

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUE DE LA DIVISIÓN  
IGTD, MEDIANTE DMAIC Y TPM, PARA REDUCIR LOS  
TIEMPOS MUERTOS Y AUMENTAR LA EFICIENCIA DEL  
FIRST PASS YIELD**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIANTE: ERICKSON ARCE ARROYO  
TUTOR: ING. JOEL PICADO SANABRIA**

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA  
ABRIL, 2025**

# CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA .....	I
CÉDULA DE IDENTIDAD .....	II
SOLICITUD DE DEFENSA .....	III
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR .....	IV
CARTADE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR.....	V
CERTIFICADO DEL FILÓLOGO .....	VI
CARTA DE ENTENDIMIENTO .....	VII
CONTENIDO .....	VIII
TABLAS .....	XII
FIGURAS .....	XIII
DEDICATORIA.....	XV
AGRADECIMIENTOS .....	XVI
EPÍGRAFE .....	XVII
RESUMEN.....	XVIII
<b>CAPÍTULO I. PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	4
1.4 ANTECEDENTES .....	4
1.4.1 <i>Antecedentes nacionales</i> .....	4
1.4.2 <i>Antecedentes internacionales</i> .....	6
1.5 PROYECCIONES.....	8
1.5.1 <i>Alcances</i> .....	8
1.5.2 <i>Limitaciones</i> .....	8
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES .....	10
2.1.1 <i>Modelo DMAIC</i> .....	10

2.1.2 Entrevistas .....	10
2.1.3 Análisis FODA.....	11
2.1.4 Matriz estratégica DOFA.....	13
2.1.5 Análisis stakeholders .....	14
2.1.6 Árbol de CTQ.....	15
2.1.7 Diagrama de flujo.....	16
2.1.8 Gemba walk.....	16
2.1.9 Mapa de procesos.....	17
2.1.10 Diagrama SIPOC .....	18
2.1.11 Análisis estadístico.....	19
2.1.12 Análisis de correlación .....	20
2.1.13 Diagrama de caja.....	21
2.1.14 Lluvia de ideas .....	21
2.1.15 Diagrama de Ishikawa.....	22
2.1.16 Matriz multivoto .....	24
2.1.17 Escala de Likert.....	26
2.1.18 Diagrama de Pareto.....	27
2.1.19 Diagrama de Gantt.....	28
2.1.20 KPI .....	29
2.1.21 Plan de comunicación .....	29
2.1.22 Técnica de calidad poka-yoke.....	31
2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	32
2.2.1 Visión/misión .....	32
2.2.2 Antecedentes históricos .....	32
2.2.3 Ubicación geográfica.....	33
2.2.4 Estructura organizacional.....	33
2.2.5 Cantidad de empleados .....	34
2.2.6 Tipos de productos.....	35
2.2.7 Mercado de exportación.....	36
2.2.8 Descripción general del proceso productivo .....	36
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>39</b>

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....	40
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	41
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	42
3.3.1 <i>Sujetos de información</i> .....	43
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS .....	44
3.5 INSTRUMENTOS.....	46
3.5.1 <i>Entrevistas</i> .....	46
3.5.2 <i>Cuestionarios y encuestas</i> .....	46
3.5.3 <i>Observaciones</i> .....	47
3.5.4 <i>Grupos focales</i> .....	47
3.5.5 <i>Datos históricos</i> .....	47
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	48
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
4.1 DEFINIR .....	51
4.1.1 <i>FODA</i> .....	51
4.1.2 <i>Matriz estratégica</i> .....	55
4.1.3 <i>Evidencias cuantificables del problema</i> .....	57
4.1.4 <i>Stakeholders</i> .....	60
4.1.5 <i>Árbol de CTQ</i> .....	62
4.1.6 <i>Diagrama de flujo general de la división IGTD</i> .....	65
4.1.7 <i>Mapeo de procesos SIPOC</i> .....	70
4.1.8 <i>Diagrama de flujo del proceso de empaque IGTD</i> .....	72
4.2 MEDIR .....	74
4.2.1 <i>Análisis de la tendencia de las causas de los fallos asociados a los tiempos muertos para la operación de empaque IGTD</i> .....	75
4.2.2 <i>Análisis estadístico de las impresoras del proceso IGTD</i> .....	77
4.2.3 <i>Análisis FPY (pasa a la primera)</i> .....	80
4.2.4 <i>Análisis histórico del impacto económico asociado a tiempos muertos generados en la operación de empaque IGTD</i> .....	82
4.3 ANALIZAR .....	83
4.3.1 <i>Lluvia de ideas</i> .....	83

4.3.2 Diagrama de Ishikawa.....	85
4.3.3 Matriz multivoto.....	89
4.3.4 Diagrama de Pareto.....	91
<b>CAPÍTULO V. PROPUESTA.....</b>	<b>94</b>
5.1 MEJORAR.....	95
5.1.1 Propuesta de sustitución de impresoras.....	95
5.1.1.1 Detalle de los costos de implementación.....	100
5.1.1.2 Reducción esperada en tiempo con la implementación de la propuesta 1.....	101
5.1.1.3 Gantt de la implementación de la propuesta 1.....	101
5.1.2 Propuesta de entrenamiento y mantenimiento basados en TPM.....	103
5.1.2.1 Detalle del costo de la implementación.....	114
5.1.2.2 Reducción esperada en tiempo con la implementación de la propuesta 2.....	114
5.1.2.3 Gantt de la implementación de la propuesta 2.....	115
5.2 CONTROLAR.....	116
5.2.1 Auditorías internas.....	116
5.2.2 Control digital.....	117
5.2.3 Sensibilización de los colaboradores.....	117
5.3 PROYECCIÓN DE BENEFICIOS TOTALES.....	117
5.3.1 Proyección del aumento FPY asociado a la implementación de las propuestas.....	117
5.3.2 Resumen de los costos totales de las propuestas de implementación.....	118
5.3.3 Retorno de la inversión asociada.....	119
5.3.4 Diagrama de Gantt completo.....	120
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>123</b>
CONCLUSIONES.....	124
RECOMENDACIONES.....	125
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>127</b>
<b>APÉNDICES Y ANEXOS.....</b>	<b>133</b>
APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	134
APÉNDICE 2: MATRIZ MULTIVOTO APLICADA.....	136
APÉNDICE 3: IMPRESORAS SATO Y ZEBRA.....	137

