25
Procedimientos no estandarizados	4	3	5	5	5	22
Falta de capacitación para el personal	4	2	5	5	5	21
Personal insuficiente	3	1	2	2	2	10
Productos defectuosos del proceso anterior	2	1	2	1	3	9
Diferentes tipos de troqueles	2	1	2	1	3	9
Falta de indicadores de seguimiento diarios	1	1	2	2	2	8
Variedad de materiales proporcionados por distintos proveedores	1	1	2	1	2	7
Retrasos por inspecciones de calidad	2	1	1	1	2	7
Capacidad limitada de almacenaje dentro del área	2	1	1	1	1	6
Métodos de empaque ineficientes por rotación de personal	1	1	2	1	1	6
Capacidad de las máquinas semiautomáticas para empaclar unidades	1	1	1	1	1	5
Total						135

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 18: Resultados del multivoto.

Causas	Total de votos	%causas	Acumulado
Paros y ajuste constantes de las máquinas de empaque semiautomático	25	19%	19%
Procedimientos no estandarizados	22	16%	35%
Falta de capacitación para el personal	21	16%	50%
Personal insuficiente	10	7%	58%
Productos defectuosos del proceso anterior	9	7%	64%
Diferentes tipos de troqueles	9	7%	71%
Falta de indicadores de seguimiento diarios	8	6%	77%
Variedad de materiales proporcionados por distintos proveedores	7	5%	82%
Retrasos por inspecciones de calidad	7	5%	87%
Capacidad limitada de almacenaje dentro del área	6	4%	92%
Métodos de empaque ineficientes por rotación de personal	6	4%	96%
Capacidad de las máquinas semiautomáticas para empacar unidades	5	4%	100%
Total	135	100%	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del multivoto muestran que las tres causas más relevantes son los paros y ajuste constantes, procedimientos no estandarizados y falta de capacitación las cuales muestran que tiene el 68 de los votos totales acumulando la cantidad más elevada y recibiendo la puntuación más alta. Estas causas limitan al proceso de cambio de formato el cual se identifica como el cuello de botella.

Los paros y ajuste de las máquinas semiautomáticas recibieron la mayor puntuación de todos los participantes, lo cual la convierte en la causa más crítica que afecta la eficiencia del área

de empaque, esta causa obtiene un 19% de las puntuaciones totales lo cual indica que la mayor atención va a estar reflejada en esta causa ya que limita la capacidad del área y el incumplimiento de la demanda.

Los siguientes los cuales son los procesos no estandarizados y falta de capacitación del personal tiene un porcentaje del 16% de los votos totales, demostrando que a los participantes involucrados les preocupa estas dos causas. El área de empaque semiautomáticos cuenta con los procesos los cuales se pueden lograr sin la necesidad de detener las máquinas ya que esto genera paros innecesarios para la producción, también muchos de estos procesos no están actualizados o se realizan siguiendo instrucciones antiguas las cuales alargan más los tiempos.

La tercera causa con mayor impacto se relaciona a la falta de información de las operarias con respecto a los ajustes de la máquina. La falta de capacitación para el personal puede generar inseguridad y errores durante el proceso de empaque ya que aumenta los tiempos de ajustes por cambio de formato debido a que al momento de realizar esta actividad ellas lo ejecutan a "memoria". Por ende, al nuevo personal no se le da la capacitación óptima para realizar dichos cambios o ajustes.

Solamente estos tres factores representan un 50% del total de los votos, lo que indica que la mitad de los problemas se concentran en las primeras tres causas. Priorizar estas causas podrá reducir en gran parte las necesidades y así no tener que abordar cada uno de los problemas. Las demás causas asumen una importancia en los procesos, sin embargo, estas no generan un gran impacto negativo como las primeras tres.

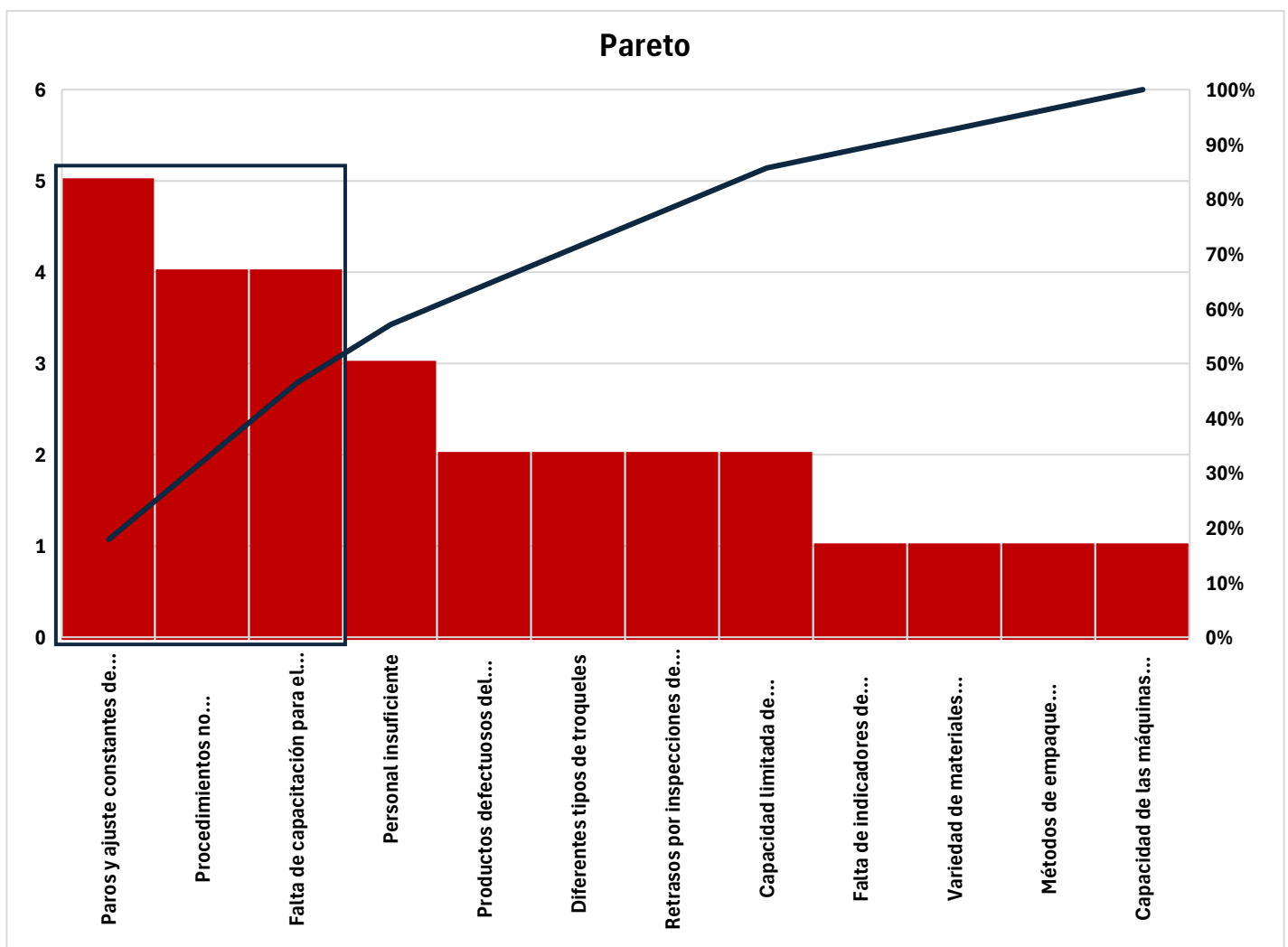
4.9 Gráfico de Pareto

Mediante los datos proporcionados por medio de la herramienta de multivoto, se realizó un gráfico de Pareto. Por medio de una frecuencia la cual se obtuvo en las sesiones de lluvia de

ideas con el fin de presentar una clasificación de las causas con mayor impacto dentro del proceso.