## TABLAS

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área.....	35
Tabla 2.2: Tipos de productos manufacturados en IGTD .....	35
Tabla 3.1: Acta de constitución del proyecto .....	44
Tabla 3.2: Variables de la investigación por objetivo específico.....	45
Tabla 4.1: Matriz estratégica .....	55
Tabla 4.2: Causas estándar que generan tiempos muertos en la operación de empaque IGTD .....	75
Tabla 4.3: Causas estándar y tiempos muertos asociados en horas (operación de empaque IGTD).....	76
Tabla 4.4: Causas de los tiempos muertos asociados a máquinas, año 2024 .....	77
Tabla 4.5: Causas de tiempos muertos asociados a máquinas, año 2024.....	78
Tabla 4.6: Tiempos muertos en horas asociados al tipo de impresora de la operación de empaque IGTD .....	78
Tabla 4.7: Colaboradores participantes en la lluvia de ideas.....	84
Tabla 4.8: Abreviaturas de los colaboradores .....	90
Tabla 4.9: Matriz multivoto consolidada.....	91
Tabla 4.10: Causas de mayor peso de la matriz multivoto .....	91
Tabla 5.1: Resumen de los costos de la propuesta 1 .....	100
Tabla 5.2: Equipo TPM.....	105
Tabla 5.3: Ayuda visual para el proceso de empaque IGTD .....	107
Tabla 5.4: Resumen de costos de la propuesta 2 .....	114
Tabla 5.5: Resumen de los costos totales .....	118
Tabla 5.6: Retorno de la inversión.....	119
Tabla 5.7: Detalle de cálculo del ahorro estimado .....	120

## FIGURAS

Figura 2.1: Metodología DMAIC .....	10
Figura 2.2: Ejemplo de un análisis FODA.....	13
Figura 2.3: Matriz DAFO.....	14
Figura 2.4: Ejemplo de un mapa de procesos .....	18
Figura 2.5: Ejemplo de un diagrama SIPOC.....	19
Figura 2.6: Ventajas de un análisis estadístico.....	20
Figura 2.7: Ejemplo de un diagrama de cajas .....	21
Figura 2.8: Ventajas y desventajas de la lluvia de ideas .....	22
Figura 2.9: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa .....	23
Figura 2.10: Ejemplo de una matriz multivoto.....	26
Figura 2.11: Ejemplo de una escala Likert.....	27
Figura 2.12: Ejemplo de un diagrama de Pareto .....	28
Figura 2.13: Ejemplo de un diagrama de Gantt .....	29
Figura 2.14: Mapa satelital de Philips Costa Rica .....	33
Figura 2.15: Organigrama de Philips Costa Rica.....	34
Figura 2.16: Diagrama de flujo general.....	36
Figura 3.1: Metodología DMAIC .....	42
Figura 3.2: Tipos de fuentes de información.....	43
Figura 3.3: Proceso para la recolección y análisis de datos .....	49
Figura 4.1: Análisis FODA .....	52
Figura 4.2: Tiempos muertos históricos en la división IGTD.....	58
Figura 4.3: Tiempos muertos por operación en la división IGTD .....	58
Figura 4.4: Tiempos muertos de empaque IGTD vs total de los tiempos de la división IGTD.....	59
Figura 4.5: Promedio mensual de tiempos muertos por producto para la operación de empaque IGTD .....	60
Figura 4.6: Análisis de stakeholders.....	61
Figura 4.7: Árbol de CTQ.....	63
Figura 4.8: Diagrama de flujo general de la división IGTD .....	66

Figura 4.9: Diagrama SIPOC.....	70
Figura 4.10: Diagrama de flujo del proceso de empaque IGTD.....	73
Figura 4.11: Horas asociadas a tiempos muertos por causa, enero a noviembre 2024	76
Figura 4.12: Gráfica de cajas de las impresoras SATO y ZEBRA.....	79
Figura 4.13: Análisis de las medias para las impresoras SATO y ZEBRA.....	80
Figura 4.14: Análisis de la desviación estándar para las impresoras SATO y ZEBRA..	80
Figura 4.15: Análisis histórico del porcentaje FPY.....	81
Figura 4.16: Análisis de correlación.....	82
Figura 4.17: Impacto económico en la operación de empaque IGTD.....	83
Figura 4.18: Lluvia de ideas.....	85
Figura 4.19: Diagrama de Ishikawa.....	86
Figura 4.20: Diagrama de Pareto.....	92
Figura 5.1: Etapas para ejecutar el cambio de impresoras.....	96
Figura 5.2: Comparación de tiempos con la implementación de la propuesta 1.....	101
Figura 5.3: Gantt de la propuesta 1.....	102
Figura 5.4: Pasos para ejecutar la metodología basada en TPM.....	103
Figura 5.5: Herramienta de priorización de causas, vista de la base de datos.....	111
Figura 5.6: Herramienta de priorización de causas, vista de la priorización de causas.....	112
Figura 5.7: Herramienta de priorización de causas, vista del diagrama de Pareto.....	113
Figura 5.8: Comparación de los tiempos con la implementación de la propuesta 2....	115
Figura 5.9: Gantt de la propuesta 2.....	115
Figura 5.10: Proyección de mejora del FPY.....	118
Figura 5.11: Diagrama de Gantt completo.....	121

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi amor y gratitud a mis padres, quienes me enseñaron el valor del esfuerzo, la honestidad y la perseverancia, a luchar y trabajar para lograr los éxitos que al día de hoy he podido cosechar

A mi hermano, por acompañarme con palabras de aliento en los momentos más importantes y siempre estar disponible en los momentos que más lo necesito.

A mi esposa, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por caminar a mi lado en cada paso de este proceso, porque es ella quien llena mi otra mitad.

Y a mis amigos, por las risas, el apoyo sincero y por recordarme que no estaba solo en este camino.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la vida, la salud y la fuerza para no rendirme a pesar de los desafíos que enfrenté.

A mis padres, gracias por su amor inmenso, sus consejos sabios y por creer en mí incluso en los momentos más inciertos. Todo lo que soy es en gran parte gracias a ustedes.

A mi hermano, por estar siempre presente, con su apoyo discreto pero constante, siendo un pilar silencioso en esta etapa.

A mi esposa, por su comprensión, sus palabras de aliento y su capacidad de sostenerme cuando las fuerzas flaqueaban. Su compañía ha sido luz en los días más difíciles.

A mis amigos, que con sus mensajes, bromas y compañía me ayudaron a mantener el ánimo y a recordar que también hay espacio para la alegría en medio del esfuerzo.

También agradezco a quienes, desde el ámbito académico, me brindaron su orientación y conocimientos, especialmente a Ing. Joel Picado Sanabria por su guía durante la elaboración de esta tesis.

Finalmente, a todos los que, de alguna manera, formaron parte de este proceso, gracias por dejar una huella en este logro. Esta meta es también de ustedes.

## EPÍGRAFE

*Lo que con mucho trabajo se obtiene, más se ama.*

Aristóteles

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa médica Philips Costa Rica, ubicada en El Coyol de Alajuela, específicamente en el proceso de empaque de la división llamada Image Guided Therapy Diagnostic Devices (IGTD).

Al respecto, en abril del 2024 se detectó un incremento de hasta un 400 % en los tiempos muertos productivos. Debido a esto, se planteó como objetivo evaluar el proceso de empaque de la división IGTD de la empresa Philips Costa Rica, mediante la aplicación de la metodología DMAIC y TPM, con el fin de reducir los tiempos muertos al menos en un 80 % y, así, incrementar la eficiencia del porcentaje de *first pass yield* (FPY).

Por lo tanto, después de implementar diferentes herramientas ingenieriles para definir, medir y analizar las causas que generan el incremento en tiempos muertos, se delimitó como causas prioritarias por atacar las siguientes: obsolescencia de equipos, ajuste de parámetros, fallo por ilegibilidad, corrección de márgenes, atasco de etiquetas, mala calibración del equipo y falta de entrenamiento del personal.

A partir de los resultados obtenidos de las etapas anteriores, se generaron dos propuestas de mejora. La primera es la sustitución de las impresoras SATO por ZEBRA, lo cual impactará directamente en la reducción proyectada del 80 % de los tiempos muertos productivos. Como segunda propuesta, se planteó una metodología de entrenamiento y mantenimiento basada en TPM, esta les permitirá a los colaboradores solventar los problemas que se experimenten de forma autónoma y no recurrir a áreas de soporte para resolver los fallos que se originen en el proceso de empaque IGTD. Además, se propusieron tres acciones para controlar y asegurar que las mejoras se mantengan en el tiempo, dichas acciones son auditorías internas, control digital y sensibilización de los colaboradores.

Finalmente, se concluye que se cumplió con éxito el objetivo general de la investigación al haber reducciones importantes en el impacto económico asociado.

Palabras clave: DMAIC, TPM, tiempos muertos, mejora, reducción, FPY.

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA**

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio se lleva a cabo en la empresa médica Philips Costa Rica, ubicada en El Coyol de Alajuela, y se enfoca en la división llamada Image Guided Therapy Diagnostic Devices (IGTD).

Esta división cuenta con 11 líneas productivas, por medio de las cuales se manufacturan 11 productos médicos. Ahora bien, en cada línea de producción existe un proceso de empaque donde se imprimen etiquetas. Al respecto, cuando el proceso de impresión de la línea se detiene, el proceso de empaque también lo hace por completo, ya que ningún producto puede seguir su flujo sin su debida etiqueta de identificación.

Lo anterior provoca tiempos muertos y, en algunos casos, paros productivos, pues se debe llamar por procedimiento a las diferentes áreas de soporte técnico para que validen y pongan en funcionamiento el proceso de impresión. Los tiempos muertos generados tardan desde varios minutos hasta horas.

Actualmente la división IGTD origina pérdidas económicas significativas para la empresa debido a la cantidad de tiempos muertos que ocurren por fallos en el proceso de impresión. Dichos fallos generan que las etiquetas se impriman con diversos errores y no puedan utilizarse en los productos, lo cual impide continuar con el flujo del proceso.

En abril del 2024 se detecta un incremento importante en los tiempos muertos productivos a causa de fallos en las impresiones; en cuanto a esto, la tendencia del problema muestra un aumento exponencial de hasta un 400 % en el año 2024. En la actualidad ese incremento se ha mantenido de forma constante en el tiempo, lo que representa un gran impacto en las líneas productivas de la división IGTD de Philips Costa Rica.

Así, el promedio de horas extras que se han invertido para cubrir los tiempos muertos por los fallos es de 160 horas mensuales, esto se ha detectado durante 8 meses consecutivos, y ha llegado a generar impactos económicos mensuales aproximados de \$ 75 000.

Adicional al problema de tiempos muertos, el originar tantas horas extras está siendo regulado por el Departamento de Recursos Humanos, lo que provoca una intervención urgente de análisis profundo para detectar qué está produciendo los fallos.

Por lo tanto, mediante la implementación de la metodología DMAIC, se realiza un estudio de los factores que generan posibles causas de fallo en la división IGTD e incrementan los tiempos muertos productivos, con la finalidad de proponer acciones de mejora que reduzcan los tiempos muertos y minimicen los impactos económicos en la empresa.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar el proceso de empaque de la división IGTD de la empresa Philips Costa Rica, mediante la aplicación de la metodología DMAIC y TPM, con el fin de reducir los tiempos muertos al menos en un 80 % y, así, incrementar la eficiencia del porcentaje de *first pass yield* (FPY).

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Definir, mediante herramientas de análisis de contexto y caracterización de procesos, los factores que generan tiempos muertos en la división IGTD, para identificar sus principales efectos.
- Medir el impacto económico y operativo de los tiempos muertos en la división IGTD, al cuantificar los principales fallos mediante indicadores clave de desempeño como el FPY.
- Analizar, por medio de herramientas ingenieriles de análisis de causas raíz, las causas que provocan tiempos muertos, con el propósito de priorizar las más críticas por atacar.
- Proponer mejoras y controles en el proceso de empaque IGTD, que permitan reducir tiempos muertos y minimizar impactos económicos asociados, para de este modo aumentar el FPY.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Los tiempos muertos tienen efectos directos sobre la productividad, la eficiencia y la eficacia de los empleados; todo esto se traduce en impactos económicos para las empresas.

Según el artículo de GETT (2020), los tiempos muertos pueden deberse a distintas razones: tiempo de ocio de los empleados o falta de compromiso, pero también al incumplimiento de metas debido a la falla de una máquina que no está directamente relacionada al colaborador. De allí la importancia de crear estrategias para contrarrestar y eliminar los tiempos muertos.

Por consiguiente, el presente estudio busca analizar las causas de fallo en el proceso de impresión para proponer mejoras y, de esta manera, reducir los tiempos muertos e impactar positivamente desde la productividad hasta los costos asociados.

### **1.4 ANTECEDENTES**

#### **1.4.1 Antecedentes nacionales**

A nivel nacional se recopilan varias tesis con temas vinculados a los tiempos muertos. En todas estas se concluye que reducir los tiempos muertos no solo impacta los costos de las compañías, sino también incrementa la eficiencia.

Al respecto, en la tesis de María Alejandra Soto (2006), denominada: *Estudio de tiempos muertos y evaluación de la eficiencia del proceso de moldeo convencional de plástico por medio de la eficiencia global del equipo (OEE) en la empresa Hospira Holdings LTDA* y elaborada para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de los Materiales con énfasis en Procesos Industriales en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, se observa en las conclusiones que el análisis de OEE para medir la reducción de tiempos muertos es vital, así como el seguimiento del KPI asignado para el mismo.