En la siguiente **Figura 17** se cumple que el diagrama de Pareto tiene como principal objetivo la ley 80/20, este indica que el 80% de los problemas provienen del 20% de las causas, por ende, se logra visualizar las causas que generan un mayor impacto para así poder enfocar las mejoras en estas actividades y lograr resultados positivos para el área de empaque.

Figura 17: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia.

Basado en los datos obtenidos en el diagrama de Pareto se puede analizar de la siguiente manera:

Este análisis proviene del Multivoto el cual muestra los procesos más críticos del área de empaque semiautomático. Este análisis evidencia que las principales tres causas son las que generan el 50% de los problemas relacionados a la baja capacidad del área de empaque semiautomático esto evidencia que las propuestas de mejora no necesitan abordar todas las deficiencias por igual, sino tratar de enfocar los recursos, tiempos y estrategias para intentar resolver estas tres causas. Al atacar directamente con estas tres actividades se puede lograr una mejora sin requerir grandes inversiones.

Estos tres factores son los que generan los tiempos elevados de cambio de formato los cuales generan la necesidad de hacer ajustes durante la ejecución del proceso de empaque. Gracias a la realización del multivoto, se logró priorizar las causas raíz con mayor impacto en el proceso, lo cual funciona para la selección e implementación de las mejoras.

Comprender las causas más significativas es importante ya que permite planificar estrategias efectivas para así mejorar la eficiencia y disminuir los tiempos elevados para fortalecer el área de la empresa.

4.10 Conclusiones de la situación actual

La situación detectada en el área de empaque revela una serie de problemáticas las cuales indican un bajo rendimiento actual del proceso. El análisis que se muestra a través de los datos cualitativos mediante el diagrama de Ishikawa, lluvia de ideas y el Pareto permite identificar con claridad los diferentes factores que afectan la eficiente de los cambios de formato y empaque semiautomático. Esto brinda una amplia orientación de lo que se debe mejorar para poder reducir los tiempos elevados del cambio de formato que afectan a la capacidad del proceso.

Entre los puntos a destacar a lo largo de este capítulo, se puede determinar lo siguiente:

- Presencia de cuello de botella: Según el análisis de capacidad, el ajuste de la máquina el cual lo ejecuta la operaria #3 es el principal cuello de botella ya que su capacidad es menor comparada con las demás tareas y es recurso el cual tiene una tasa del 100% de utilización.
- Tiempos de cambio elevados: Los datos muestran que solamente el cambio de formato esta entre 1,05 a casi 2 horas dependiendo del troquel que se utilice. Esta actividad tiene un alto coeficiente de variación ya que algunos casos superar el 60%, esto debido a una baja estandarización en los procedimientos. Adicionalmente los tiempos de inactividad se elevan por los cambios de formato y ajuste de la maquina presentado así más de 3 horas, esto es crítico ya que se detiene la línea de producción y genera paros que afectan la productividad.
- Los diagramas de Ishikawa y Pareto demostraron que hay problemas con la estandarización de los procesos lo cual genera que muchas actividades se realicen de manera ineficientes y pocos documentados, los paros y reajustes elevados de las máquinas del área de empaque semiautomático logran elevar los tiempos de

inactividad y la falta de capacitación del personal con respecto a estos ajustes genera errores en la ejecución del proceso de las máquinas de empaque semiautomático.

La implantación de mejora se va a centrar en esas principales causas para lograr tener un mayor control en la productividad, reducir los paros no programados por los cambios de formato y lograr una mayor eficiencia general del proceso de empaque.

**CAPITULO 5: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA
SOLUCIÓN.**

5.1 Análisis de las propuestas de mejora

Tomando como base el análisis de los datos y los tiempos de los procesos, también identificando las posibles áreas de mejora para conocer que afecta la capacidad del área de empaque. Según el análisis de la situación actual se reveló una elevada variabilidad en los datos, una deficiencia en la estandarización de los procesos y también la falta de documentación y capacitación para las máquinas de empaque semiautomático para realizar los cambios de formato y ajustes de las máquinas. De acuerdo con las causas encontradas se requiere de ofrecer una serie de propuestas a cada necesidad presentada y que pueda favorecer al proceso a largo plazo disminuyendo así los puntos débiles del área.

El objetivo de este capítulo se centra en ofrecer propuestas que se ajuste a las necesidades del área las cuales sean beneficiosas a largo plazo y se pueda disminuir los puntos débiles que afectan al proceso y lograr obtener un control de las mejoras implementadas.

Para tener un mayor entendimiento de esta fase de la investigación es necesario formular una serie de propuestas para cada una de las causas identificadas por medio del análisis del diagrama de Pareto y así poder minimizarlas para generar un mejor impacto en el área de empaque. En la siguiente **Tabla 19** se presenta de manera más visual las propuestas por desarrollar para cada una de las causas encontradas en las fases anteriores.

Tabla 19: *Propuestas de mejora.*

Porpuestas	Causas	Frecuencia %	% Acum
Porpuesta#1: CheckList	Paros y ajuste de las máquinas de empaque semiautomático para cambio de formato	19%	19%
	Falta de capacitación del personal	16%	35%
Porpuesta#2: Metodología SMED	Procesos no estandarizados	16%	50%

Fuente: *Elaboración propia.*

Esta tabla muestra la frecuencia de las causas para conocer cual actividad es la que tiene un mayor impacto negativo en el proceso como se mostró en el diagrama de Pareto.

La causa con una mayor frecuencia fue los paros y ajuste de las máquinas semiautomáticas con un 19% lo cual indica que representa la mayor causa de los problemas detectado, en segundo lugar, estaría los procesos no estandarizados con un 16% y por último la falta de capacitación de las operarias con un 16%. Como se logra ver en el acumulado estas tres actividades abarcan el 50% de causas encontradas en el área de empaque semiautomático.

5.2 Propuesta #1: Checklist

En la situación actual del área de empaque semiautomático, los cambios de formato se realizaban sin una guía específica y documentada lo cual genera tiempos elevados los cuales superan la hora de duración, ya que hay un mayor riesgo de reajustar el equipo, pasos que se realizaban de manera repetitiva lo cual aumenta en los tiempos de inactividad por ajustes incorrectos. Además, factores como la experiencia, el orden de ejecución de las actividades y el cómo interpretan las operarias el procedimiento de ajuste causa que los tiempos sean más elevados, esto provoca más difícil la planificación y el control de la producción.

Algunos métodos y piezas se ajustaban con base a la “memoria” de la operaria, lo que puede llevar a que se omitan ciertos pasos y además no se lograba capacitar al personal nuevo de la mejor manera para realizar los cambios de formato, también al momento de realizar los cambios de turnos o entre diferentes operarias la comunicación es complicada y aumenta el riesgo de errores repetidos.

5.2.1 Desarrollo de la propuesta del Checklist.

Esta propuesta consiste en la creación de un Checklist estandarizados el cual se utiliza para guiar a las operarias asegurando que la realización de los cambios de formato de las máquinas semiautomáticas sea eficiente para lograr minimizar los errores humanos y reducir la variabilidad en los tiempos de ajuste.

El objetivo principal de esta propuesta es reducir los tiempos de cambios de formato, sin embargo, se puede mejorar la confiabilidad del proceso ya que se evita pasos incorrectos, facilita el conocimiento y la capacitación para los nuevos operarios lo cual disminuye los errores humanos. Se paso de un proceso dependiente de la experiencia a un procedimiento estandarizado y documentado.

En la siguiente **Figura 18** se muestra la estructura que se llevaba a cabo para implementar el Checklist.

Figura 18: Checklist.



Checklist Cambio de formato por torquel para las máquinas semiautomáticas (CAM)

Producto anterior:	Troquel:
Producto instalado:	Troquel:
Realizado por:	
Fecha:	
Hora de inicio:	Hora final:

1. SEGURIDAD Y PREPARACIÓN INICIAL

Actividad	Sí	No	N/A
Detener y asegurar la máquina antes de comenzar.			
Confirmar que el troquel y las piezas nuevas estén completas y en buen estado.			
Retirar las piezas del formato anterior.			
Vaciar el almacén de estuches antiguos.			
Instalar piezas del nuevo formato siguiendo.			