Como segundo antecedente se encuentra el trabajo titulado: *Diseño de un modelo de gestión operativa del Departamento de Moldes y Herramientas de la empresa Hultec por medio de la metodología DMAIC con el fin de mejorar el OEE del proceso productivo*, llevado a cabo por André Licks Miranda para optar por el grado de Maestría Profesional en Ingeniería Industrial con énfasis en Administración Industrial en la

Universidad de Costa Rica. En cuando a este, se aprecia de nuevo cómo al minimizar tareas e implementar algunas otras herramientas se llega a la causa raíz del problema y se mejora el OEE. Por lo tanto, minimizar los tiempos muertos automáticamente genera una mejor en la eficiencia e indicadores como el OEE.

El tercer antecedente relacionado con los tiempos muertos en las empresas y los impactos que se producen se realiza por los autores Joshet Alberto Araya Martínez, Elí Zenén Jara Campos y Ana Gabriela Pastrana Arias (2020) en su proyecto de graduación llamado: *Diseño de un plan estratégico de mantenimiento basado en la filosofía TPM, para el área de planta de complejos en la empresa FERTICA S. A., Costa Rica* y elaborado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial. En este se detalla cómo la implementación de un plan estratégico de mantenimiento basado en TPM mejora la productividad e impacta directamente los tiempos improductivos de paros de líneas. Al relacionarlo con el presente proyecto, se denota la importancia de minimizar los tiempos muertos con alguna técnica ingenieril que permita obtener los resultados esperados.

El cuarto antecedente es un artículo para la revista *Gaudeamus*, titulado: “Análisis de manejo de inventarios y herramientas de control en empresas pequeñas y medianas en Costa Rica” y escrito por Luis Ricardo Sánchez (2016), el cual se enfoca en la eficiencia que deben tener las compañías para sobrevivir a mercados tan cambiantes. Así, en todo el análisis hace referencia a la eliminación de tiempos muertos o improductivos mediante la implementación de sistemas de control de inventarios. Si bien es cierto, el control de inventarios no es el enfoque del proyecto actual, se asocian dichos proyectos desde la perspectiva de la eliminación y/o reducción de tiempos muertos y cómo al lograrlo se incrementan considerablemente los indicadores de las empresas.

Por último, se encuentra el proyecto de graduación denominado: *Diseño de un sistema de planificación y control en los procesos que impactan la eficiencia operativa de la empresa Tecno Carrocerías* y llevado a cabo por Leidy Barrantes Solano, María Paula Morera Rojas y Fabiana Velásquez Solís (2022) para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad de Costa Rica. Al respecto, la empresa experimenta tiempos de espera altos y horas extras a causa de tiempos muertos generados por los proveedores. De este modo, se identifican causas similares a las que

se detectan en Philips y que se traducen en pérdidas económicas para ambas empresas con el solo hecho de generar demasiadas horas extras para tratar de cumplir con los planes establecidos.

#### **1.4.2 Antecedentes internacionales**

En el campo internacional se realizan estudios referentes a la reducción de tiempos muertos por medio de la aplicación de metodologías similares al DMAIC.

De esta manera, el informe titulado: *Propuesta de mejora para la reducción de tiempos muertos en Área Tornos Planta Paneles Arauco S. A.*, hecho por Javier Andrés Tapia Sanzana (2016) para optar por el título de Ingeniería Civil Industrial en la Universidad Católica de la Santísima Concepción de Chile, se enfoca en analizar las causas históricas de los tiempos muertos con herramientas ingenieriles similares a las propuestas en el presente estudio, además enfatiza en la reducción de costos a través de la reducción de los tiempos muertos.

Otro antecedente es la tesis denominada: *Diseño de una metodología basada en una técnica inteligente para el análisis de los tiempos muertos de una línea de producción. Aplicación en una empresa del sector alimenticio de la zona centro de Colombia* y realizada por Diego Alejandro Garcés Pasuy (2017) para optar por el grado de Maestría de Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional de Colombia. El desarrollo de esta tesis se enfoca en la aplicación de 5 pasos según el autor, los cuales se detallan a continuación:

El primero corresponde a la recolección de la información en una base de datos; el segundo es la estandarización de la descripción de los fallos; el tercero es la aplicación de la minería de datos a partir de la información recolectada; el cuarto es la determinación del modelo matemático a aplicar; el quinto es concluir a partir de los resultados obtenidos (Garcés, 2017, p. 78).

Estos pasos se basan en una metodología similar a la que se aplica en el presente proyecto siguiendo los estándares establecidos para ejecutar un DMAIC.

Respecto al tercer antecedente, se trata de la tesis llamada: *Análisis y propuesta de mejora en la productividad de una empresa de impresión de etiquetas* y llevada a cabo por Luis Ángel Hernández Santos (2021) para optar por el grado de Maestría en

Ingeniería en Universidad Nacional Autónoma de México. En esta se efectúa un estudio de tiempos muertos asociado a fallos en impresiones; así, es el trabajo más parecido encontrado. Referente a esto, en la misma se aprecia cómo los tiempos muertos vinculados a estos fallos impactan directamente todas las líneas de producción y generan costos altos para la compañía. Adicional, cabe señalar que se implementan las mismas herramientas ingenieriles propuestas como base para el estudio de Philips Costa Rica.

Un cuarto antecedente es el trabajo de graduación de Ingeniería Industrial titulado: *Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas* y elaborado por Andrea Priscila Xitumul Álvarez (2009) en la Universidad de San Carlos de Guatemala. En relación con este, se expone lo siguiente:

El diseño de un sistema de control de la producción para la reducción de tiempos no productivos, es importante debido a que en los procesos automatizados, operar significa acompañar el desarrollo de la producción previendo y anticipándose a los problemas, manejando los imprevistos que ocurran con la materia prima, los equipos o la acción de sus compañeros en fases previas de la producción y la emisión automática de reportes que contengan la información de indicadores y datos exactos de dichas actividades que ocurran en una línea de producción y que esta a su vez ayude a la toma de decisiones (Xitumul, 2009, p. XVII).

El quinto antecedente encontrado con respecto a la reducción de tiempos muertos es la tesis para optar por el grado de Maestría en Sistemas de Información: Gestión y Tecnología en la Universidad Autónoma de Querétaro, desarrollada por José Antonio Camargo Flores (2022) y llamada: *Manejo eficiente de información técnica para minimizar tiempos muertos en líneas de producción*. Para esto, se emplea el manejo eficiente de información técnica y se concluye:

[...] los tiempos muertos de los procesos productivos son de los desperdicios más frecuentes dentro de las organizaciones, el uso de la tecnología es una herramienta para documentar, organizar, estructurar, analizar y estandarizar los procesos para abatir los tiempos muertos. El proceso incluye la selección,

adquisición, organización, interpretación, almacenamiento, recuperación y difusión de la información. La eficiencia global de los equipos como indicador muestra los parámetros de disponibilidad, desempeño y calidad (Camargo, 2022).

Este antecedente se relaciona directamente con el proyecto ya que analizar la tecnología utilizada es vital para la reducción de posibles fallos y tiempos muertos.

## **1.5 PROYECCIONES**

### **1.5.1 Alcances**

El estudio se lleva a cabo en la empresa médica Philips Costa Rica, ubicada en el Coyol de Alajuela, y se enfoca en la división llamada IGTD, específicamente en el proceso de empaque IGTD.

Con la implementación de mejoras en el proceso de impresión de etiquetas, se espera obtener una reducción en tiempos muertos en un 80 %, lo que a su vez se traduce en la mitigación en pagos de horas extras de hasta \$ 60 000 mensuales.

### **1.5.2 Limitaciones**

No se visualizan limitaciones durante el desarrollo del presente estudio.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## 2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Seguidamente, se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles tomados en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

### 2.1.1 Modelo DMAIC

De acuerdo con Socconini (2023):

La metodología 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 raíz, la implantación de mejoras y el establecimiento de medidas de control, los profesionales de *lean six sigma* pueden transformar retos complejos en oportunidades de crecimiento. DMAIC sirve como marco de referencia que permite a las organizaciones maximizar la eficiencia, reducir los defectos, mejorar la calidad y, en última instancia, ofrecer un valor superior a los clientes y las partes interesadas. Adoptar DMAIC no es solo una metodología; es un compromiso con la excelencia que puede llevar a las organizaciones a un viaje de mejora continua y excelencia operativa.

Figura 2.1: Metodología DMAIC



Fuente: Socconini, 2023.

### 2.1.2 Entrevistas

En cuanto a esta herramienta, Martínez (2024) señala:

Se conoce como entrevista la conversación que sostienen dos o más personas, en la que una parte hace preguntas y la otra responde. Todo ello con el fin de que la primera obtenga de la segunda información sobre un asunto particular.

En toda entrevista hay dos roles: el entrevistador y el entrevistado. El entrevistador es quien formula las preguntas y conduce la conversación. Puede encargarse también de introducir el tema y hacer el cierre a la entrevista.

El entrevistador plantea al entrevistado una serie de preguntas o asuntos con el objetivo de que exponga, explique o argumente su opinión, o simplemente brinde información o testimonio sobre determinado hecho.

La entrevista no es un diálogo casual que establecen dos o más personas, sino que supone un acuerdo previo de comunicación que tiene intereses y propósitos definidos, los cuales son del conocimiento de todos los participantes.

La entrevista es usada como instrumento en el periodismo, la medicina, la psicología, la selección de personal en una empresa, así como en diversas áreas de las ciencias humanas y sociales para realizar investigaciones.

### **2.1.3 Análisis FODA**

Según Raeburn (2024):

El análisis FODA (DAFO por sus siglas en español) permite identificar las fortalezas, las oportunidades, las debilidades y las amenazas de un proyecto específico o de un plan de negocios general. Con esta herramienta, se puede planificar estratégicamente y mantener a la vanguardia de las tendencias del mercado.

A continuación, se profundiza en cada una de sus siglas:

#### **Fortalezas**

Las fortalezas de FODA o DAFO hacen referencia a las iniciativas internas que funcionan bien. Se podrían comparar con otras iniciativas o con un costado competitivo externo. Al analizar estas áreas puedes entender qué es lo que ya funciona. Entonces, puedes aplicar esas técnicas que sabes que funcionan bien

—las fortalezas— en otras áreas que pueden necesitar un refuerzo extra como la mejora de la eficiencia del equipo (Raeburn, 2024).

### **Debilidades**

Las debilidades en FODA se refieren a las iniciativas internas que no funcionan como es debido. Es una buena idea analizar las fortalezas antes que las debilidades para generar referencias de lo que significan el éxito y el fracaso. La identificación de las debilidades internas ofrece un punto de partida desde el cual mejorar los proyectos (Raeburn, 2024).

### **Oportunidades**

Las oportunidades en FODA son el resultado de las fortalezas y las debilidades, junto con cualquier iniciativa externa que te colocará en una posición competitiva más sólida. Podría ser cualquier cosa, debilidades que quisieras mejorar o áreas que no se hubieran identificado en las primeras dos etapas del análisis (Raeburn, 2024).

### **Amenazas**

Las amenazas en FODA se refieren a las áreas que tienen el potencial de causar problemas. Difieren de las debilidades en que las amenazas son externas y, por lo general, están fuera de nuestro control. Pueden ser eventos como la pandemia o un cambio en el panorama competitivo (Raeburn, 2024).

Seguidamente, se muestra un ejemplo de un FODA realizado de forma teórica:

Figura 2.2: Ejemplo de un análisis FODA

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué es lo que hacemos bien?</li> <li>• ¿Qué hace que nuestra empresa sea especial?</li> </ul> <p><b>Servicio al cliente:</b> Nuestro servicio al cliente tiene una puntuación NPS de 90, lo que lo convierte en uno de los mejores del mundo en comparación con nuestros competidores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué se podría mejorar?</li> <li>• ¿Qué recursos podrían mejorar nuestro desempeño?</li> </ul> <p><b>Visibilidad del comercio electrónico:</b> Debido a la falta de presupuesto de marketing, la visibilidad de nuestro sitio web es muy baja, por lo que el número de transacciones sigue disminuyendo.</p>
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Existen brechas de mercado en nuestros servicios?</li> <li>• ¿Cuáles son nuestras metas para este año?</li> </ul> <p><b>Campaña de marketing:</b> Para mejorar la visibilidad en internet de la empresa, publicaremos anuncios en YouTube, Facebook e Instagram.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Ha habido cambios en el sector?</li> <li>• ¿Cuáles son las nuevas tendencias del mercado?</li> </ul> <p><b>Nuevo competidor:</b> Se lanzará al mercado un nuevo negocio de comercio electrónico el próximo mes. Debido a este nuevo competidor, podríamos experimentar</p>

Fuente: Raeburn, 2024.

### 2.1.4 Matriz estratégica DOFA

Respecto a esta matriz, Ramírez (2023) indica:

[...] (también conocida como matriz FODA) es un recurso estratégico que permite analizar los factores internos y externos que afectan una situación actual, ya sea de una empresa o un proyecto personal. La DOFA es el acrónimo de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, es una herramienta mediante la cual se construye una visión completa y crítica del contexto actual de la empresa o en el que se desenvuelve una idea o proyecto empresarial.

La DOFA se considera una herramienta de gestión que permite analizar y diagnosticar puntos fuertes y débiles, así como, las tendencias del mercado con el fin de establecer y enfocar las ventajas competitivas con las que se cuenta o las que se pueden alcanzar al identificar las oportunidades en el análisis del entorno.