2. AJUSTES DE TRANSPORTE Y ALIMENTACIÓN DE LSO ESTUCHES

Actividad	Sí	No	N/A
Ajustar cadenas de transporte (si cambia el ancho o largo del troquel).			
Ajustar parte móvil (si cambia el largo).			
Ajustar guía lateral externa (si cambia el largo, ancho y longitud del troquel).			
Regular almacén de estuches (si cambia el largo, ancho y longitud del troquel).			
Verificar cuchilla (estado y posición).			

3. AJUSTES DE FORMACIÓN Y PLEGADO

Actividad	Sí	No	N/A
Ajustar plano de avance (si cambia ancho y alto).			
Regular las guías de solapas superiores.			
Ajustar dispositivo de apertura de solapa lateral (si cambia el ancho).			



4. AJUSTES DE CIERRE INFERIOR

Actividad	Sí	No	N/A
Verificar dispositivo de cierre solapas laterales.			
Ajustar contraste de cierre.			
Regular plegador de pestaña y solapa.			
Ajustar prensador de pre-cierre .			
Regular soporte de cierre final.			
Ajustar la guía de los estuches.			

5. AJUSTES DE CIERRE SUPERIOR

Actividad	Sí	No	N/A
Regular el dispositivo de levantamiento de solapas.			
Ajustar la detección de producto.			
Verificar el dispositivo de cierre de solapas.			
Verificar lámina de introducción.			
Ajustar prensadores (espadas) de pre-cierre .			
Regular los soportes de cierre final.			
Regular los soportes de cierre final.			
Ajustar las guías de los estuches.			
Ajustar la guía lateral de salida.			

Observaciones:

Fuente: Documento de cambio de formato CAM. Elaboración propia.

Esta herramienta se elaboró mediante el archivo de cambio de formato que brindo el proveedor de las máquinas de empaque semiautomáticas (CAM). El archivo contiene toda la información necesaria para realizar esta actividad sin embargo las operarias no lo tomaban en cuenta por la cantidad de información que traía, por ende, se tomó la decisión de hacerlo más fácil y eficiente para que las operarias tengan un respaldo estandarizado para la elaboración del cambio de formato.

El Checklist actúa como un filtro que puede unificar la ejecución de la realización del cambio de formato. Antes de su implementación, la dispersión de los datos era significativa ya que la desviación estándar era alta, lo cual indicaba que cada ajuste podía ser retrasado por el proceso anterior.

5.2.2 Beneficios de la propuesta del Checklist.

Mediante la propuesta del Checklist se registran el paso a paso para ser ejecutado de la misma forma por todos los operarios, lo cual reduce de manera notable los errores humanos o elaboraciones repetidas. En la siguiente **Tabla 20** se muestra la mejora en los tiempos de cambio de formato.

Tabla 20: Mejora en los tiempos de cambio de formato.

Troquel	Máquina	Tiempo promedio	Implementación propuesta # 1	Tiempos promedio de paros	Implementación propuesta # 2	Tiempo total /hrs	Porcentaje/ unidades	Capacidad / hrs	Capacidad / día	Ponderado
C10	CAM10	1,51	1,20	1,40	1,40	2,61	18%	0,38	3,16	0,56
	CAM14	1,16	0,93	1,21	1,21	2,14	17%	0,47	3,86	0,65
C119	CAM10	1,33	1,06	2,42	2,42	3,48	15%	0,29	2,37	0,34
	CAM14	1,40	1,12	2,20	2,20	3,32	21%	0,30	2,48	0,53
C36	CAM10	1,15	0,92	1,41	1,41	2,33	5%	0,43	3,54	0,17
	CAM14	1,05	0,84	1,16	1,16	2,01	5%	0,50	4,11	0,22
C8	CAM10	1,19	0,95	0,91	0,91	1,86	11%	0,54	4,43	0,49
	CAM14	1,06	0,85	0,75	0,75	1,60	8%	0,63	5,17	0,43
									Total	3,40

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se presenta los tiempos promedio de cambios promedios antes de la propuesta de mejora, estos datos se dividen entre las dos máquinas ya que realizan el mismo proceso de cambio de formato, pero pueden tener diferentes técnicas o ajustes. La implementación de esta propuesta libera más tiempos productivo para lograr producir más unidades.

Con la propuesta #1 se estima que el tiempo de cambio de formato baje en un 20% según el troquel y máquina, y la capacidad aumento de un 3,07 por día a un 3,40 de capacidad por día, lo cual refleja un 10% en el aumento de la capacidad. Los troqueles con mayor volumen como los son el C119 y C10 muestran mejoras importante, esto implica un impacto positivo en la capacidad del área.

Entre los beneficios cualitativos se logra una mayor confianza del personal ya que se logra capacitar a las operarias para ejecutar de mejor manera los cambios de formato esto facilita para entrenar a el nuevo personal ya que el checklist es una herramienta visual y práctica para guiar a los operarios la cual favorece a la comunicación interna. Esta herramienta de mejora también puede utilizarse como un factor de cumplimiento de los procesos porque busca la reducción de errores repetidos.

5.2.3 Costos de la propuesta #1 Checklist

Tabla 21: Costos en ¢/unidad propuesta #1.

Propuesta	Nombre	Actividad	Inversión inicial	Gasto mensual
1	Elaboración del Checklist	Impresión y plastificación de checklist	¢12 000	-
		Capacitación	¢100 000	¢20 660
		Tiempo de la elaboración y validación del checklist con un técnico	¢15 345	-
		Material de apoyo	¢15 000	¢7 500
		Total	¢142 345	¢28 160

Fuente: Elaboración propia.

La impresión y plastificación del Checklist para que así tenga una presentación duradera y resistente ya que en el área cuenta con las máquinas y herramientas las cuales pueden generar cierta suciedad que pueda manchar el documento. Al tener un plástico, evita el deterioro por manipulación, polvo o salpicaduras, se requiere de 6 unidades uno para cada operaria # 3 que son las encargadas de realizar el cambio de formato. Esta implementación tiene una inversión inicial de 12 000 colones, es el gasto más bajo de la propuesta sin embargo es la más necesaria para disminuir los tiempos.

Las horas de capacitación son necesarias para lograr que las operarias conozcan el nuevo documento y así garantizar la adaptación y efectividad de la herramienta, este costo se refleja en las horas extras que se van a utilizar para realizar las capacitaciones. Por día la mano de obra tiene un costo por horas extras, por ende, las capacitaciones se van a realizar alrededor de 6 horas, estas horas se van a dividir entre las 5 operarias # 3 ya que no se pueden capacitar al mismo tiempo. Adicionalmente se requiere de una inversión mensual ya que el personal va rotando. Este tiene un costo total de 120 660 colones.

Los tiempos de elaboración y validación de la herramienta se realizaron con el técnico de mantenimiento, esta actividad también genera un costo. El Checklist se realiza y valida en 3 horas juntos al técnico especializado al igual que las operarias tiene un costo solo que más elevado, el costo total es de 15 345 colones. Esta validación y revisión aporta precisión y estandarización.

Los materiales de apoyo son esenciales ya incluyen tablas para hojas, guías visuales, herramientas para la escritura, entre otros elementos los cuales complementan y facilitan la elaboración del Checklist. Estos materiales tienen un costo de 15 000 colones lo que representa un, adicionalmente se requiere realizar un gasto mensual de aproximadamente 7 500 colones

para tener un control de los materiales. Esto aporta un valor importante para minimizar la interpretación de la herramienta.

5.3 Propuesta #2: Metodología SMED

La siguiente propuesta para realizar mejoras en el área de empaque semiautomático se fundamenta en la necesidad de optimizar los tiempos de paros de los equipos y minimizar la variabilidad de los datos.