Figura 2.3: Matriz DAFO

## Componentes de la matriz



Fuente: Ramírez, 2023.

### 2.1.5 Análisis stakeholders

Con relación a esta herramienta, Méndez (2020) expone:

Los grupos de interés o *stakeholders* es un grupo de personas que tienen objetivos propios y que debido a que quieren conseguirlos, se les vincula a la actuación de la empresa. Es decir, que este grupo de personas (accionistas, empleados, socios, acreedores, directivos, etc.) está pendiente de las acciones que toma una empresa porque le interesa.

Este análisis implica los siguientes pasos:

- PASO 1: Identificar el grupo de interés y sus objetivos.

Podemos tener tanto grupos internos y externos.

- Internos. Se incluyen accionistas, directivos y trabajadores (empleados).
- Externos. Se incluyen a clientes, sindicatos, comunidad, etc.

- PASO 2: Valorar la importancia del grupo.

Cada grupo tendrá cierta relevancia para una empresa o para otra. Podemos identificar 3 características relevantes para valorar:

- El poder: imponer objetivos sobre otros.
- La legitimidad: que sus objetivos son valorables y aceptados según la sociedad.
- La urgencia: el interés de un grupo para poder conseguir sus objetivos.
- PASO 3: Implicaciones para la dirección de la empresa.

Si los objetivos que han marcado un determinado grupo de interés son de real interés para la empresa, quizá tiene una alta posibilidad de que se priorice dichos objetivos frente a otros que no tienen tanta. No obstante, se debe buscar el equilibrio entre los objetivos marcados entre los diferentes grupos (Méndez, 2020).

### **2.1.6 Árbol de CTQ**

Referente a los árboles CTQ, Ricardo (2010) establece:

[...] ayudan a las empresas a tomar las necesidades de los clientes y profundizar en requisitos específicos y procesables para productos o procesos. Estos requisitos se pueden tomar y utilizar para entregar productos que cumplan con las expectativas del cliente y aseguren su satisfacción. Los árboles CTQ están diseñados para ayudar a las organizaciones a lograr un proceso mapeado para el control de calidad, ahorrando así dinero y asegurando productos que satisfacen una necesidad o demanda. Sin embargo, los árboles CTQ no se limitan solo al diseño y la fabricación de productos. También se pueden construir para ayudar a crear mejores procesos de servicio al cliente, flujos de ventas o entrega de productos.

Los árboles críticos para la calidad juegan un papel crucial en la comprensión de los deseos y necesidades del cliente en un producto o servicio y en convertir esos requisitos en parámetros operativos para garantizar la satisfacción del cliente. Para comenzar, identifique lo que quieren los clientes a través de encuestas, grupos focales, redes sociales u otros canales. Comprenda los requisitos del cliente y priorice de más críticos a menos críticos. Algunos requisitos pueden ser esenciales, mientras que otros pueden ser menos importantes. Una vez que se hayan determinado los requisitos, asigne un

parámetro procesable que ayude a cumplir con esos requisitos. Ilustrar este plan usando un árbol CTQ le da a la empresa un recordatorio visual de las necesidades del cliente y cómo se pueden lograr.

### **2.1.7 Diagrama de flujo**

LinkedIn (2023) menciona sobre este diagrama lo siguiente:

El diagrama de flujo, también conocido como flujograma, consiste en la representación gráfica de un proceso en cualquier tipo de actividad. Es una representación gráfica de la secuencia de pasos que se realizan para obtener un resultado concreto, que podría ser un producto, un servicio o una combinación de ambos. Hay varias formas válidas de desarrollarlo: a través de dibujos, símbolos ingenieriles o figuras geométricas, por ejemplo. Se utilice el método que se utilice, siempre ha de ir acompañado de una clave o leyenda que explique qué significa cada uno de ellos. Es un método de comunicación muy sencillo y claro, pues permite poner en común conocimientos individuales sobre un proceso y facilita la comprensión general, permite entender cómo funciona un proceso exactamente y es muy útil cuando queremos aplicar alguna mejora.

### **2.1.8 Gemba walk**

De acuerdo con Abreu (2023):

El término *gemba* proviene del japonés y significa 'lugar real'. De esta manera, el *gemba walk* consiste en un ejercicio de caminar por la planta de producción y observar los procesos. Esta práctica forma parte de la metodología de gestión *lean*.

Los pasos para implementar un *gemba walk* son:

#### **1. Definir el lugar y el tema**

Evaluar todos los procesos y áreas simultáneamente carece de sentido, es fundamental identificar y priorizar los entornos que requieren una evaluación más inmediata antes de emprender la caminata. Asimismo, resulta imperativo definir con claridad los objetivos de la observación, es decir, lo que buscas lograr al visualizar cada situación.

## 2. Preparar al equipo

La segunda fase del *gemba walk* implica la preparación del equipo. Es fundamental comunicar al sector sobre la inminente visita y explicar claramente el propósito detrás de la misma. Esta preparación es esencial porque es posible que el equipo perciba la observación como una evaluación personal o juicio. Al proporcionar una explicación detallada de la práctica, se logra que todos se sientan más cómodos, lo que, a su vez, contribuye a que la observación sea más productiva.

## 3. Evaluar los procesos

En esta etapa, se lleva a cabo la evaluación de los procesos. Durante este momento, el gestor analiza el desarrollo de los procesos y verifica la conformidad con los estándares establecidos.

## 4. Toma apuntes detallados

La toma de notas es una herramienta fundamental en el *gemba walk*. Registra cuidadosamente los aspectos clave que se perciben durante la experiencia.

## 5. Comparte los resultados con el equipo

Una vez completados los cuatro pasos previos, llega el momento de difundir los resultados con el equipo. Llevar a cabo esta etapa al concluir la caminata *gemba* o después de revisar detenidamente las notas (Abreu, 2023).

### **2.1.9 Mapa de procesos**

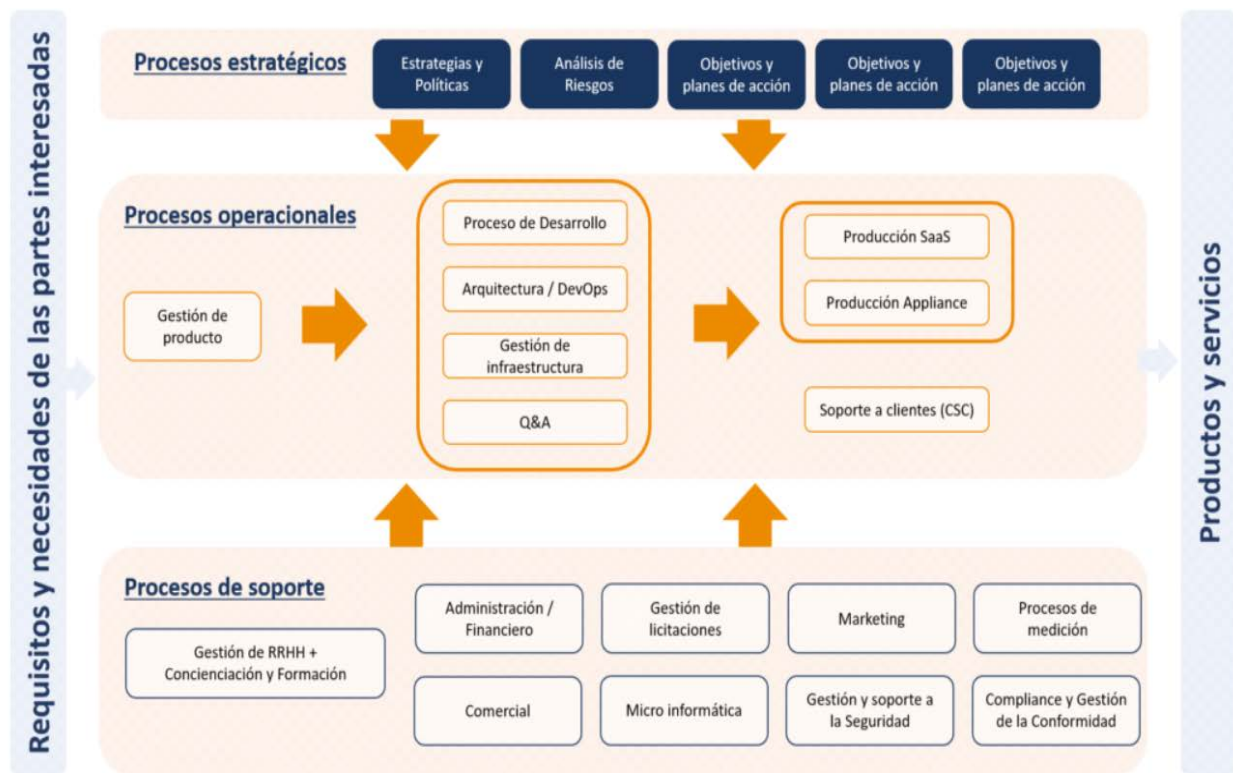
En cuanto al mapa de procesos, Alonso (2023) indica:

Todas las organizaciones se componen de múltiples actividades que permiten el correcto funcionamiento de la compañía, tanto a nivel interno como externo (mapa de procesos). Es común que estas actividades estén agrupadas en bloques según sea el objetivo a alcanzar con su consecución. Es decir, en las empresas existe una serie de actividades organizadas para realizar un proceso, y este a su vez se complementa con otros procesos para conseguir prestar los servicios/productos del negocio. [...]

Al igual que existen relaciones entre las actividades empresariales, existen relaciones entre los procesos, siendo la definición de esta interrelación el mapa de procesos de la organización.

El mapa de procesos permite representar los procesos y sus interrelaciones. La tarea principal para llevarlo a cabo consiste en identificar los procesos de la empresa y relacionar unos procesos con otros según su orden de ejecución, de manera estructurada.

Figura 2.4: Ejemplo de un mapa de procesos



Fuente: Alonso, 2023.

### 2.1.10 Diagrama SIPOC

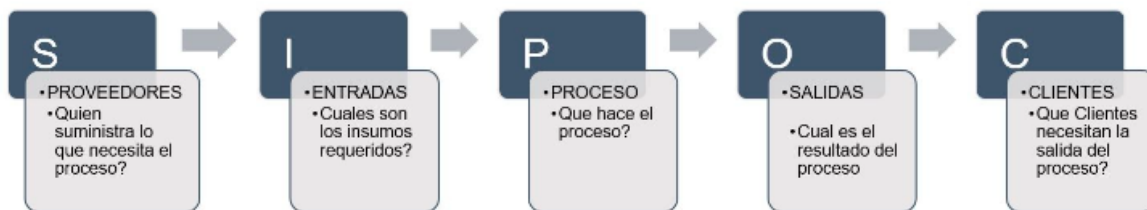
Ortega (2024b) explica referente a este tipo de diagrama lo siguiente:

Un diagrama SIPOC es una herramienta útil para visualizar y comprender un proceso de negocio. [...]

Permite identificar los elementos clave del proceso, incluyendo proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes, y proporciona una visión general de cómo se relacionan estos elementos.

Al utilizar un diagrama SIPOC, las empresas pueden identificar oportunidades de mejora y optimizar sus procesos para mejorar la eficiencia y la calidad.

Figura 2.5: Ejemplo de un diagrama SIPOC



Fuente: Niño, 2021.

### 2.1.11 Análisis estadístico

Según Ortega (2024a):

El análisis estadístico es una herramienta que se utiliza para examinar y comprender los datos. Se trata de un conjunto de técnicas y métodos que permiten organizar, describir, analizar e interpretar los datos para obtener información significativa y útil.

El análisis estadístico se produce cuando recogemos e interpretamos datos con la intención de identificar patrones y tendencias; esto significa que, si bien es un tipo de análisis de datos en sí mismo, se aborda con un ángulo interpretativo que resulta útil para tomar decisiones concretas y comprender a los clientes potenciales de una empresa, su comportamiento y sus experiencias.

Hoy en día, la estadística es una herramienta que no puede faltar para analizar los datos de una investigación, porque desde la concepción de la idea de lo que se va a investigar, pasando por la definición de objetivos, hipótesis, variables, recolección de los datos, organización, revisión, clasificación, tabulación y producción de los resultados para el análisis es importante saber dar

un uso adecuado a las diferentes medidas y modelos estadísticos para el análisis.

Figura 2.6: Ventajas de un análisis estadístico



Fuente: Ortega, 2024a.

### 2.1.12 Análisis de correlación

Respecto a este análisis, Alquicira (2017) menciona:

El análisis de correlación consiste en un procedimiento estadístico para determinar si dos variables están relacionadas o no. El resultado del análisis es un coeficiente de correlación que puede tomar valores entre  $-1$  y  $+1$ . El signo indica el tipo de correlación entre las dos variables. Un signo positivo indica que existe una relación positiva entre las dos variables; es decir, cuando la magnitud de una incrementa, la otra también. Un signo negativo indica que existe una relación negativa entre las dos variables. Mientras los valores de una incrementan, los de la segunda variable disminuyen. Si dos variables son independientes, el coeficiente de correlación es de magnitud cero. La fuerza de la relación lineal incrementa a medida que el coeficiente de correlación se aproxima a  $-1$  o a  $+1$ .