Este incremento de los tiempos en el ajuste genera un impacto negativo en la productividad, la disponibilidad de las máquinas y el cumplimiento de la demanda de la producción. También algunas piezas y métodos de las máquinas no cuentan con referencias claras para lograr la realización de los cambios de formato de una manera eficiente, esta ausencia genera retrasos y paros adicionales en el proceso de empaque semiautomático

5.3.1 Desarrollo de la metodología SMED

Tomando en cuenta las primeras dos causas se optó por la metodología SMED, esta herramienta va a favorecer a la mejora continua ya que se enfoca en reducir los tiempos de las actividades que se requiere para realizar los cambios de formato y la preparación de los equipos. Seguidamente se separan y optimizan las tareas internas y externas para lograr estandarizar los procedimientos de las actividades y minimizar los tiempos improductivos.

Para la preparación del cambio de formato de las máquinas semiautomáticas se realizan las siguientes actividades:

- Se requiere asegurar que los materiales estén en la bodega
- Traer y verificar los materiales y documentos del siguiente lote o producto a realizar
- Revisar las herramientas y las piezas para las máquinas

- Limpieza de la máquina
- Ajuste o cambio de formato para el siguiente troquel
- Visto bueno del auditor para iniciar al proceso.

Estas actividades mencionadas anteriormente se realizan antes de empezar con la producción. Mediante las observaciones del área se notó que había procesos los cuales se reconocieron como actividades internas, donde las operarias detenían el proceso de empaque por completo para realizarlas, esto generaba tiempos elevados de paros en las máquinas lo cual impedía que se llegara a las unidades planificadas.

Para lograr aplicar la metodología se requiere de convertir la mayor cantidad de actividades internas en externas. En la siguiente **Tabla 22** se muestra la nueva distribución de las actividades internas y externas.

Tabla 22: *Distribución de las actividades.*

Internas	Externas
Limpieza de la máquina.	Asegurar que los materiales estén en la bodega.
Visto bueno del auditor.	Verificar los materiales y documentos del siguiente lote o producto.
Ajuste o cambio de formato.	Revisar las herramientas y las piezas para las máquinas.

Fuente: *Elaboración propia.*

Fuente: Elaboración propia.

Esta base de datos es necesaria para conocer como la metodología logra disminuir los paros de la máquina semiautomática con la nueva distribución de actividades tomando en cuenta la fecha en la que se realiza, la máquina en la que se realiza la preparación, el troquel ya que este influye en las máquinas para realizar el cambio de formato, la hora de inicio y de fin del ajuste para después colocar los tiempos convertidos en horas, causa de los tiempos elevados y una sección de observaciones.

5.3.2 Beneficios de la metodología SMED

La aplicación de la metodología SMED cuenta con beneficios directos en los tiempos de paros de las máquinas como se muestra en la **Tabla 23**.

Tabla 23: Mejora en los tiempos de paros.

Troquel	Máquina	Tiempo promedio	Implementación propuesta # 1	Tiempos promedio de paros	Implementación propuesta # 2	Tiempo total /hrs	Porcentaje/ unidades	Capacidad / hrs	Capacidad / día	Ponderado
C10	CAM10	1,51	1,51	1,40	1,19	2,70	18%	0,37	3,06	0,55
	CAM14	1,16	1,16	1,21	1,03	2,19	17%	0,46	3,76	0,63
C119	CAM10	1,33	1,33	2,42	2,05	3,38	15%	0,30	2,44	0,35
	CAM14	1,40	1,40	2,20	1,87	3,27	21%	0,31	2,52	0,54
C36	CAM10	1,15	1,15	1,41	1,20	2,35	5%	0,43	3,51	0,17
	CAM14	1,05	1,05	1,16	0,99	2,04	5%	0,49	4,04	0,22
C8	CAM10	1,19	1,19	0,91	0,77	1,96	11%	0,51	4,20	0,47
	CAM14	1,06	1,06	0,75	0,63	1,70	8%	0,59	4,86	0,40
									Total	3,32

Fuente: Elaboración propia.

Mediante esta implementación y la distribución de las actividades se espera conseguir una reducción de paros en un 15% lo que aumenta la capacidad un 8%, ya que este pasa de una 3,07 a un 3,32 de capacidad por día para todos los troqueles y máquinas como se muestra en la tabla anterior esto logra disminuir la variabilidad de los datos ya que se logra estandarizar los procedimientos que se realizan antes del cambio de formato.

Adicionalmente, al momento en el que los tiempos por paros disminuyan esto genera mayor disponibilidad de las máquinas permitiendo la realización de más unidades, lo que ayuda a

aumentar la productividad. Esta implementación trata de mantener una mejor utilización del personal ya que el operario al realizar actividades externas optimiza el uso de su tiempo y de operación.

El impacto que genera estas propuestas se ve reflejado en la reducción de los tiempos de cambios de formato ya que al haber mayor rendimiento en la jornada laboral implica menos tiempos de inactividad de la máquina y de la operaria durante los cambios de formato el cual es el objetivo principal de esta investigación. Este resultado refleja que la aplicación de las técnicas de estandarización y la eliminación de actividades innecesarias antes del realizar el cambio de formato tiene un impacto directo en la capacidad.

Sin embargo, se lograron mejoras indirectas ya que al haber un aumento del 14% en la capacidad se logra un día adicional de producción lo que significa mayor productividad para el proceso de empaque semiautomático.

5.3.3 Costos de la propuesta #2 Metodología SMED

Tabla 24: Costos en ¢/unidad propuesta #2.

Propuesta	Nombre	Actividad	Inversión inicial	Gasto mensual
2	Implementación de la metodología SMED	Capacitación teórica-práctica del personal	¢200 000	¢25 232
		Herramientas necesaria o faltantes para los cambios	¢37 500	¢15 000
		Rotulación y señalización de las piezas	¢15 000	-
		Total	¢252 500	¢40 232

Fuente: Elaboración propia.

La capacitación teórica-práctica es de suma importancia. Estas capacitaciones están destinadas a 8 operarias las cuales son las que más se involucran en el proceso de empaque semiautomático ya que es necesario que conozcan los fundamentos de la metodología SMED ya que se requiere

de tener habilidad en su ejecución para que el cambio de formato se realice en el menor tiempo. Al igual que la implementación anterior se requiere de un gasto mensual por los cambios de rotación de las operarias. Esta capacitación cuenta con un costo total de 225 232 colones, este se justifica por el número de horas y también se necesita de más personal para las capacitaciones.

Se encontró una necesidad o faltantes con respecto a las herramientas utilizadas para el cambio de formato. Estas son necesarias para realizar las actividades internas del proceso, esta herramienta tiene un costo de 37 500 colones, por ende, se requiere de un gasto mensual para las herramientas que se vayan dañando a lo largo del proceso, se requiere de 15 000 colones para estos materiales.

La rotulación y señalización de las piezas y las herramientas es necesario, esto porque se requiere de tener localizadas cada herramienta y su nombre correspondiente, ya que son clave para la realización del cambio de formato. Esta acción mejora la rapidez, precisión y estandarización en el proceso de cambio de formato, estas tienen un costo de 1 000 cada señalización y se requiere de 15 de estas, lo cual se obtiene un total de 15 000 colones.

5.4 Costo beneficio

En esta sección de la investigación se tomarán en cuenta los costos y el beneficio asociados a las dos propuestas de implementación para la mejora los cambios de formato, mejora la estandarización de los procesos y la capacitación a las operarias.

En la siguiente tabla se muestra el beneficio e impacto de las dos implementaciones en los tiempos de cambio de formato y de paros de las máquinas semiautomáticas del área de empaque.

Tabla 25: Impacto de las implementaciones en los tiempos.

Troquel	Máquina	Tiempo promedio	Implementación propuesta # 1	Tiempos promedio de paros	Implementación propuesta # 2	Tiempo total /hrs	Porcentaje/ unidades	Capacidad / hrs	Capacidad / día	Ponderado
C10	CAM10	1,51	1,20	1,40	1,19	2,40	18%	0,42	3,44	0,61
	CAM14	1,16	0,93	1,21	1,03	1,96	17%	0,51	4,21	0,71
C119	CAM10	1,33	1,06	2,42	2,05	3,12	15%	0,32	2,65	0,38
	CAM14	1,40	1,12	2,20	1,87	2,99	21%	0,33	2,76	0,59
C36	CAM10	1,15	0,92	1,41	1,20	2,12	5%	0,47	3,90	0,19
	CAM14	1,05	0,84	1,16	0,99	1,83	5%	0,55	4,50	0,24
C8	CAM10	1,19	0,95	0,91	0,77	1,73	11%	0,58	4,78	0,53
	CAM14	1,06	0,85	0,75	0,63	1,48	8%	0,67	5,56	0,46
									Total	3,71

Fuente: Elaboración propia.

Las dos implementaciones logran disminuir los tiempos de cambio de formato y los paros dependiendo del troquel y de la máquina, esto demuestra que las herramientas en conjunto logran tener un impacto positivo en la eficiencia del proceso de empaque semiautomático. Antes de la propuesta se contaba con un 3,07 de capacidad diaria, una vez se implementen las propuestas esta capacidad diaria aumenta a un 3,71 lo que equivale aproximadamente a un 20% de aumento de la capacidad

Estas mejoras se reflejan en los troqueles C119 y el C10 que son los que tienen mayor peso en la producción de productos, esto es un impacto positivo ya que son los troqueles que más afectaban al proceso de empaque por sus tiempos llevados de cambio de formato y de paros.

En la siguiente tabla se muestra el costo total de las dos propuestas para así conocer que inversión tiene que realizar la empresa para poder implementar las mejoras.

Tabla 26: Costo de las dos implementaciones.

Propuesta	Nombre	Actividad	Inversión inicial	Gasto mensual
1	Elaboración del Checklist	Impresión y plastificación de checklist	¢12 000	-
		Capacitación	¢100 000	¢20 660
		Tiempo de la elaboración y validación del checklist con un técnico	¢15 345	-
		Material de apoyo	¢15 000	¢7 500
		Total	¢142 345	¢28 160
Propuesta	Nombre	Actividad	Inversión inicial	Gasto mensual
2	Implementación de la metodología SMED	Capacitación teórica-práctica del personal	¢200 000	¢25 232
		Herramientas necesaria o faltantes para los cambios	¢37 500	¢15 000
		Rotulación y señalización de las piezas	¢15 000	-
		Total	¢252 500	¢40 232

Fuente: Elaboración propia.

El beneficio se va a visualizar en ahorro permanente, el cual se va a establecer de acuerdo con el costo de la operaria #3, sin embargo; por temas de confidencialidad no se facilita temas de precios, costos unitarios ni de márgenes de ganancia de los medicamentos producidos, por ende, se utiliza un aproximado del salario de 20.000 colones al día.

Al aumentar la capacidad de un 3,07 a un 3,35 cambio al día en los primeros tres meses, se refleja un 8,45% menos del tiempo que se utiliza al inicio y a partir de los 4 meses en adelante se un utiliza un 17,42% menos del tiempo inicial para realizar los cambios de formatos diarios.

Se realiza un indicador de periodo de recuperación (PRI) para poder analizar de manera monetaria la inversión o el costo de las implementaciones y el ahorro o la recuperación de esa misma inversión.

Figura 20: Indicador de periodo de recuperación.

# Mes	Inversión / Costo	Ahorro	Ahorro-Costos	Acumulado	
Mes	0	₡ 394 845		-₡ 394 845	-₡ 394 845
Mes	1	₡ 68 392	₡ 50 700	-₡ 17 692	-₡ 412 537
Mes	2	₡ 68 392	₡ 50 700	-₡ 17 692	-₡ 430 229
Mes	3	₡ 68 392	₡ 50 700	-₡ 17 692	-₡ 447 921
Mes	4	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 411 793
Mes	5	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 375 665
Mes	6	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 339 537
Mes	7	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 303 409
Mes	8	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 267 281
Mes	9	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 231 153
Mes	10	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 195 025
Mes	11	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 158 897
Mes	12	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 122 769
Mes	13	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 86 641
Mes	14	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 50 513
Mes	15	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	-₡ 14 385
Mes	16	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	₡ 21 743
Mes	17	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	₡ 57 871
Mes	18	₡ 68 392	₡ 104 520	₡ 36 128	₡ 93 999

Fuente: Elaboración propia.

En el primer periodo se realiza la suma de las inversiones de ambas propuestas que se muestra en la tabla 25, esto da como resultado 394.845 colones de la inversión inicial. Seguidamente se realiza la suma de los costos mensuales de las dos propuestas, este es de 68.392 colones de gastos que la empresa debe hacer para realizar las implementaciones.

Tomando en cuenta el aumento de la capacidad y el salario de la operaria #3, se espera que en los primeros meses se vea reflejado un ahorro de 50.700 colones mensuales y a partir del mes cuatro se aumente a 104.520 colones mensuales.

Seguidamente, se realiza una diferencia de los ahorros con los costos donde se muestra que a partir de los cuatro meses en mucho mayor el ahorro que los gastos mensuales. Como se muestra en la tabla la inversión inicial se recupera en el mes 16 lo cual representa un año y cuatro meses, lo cual hace que las propuestas sean rentables para la empresa.

5.5 Plan de control

Es necesario que una vez las propuestas se implementen se cuente con un plan de control para el cumplimiento y seguimiento de las mejoras, con la supervisión respectiva por parte del supervisor de empaque y del departamento de ingeniería y planificación.

5.5.1 Diagrama Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta la cual planifica y organiza las actividades para el control de estas, este permite visualizar la duración que tiene cada tarea, así como el orden en el que cada una debe ejecutarse como se visualiza en la **Figura 21**.

Con este diagrama se puede tener un control de los puntos críticos del proceso, detectar las desviaciones y aplicar ajustes sin tener que esperar a que se acumulen. Esto impacta directamente a que no es solamente implementar mejoras, si no también lograr mantenerlas a largo plazo.

Figura 21: Diagrama Gantt.

Actividades	Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4					Semana 5					Semana 6					Semana 7					Semana 8																			
	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v	l	m	m	j	v										
Tiempo de elaboración del Checklist	■	■	■	■		■	■	■																																															
Capacitación de operarias de las propuestas											■	■	■			■	■	■																																					
Verificar el cumplimiento de las propuestas												■	■				■	■																																					
Revisión y validar el Checklist con cambio de formato																					■						■									■										■									
Retroalimentación con operarias y supervisor																							■				■									■															■				
Evaluación de los resultados y ajustes																																																							

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el diagrama se enfoca en las dos propuestas para los cambios de formato los cuales se van a realizar en un plazo de 8 semanas, tomando en cuenta los horarios del supervisor y del departamento de ingeniería y planificación, por los que muchos de los días de la semana no fueron tomados en cuenta al realizar el cronograma.

Se utiliza 7 días divididos en las primeras dos semanas con el fin de utilizar recursos y el tiempo necesario con el técnico especializado para realizar el checklist para así después lograr la capacitación de las operarias. Estas capacitaciones se dividen en dos semanas donde la primera va a estar enfocada en la metodología SMED y la segunda en el checklist para lograr generar la mayor cantidad de información para las operarias.

Es de suma importancia realizar una revisión del checklist en los cambios de formato para lograr visualizar si se requiere de hacer modificaciones, este se inicia a partir de la semana 5 de manera diaria para tener un mayor control, adicionalmente se requiere de reuniones de retroalimentación una vez por semana y también para evaluar los resultados con los involucrados.

5.5.2 Matriz RASCI

La siguiente herramienta muestra de forma clara las responsabilidades de las personas involucradas con respecto a las actividades externas, asegurando que cada tarea se realice de manera ordenada y eficiente establecido para la propuesta #2 metodología SMED. Este control aplica a todo el personal que se encuentre involucrado de forma directa o indirecta en el cambio de formato.

Figura 22: Matriz RASCI.

Matriz RASCI de la implementación de mejora.					
Actividad	Supervisor de empaque	Operaria 1	Operaria 3	Técnico de mantenimiento	Ingeniería y planificación
Confirmar y verificar los materiales y documentos del siguiente lote.	A	R	S	N/A	I
Asegurar que los materiales estén en una zona accesible para el cambio de formato.	R	S	R	N/A	I
Revisar herramientas y codificado antes de iniciar la preparación.	N/A	S	R	N/A	N/A
Identificar y reportar observaciones de piezas defectuosas.	C	S	R	I	A
Llenado del checklist de validación del cambio de formato.	N/A	S	R	C	N/A

Leyenda RASCI:

R: Responsable | A: Aprobador | S: Soporte | C: Consultado | I: informado

Fuente: Elaboración propia.

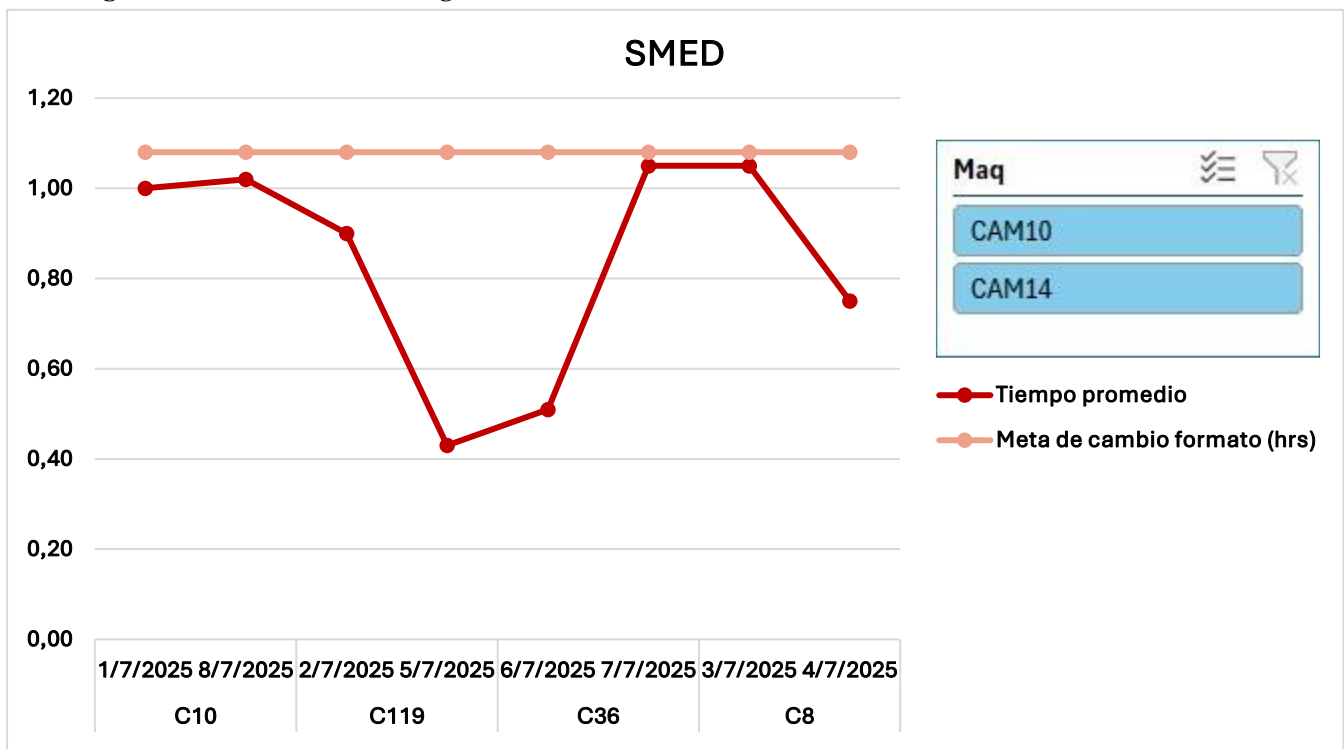
Durante la investigación, se identificó que uno de los factores que generaban mayores demoras no solamente se relaciona al cambio de formato, si no la falta de claridad en la asignación de responsabilidades por ende se notaba esperas de larga duración, repeticiones de tareas o simplemente no tenían un tipo de conocimiento que cual era el siguiente proceso o actividad.

La matriz muestra quienes van a ser responsables, aprobador, soporte, consultado e informado de las actividades externas para mantener la reducción de tiempos de cambio de formato ya que al disminuir las actividades no estandarizadas y eliminar la duda de quien es el encargo de cada tarea minimiza la variabilidad de los datos de tiempo ya que su ejecución se realiza de manera más uniforme.

5.5.3 Indicador de la metodología SMED

Con el fin de obtener más sostenibilidad para la metodología SMED, se realizó un indicador con un gráfico de líneas para obtener el seguimiento y así controlar que los tiempos de cambio de formato una vez se implementen las propuestas para que así no se salgan de la meta establecida como se visualiza en la **Figura 23**.

Figura23: Indicador metodología SMED.



Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta que este indicador se realiza con los datos que se esperan de las propuestas para el beneficio de la empresa y del área. Este gráfico representa la línea roja donde se muestra los nuevos tiempos promedio del cambio de formato los cuales se calculan a partir de la base de datos que se menciona anteriormente en la implementación de SMED.

La línea de color rojo claro representa el tiempo estándar que se estableció como objetivo o meta, este tiempo se definió tomando los promedios históricos de los tiempos de cambio de formato que se tomaron a lo largo de la investigación y reduciéndolos con el 10% esperado de las propuestas según el plan de proyecto, una vez se tienen estos tiempos se obtiene un promedio para así definir que el tiempo estándar del cambio de formato es de 1,08 h.

Este indicador no solo funciona para verificar si los cambios de formato cumplen con la meta establecida, sino que también permite identificar tendencias de mejora o deterioro, facilita de manera visual se existe variabilidad en los procesos y proporciona a los involucrados información cuantitativa para la toma de decisiones basada en datos únicamente de cambio de formato.

CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones

La investigación permitió cumplir con el objetivo general planteado de manera satisfactoria, ya que consiste en proponer alternativas para mejorar las necesidades del área de empaque mediante la aplicación de la metodología DMAIC, con el propósito de lograr cumplir con la demanda. A través de un estudio estructurado, se logró no solo identificar las limitaciones que afectan la capacidad productivos, si no implementar propuestas prácticas y sostenibles las cuales son necesarias para optimizar el rendimiento del proceso.

En la fase inicial, la cual corresponde a describir las actividades involucradas en el área de estudio mediante el uso de herramientas ingenieriles, se logró realizar la definición de dichas actividades realizadas en el área de empaque, empleando herramientas ingenieriles las cuales fueron de gran ayuda para obtener un flujo del trabajo y lograr detallar cada una de las operaciones. Esto facilitó que se encontraron los puntos críticos sirviendo como base para el planteamiento de las mejoras.

En relación con el segundo objetivo, se cuantificaron las diferentes variables para determinar la capacidad con la que contaba el área de empaque. Se obtuvieron los datos sobre la capacidad, tiempos de ciclo, número de operarias, cuellos de botella y la frecuencia de los cambios de formato para así establecer una línea base y evaluar el impacto de estas actividades.

Posteriormente, se alcanzó el objetivo de analizar las causas que limitan la capacidad de la producción, ya que se logró identificar dichas causas principales, entre las cuales se detectaron la falta de estandarización en los procedimientos o actividades, la falta de herramientas visuales, tiempos muertos o improductivos a causa del ajuste prologando y la necesidad de un sistema de control más sólido para el seguimiento de las mejoras. Estas causas fueron obtenidas mediante diagramas, estudio de tiempos y gráficos los cuales se utilizaron para priorizar las causas con mayor impacto.

Seguidamente, se diseñaron propuestas que impactaron directamente de manera positiva en la capacidad del área de empaque. Entre las acciones con mayor impacto fueron la estandarización de los procesos mediante la metodología SMED logrando disminuir la inactividad, la creación de un Checklist para el cambio de formato el cual ayudo a disminuir los tiempos y definir un tiempo estándar, la reorganización del puesto de trabajo para reducir los tiempos de inactividad de la máquina y la capacitación dirigida a las operarias. Estos cambios se realizaron para disminuir los tiempos de cambio de formato y minimizar la variabilidad en los datos.

Finalmente, se cumplió el quinto objetivo. Se estableció un plan de control para garantizar la sostenibilidad de las mejoras. Se planteo un sistema de registro de los tiempos únicamente de los cambios de formato, se definieron responsables para el seguimiento de las actividades establecidas en la metodología SMED, se utilizó la herramienta Gantt definir el tiempo en el que se implementaron las propuestas con el fin de planificar las actividades y se incluyó un indicador para conocer periódicamente como se estaba comportando dichas propuestas de mejora.

Todos estos puntos de la metodología DMAIC permitió abordar las deficiencias existentes dentro del área de empaque en Calox S.A, logrando mejorar la capacidad productiva y aportar al cumplimiento de la demanda. Con las herramientas de control implementadas se asegura que las mejoras no se limiten a un cambio puntual si no que se mantenga a largo plazo.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda al equipo de empaque y al departamento de ingeniería de la empresa Calox de Costa Rica, dar seguimiento a las siguientes actividades.

- Mantener el uso de Checklist para lograr ejecutar los cambios de formato de manera más eficiente y no cometer errores humanos que aumenten los tiempos nuevamente.

- Continuar con el registro de la base de datos de los tiempos de cambio de formato, ya que este control permite detectar desviaciones y lograr tomar medidas evitando la pérdida de la eficiencia.
- Fortalecer la capacitación continua del personal, no solamente de los procedimientos de empaque, si no de las herramientas de mejora para logara tener un control de que el nuevo personal y el actual tenga la misma cantidad de información para realizar el cambio de formato.
- Aplicar el enfoque DMAIC en otros procesos del área de empaque aprovechando la experiencia de este estudio para replicar mejoras similares y obtener beneficio de toda el área de empaque y así evitar tiempos elevados de otros procesos.
- Monitorear indicadores clave de desempeño como los tiempos de ciclo, disponibilidad de la máquina y cumplimiento de la demanda para asegurar que se mantenga dentro de los objetivos establecidos.

CAPITULO 7: BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Accinelli, C. (s. f.). *Procesos de manufactura: ¿qué son y cómo se clasifican?*

Universidades de México.

<https://universidadesdemexico.mx/noticias/procesos-de-manufactura>

Admin. (2025, 16 junio). *CHECKLIST*. Ingeniería Industrial.

<https://www.ingenieriaindustrialtools.com/checklist/>

Altertecnica. (2023, 31 octubre). *Análisis de la capacidad de producción en industria* |

ALTERTECNIA. ALTERTECNIA. <https://altertecnica.com/como-analizar-la-capacidad-de-produccion-en-industria/>

Anchía Rodríguez, F. (2022). Propuesta para la mejora de la capacidad de la empacadora FFS a través de la comparación del plan de mantenimiento actual control el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el área CUFF de Viant Medical para el primer semestre del 2024 [Maestría en gestión de calidad]. Universidad Hispanoamericana.

Arias, A. S. (2025, 10 marzo). *¿Qué es la productividad? Descubre su fórmula, factores y ejemplo*. Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>

Benites, L. (2022, 23 enero). *Análisis de la capacidad del proceso: definición*.

Statologos. <https://statologos.com/analisis-de-la-capacidad-del-proceso/>

Burguillo, R. V. (2022, 24 noviembre). *Análisis coste/beneficio - Definición, qué es y concepto* | Economipedia. Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/analisis-costebeneficio.html>

Ceupe. (2024, 20 agosto). Reducción de costos de una empresa.

<https://www.ceupe.com/>

- Consultores, A. (2024, 12 noviembre). *Multivotación: Instrumento para Seleccionar las Mejores Ideas*. Aiteco Consultores. <https://www.aiteco.com/multivotacion-seleccionando-las-mejores-ideas/>
- Costa, I. (2025, 24 julio). *Mejora continua con DMAIC: la base de Six Sigma*. Kaizen Institute Consulting Group. <https://kaizen.com/es/insights-es/mejora-continua-dmaic-six-sigma/>
- Crandi, A. (2020, 29 junio). *¿Qué es un checklist y por qué es importante aplicarlo?* Academia Crandi. <https://academia.crandi.com/marketing-digital/que-es-un-checklist/>
- Cubero Méndez, L. D. (2024). *Propuesta para el aumento de la productividad del área de empaque en una empresa de industria médica en Alajuela, durante el tercer cuatrimestre del año 2023*. [Tesis bachillerato]. Universidad Hispanoamericana.
- De Azkue, I. (2025, 21 mayo). *Eficacia, eficiencia y efectividad: diferencias y características*. Enciclopedia Humanidades. <https://humanidades.com/eficacia-eficiencia-y-efectividad/>
- Del Valle de Puebla, U. (2023, 1 julio). *Ingeniería industrial, ¿en qué puedes trabajar si estudias esta carrera?* Blog UVP. <https://uvp.mx/uvpblog/que-es-la-ingenieria-industria/>
- Esquivel, M. (2025, 29 julio). *Diagrama de flujo: ¿Qué es y con qué herramienta hacerlo?* TUTFG. <https://tutfg.es/diagrama-de-flujo/>
- Euroinnova International Online Education. (2025, 29 abril). *que es un impacto economico de un proyecto*. <https://www.euroinnova.com/blog/que-es-un-impacto-economico-de-un-proyecto>

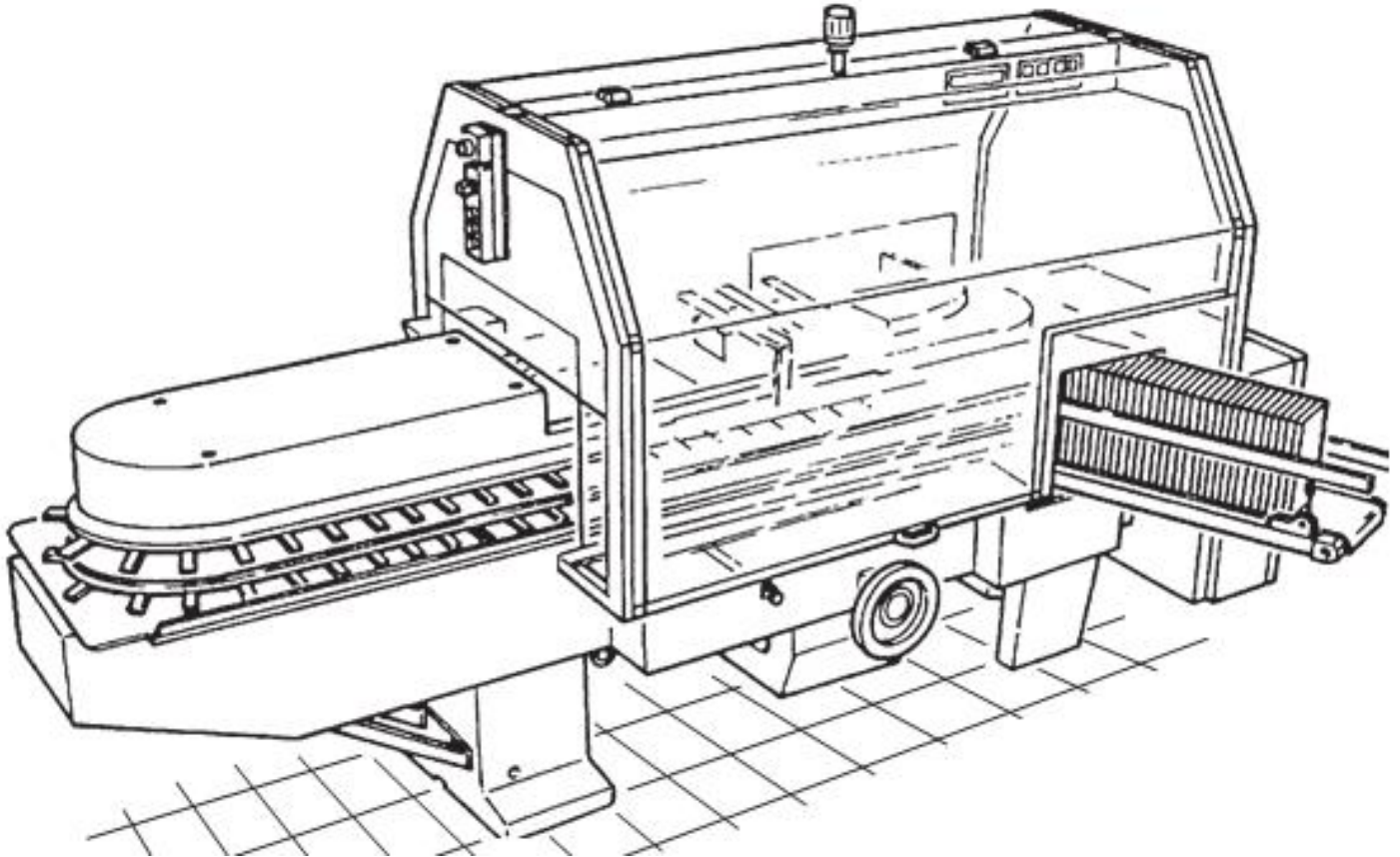
- Facchin, J. (2024, 30 diciembre). Diagrama de Pareto ¿Qué es y cómo se usa? + Ejemplo. *José Facchin*. <https://josefacchin.com/diagrama-de-pareto/>
- Fernández, H. (2023, 30 enero). ¿Qué es la productividad? Definición, tipos, ejemplos. *Economía TIC*.
<https://economytic.com/productividad/productividad-personal/que-es-la-productividad/>
- Galán, J. S. (2022, 24 noviembre). *Diagrama de Ishikawa Qué es, definición y concepto*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/diagrama-de-ishikawa.html>
- González, R. (2022, 5 septiembre). ¿QUÉ ES UN ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO? <https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-un-an%C3%A1lisis-de-costo-beneficio-rub%C3%A9n-gonz%C3%A1lez-cortezano/>
- Juárez, M. G. (2025, 31 julio). *Diagrama de Pareto*. Probabilidad y Estadística. <https://www.probabilidadyestadistica.net/diagrama-de-pareto/>
- Laboratorios CALOX - Empresa Farmacéutica comprometida con tu salud. (2020, octubre 6). CALOX Farmaceutica. <https://caloxca.com/>
- La planeación en la ingeniería industrial. (2023, Julio 23). Edu.Pe. Recuperado el 13 de marzo de 2025, de <https://www.ucv.edu.pe>
- Mapex. (2024, 17 abril). *Estandarización de procesos: ¿cómo puede la digitalización ayudarte a alcanzar tus objetivos?* <https://mapex.io/news/estandarizacion-de-procesos/>
- Martínez, G. (s/f). Diagrama de Ishikawa: Una herramienta para identificar y resolver problemas en la industria agroalimentaria. <https://riunet.upv.es>

- Meardon, E. (2025, 24 abril). *Gantt chart guide: How to create and use one*. Atlassian. <https://www.atlassian.com/es/agile/project-management/gantt-chart>
- Morales, F. C. (2024, 7 agosto). *¿Qué es la capacidad de producción? Importancia y cálculo*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/capacidad-de-produccion.html>
- Montoya Restrepo, C. (2023). *Fundamentos de ingeniería industrial*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.com>.
- Pérez, A. (2025, 24 febrero). *¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve? OBS Business School*. <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>
- ¿Qué es un proceso según su definición?* (2024, julio 18). Euroinnova International Online Education. <https://www.euroinnova.com>
- Quiroa, M. (2025, 26 mayo). *Proceso productivo - Qué es, etapas y ejemplos*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/proceso-productivo.html>
- Quiroa, M. (2024, 7 noviembre). *Cuello de botella (producción) Qué es, definición y concepto*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/cuello-de-botella-produccion.html>
- Quiroa, M. (2022, 24 noviembre). *Matriz RACI Qué es, definición y concepto*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/matriz-raci.html>
- Rodríguez, S. (2023, 27 diciembre). *Eficiencia vs. Eficacia: Ejemplos Prácticos y Diferenciación*. LAB-ES. <https://labes-unizar.es/eficiencia-vs-eficacia-ejemplos-practicos-y-diferenciacion/>

- Rodríguez, S. (2024, 18 enero). *Estudio de Tiempos y movimientos: Optimización de la productividad laboral*. LAB-ES. https://labes-unizar.es/estudio-de-tiempos-y-movimientos-optimizacion-de-la-productividad-laboral/?expand_article=1
- Romero, P. (2025, 9 enero). *Diagrama de flujo de procesos: qué es, cómo aplicarlo y ejemplos*. Geinfor ERP. <https://geinfor.com/diagrama-de-flujo-de-procesos/>
- Saavedra, J. A. (2023, 3 mayo). *Qué es la lluvia de ideas y cómo hacerla: técnicas y ejemplos*. Ebac. <https://ebac.mx/blog>
- Socconini, L. (2024, 8 febrero). *Explicación de la metodología DMAIC de Lean Six Sigma - Lean Six Sigma Institute*. Lean Six Sigma Institute. <https://leansixsigmainstitute.org>.
- Technologies, A. (2022, 1 diciembre). *La importancia del tiempo y su impacto en la productividad*. ACF Technologies. <https://www.acftechnologies.com/es/blog/la-importancia-del-tiempo-y-su-impacto-en-la-productividad>
- Whitmer, K. (2024, noviembre 15). *What is an industrial plant? Types, functions and differences from process plants*. <https://internationalprocessplants.com>

CAPITULO 8: ANEXOS.

Anexo 1: Máquinas de empaque Semiautomático



Anexo 2: Troquel con sus respectivas medidas.



Troquel	Alto	Ancho
C175	7 mm	4,5 mm
C119		
C177		10,9 mm
C99	8 mm	3 mm
C132	8,5 mm	3,7 mm
C36	9 mm	4 mm
C174		3,2 mm
C151		7,5 mm
C146	10,4 mm	4,7 mm
C8	10,5 mm	4,5 mm
C10		
C134		
C99		
C7		
C6		
C131		5,2 mm
C5		6,5 mm
C172		8,5 mm
C178		
C125		
C137		9,5 mm
C133		11 mm
C164	11,6 mm	3,2 mm
C168	11,7 mm	3 mm
C4	12 mm	5,5 mm

Troquel	Alto	Ancho
C149	12,5 mm	7,5 mm
C153		
C152		
C169		
C176		
C162	12,8 mm	3,2 mm
C170	13 mm	3,5 mm
C180		8 mm
C139		6 mm
C171		
C158	13,5 mm	9 mm
C167	17,5 mm	3,1 mm
C48	18 mm	5,5 mm
C179	19,5 mm	4,5 mm
C29	20,6 mm	4,5 mm

Anexo 3: Toma de tiempos.

n	Troquel	h	min	Cambios x h
1	C10	1	15	1,25
2	C10	1	35	1,583333333
3	C10	1	30	1,5
4	C10	1	32	1,533333333
5	C10	2	29	2,483333333
6	C10	1	39	1,65
7	C10	1	30	1,5
8	C10		56	0,933333333
9	C10	1	45	1,75
10	C10		59	0,983333333
11	C10	1	32	1,533333333
12	C10	2	3	2,05
13	C10		49	0,816666667
14	C10	1	28	1,466666667
15	C10	1	22	1,366666667
16	C10	1	25	1,416666667
17	C10	1	25	1,416666667
18	C10	1	30	1,5
19	C10		45	0,75
20	C10	2	15	2,25
21	C10	2	30	2,5
22	C10		55	0,916666667
23	C10	2	47	2,783333333
24	C10		42	0,7
25	C10	1	18	1,3
26	C10		54	0,9
27	C10	2	26	2,433333333
28	C10		54	0,9