### 2.1.13 Diagrama de caja

Con relación a esta herramienta, Rodó (2020) indica:

Un diagrama de caja, del inglés, *boxplot*, es una representación de una variable cuantitativa o categórica con el propósito de identificar rápidamente los cuartiles del conjunto de datos.

En otras palabras, un diagrama de caja es un gráfico que representa una variable cuantitativa o cualitativa a través de los cuartiles. [...]

Un diagrama de caja no es nada más que un histograma visto por encima y, de la misma forma, un histograma es un diagrama de caja visto desde un lado. A continuación, se puede ver un ejemplo.

La primera característica que comparten ambos gráficos es el mínimo y el máximo del conjunto de datos. Las barras del extremo después de los guiones indican el mínimo (barras inferior) y el máximo (barras superior). Los datos atípicos estarían representados fuera del intervalo del máximo y el mínimo. Es decir, más allá de las barras después de los guiones.

Figura 2.7: Ejemplo de un diagrama de cajas

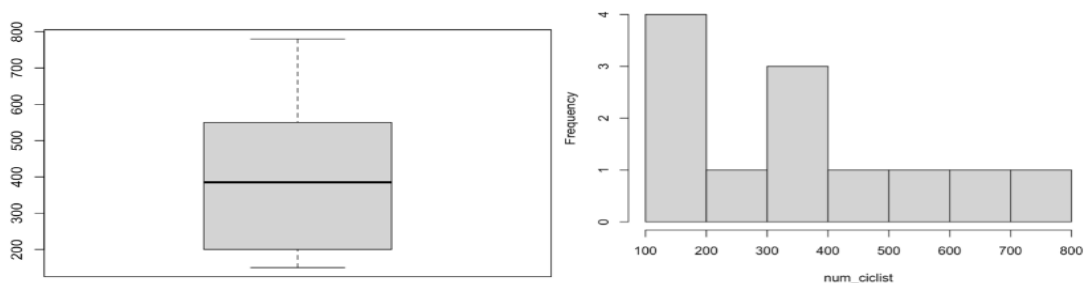


Diagrama de barras (izquierda) y histograma (derecha)

Fuente: Rodó, 2020.

### 2.1.14 Lluvia de ideas

Editorial Etecé (2022) brinda la siguiente definición:

La lluvia de ideas, popularmente conocida como *brainstorming* (del inglés “tormenta mental” o “tormenta de ideas”), es una técnica de trabajo grupal que consiste en proponer libremente ideas y asociaciones a partir de un concepto

determinado, con el propósito de obtener ideas innovadoras y perspectivas originales.

Además, las características de una lluvia de ideas son:

- Reunir a un grupo de personas en torno a un único tema de reflexión, bajo la premisa de aportar todas las ideas que tengan sobre el tema. Estos grupos pueden variar en número de participantes, pero debe ser un número manejable, que permita una atmósfera de confianza y libertad.
- Fomentar la producción de ideas libres de juicio, o sea, la creatividad pura y sin filtros, para luego elegir las ideas más prometedoras y pasar al debate.
- Sacar provecho a la diversidad del grupo de participantes y a la posibilidad de crear sobre lo que otro ha imaginado primero.
- Requerir de un moderador y un código de respeto para evitar el desorden en la interacción entre los participantes. Se aspira a tener un caos creativo, donde el ego y las situaciones sociales ocupen un mínimo lugar.
- Tener una duración de tiempo determinada (usualmente entre 60 y 90 minutos) (Editorial Etecé, 2022).

Figura 2.8: Ventajas y desventajas de la lluvia de ideas

Ventajas del brainstorming	Desventajas del brainstorming
Se obtienen muchas ideas en un corto período de tiempo.	Puede convertirse en una experiencia caótica y frustrante si no se tienen reglas claras.
Se obtienen ideas mucho más atrevidas y libres que en un contexto más formal.	La experiencia puede ser monopolizada por unos pocos participantes, mientras el resto apenas contempla.
Se trabaja en conjunto y se fomenta la horizontalidad en el equipo.	Requiere de un margen de confianza entre los participantes que no siempre es fácil de crear.
Se promueve el pensamiento original y "afuera de la caja".	Existe el riesgo de dar muchas vueltas y no llegar a nada.

Fuente: Niño, 2021.

### 2.1.15 Diagrama de Ishikawa

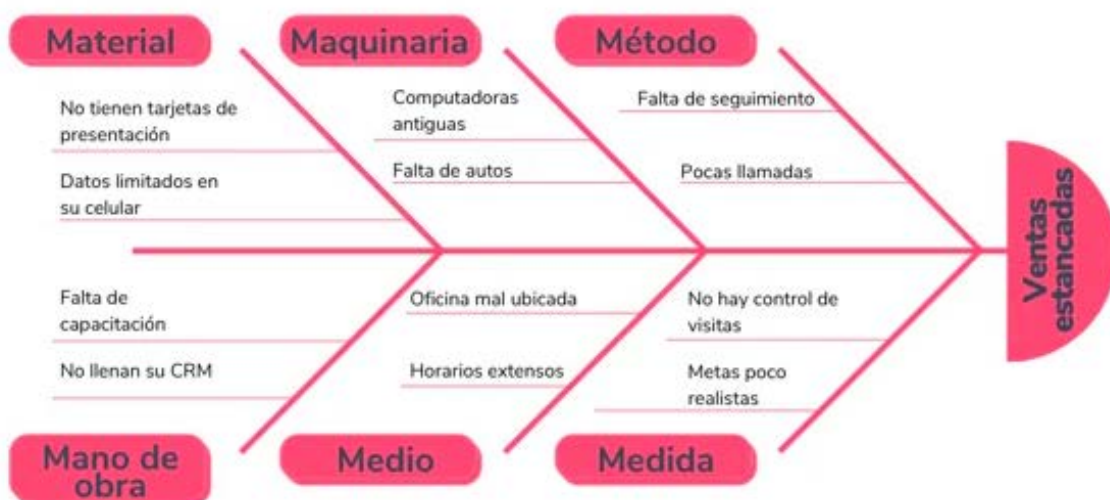
Faria (2023) define esta herramienta a continuación:

El diagrama de causa y efecto, también llamado “diagrama de Ishikawa” o “diagrama de espina de pescado”, tiene como objetivo facilitar la identificación de las causas de los problemas que deben ser resueltos o incluso los factores que conducen a un determinado resultado que queremos obtener a través de la representación gráfica.

Para elaborar el diagrama, Ishikawa definió las llamadas “causas raíz” de cualquier problema, que también se denominan las 6 M: “mano de obra”, cualquier factor relacionado con el error humano o relacionado con las personas; “materiales”: problemas o factores relacionados con componentes, insumos o materias primas; “maquinaria”: problemas o factores relacionados con los equipos; “métodos”: problemas o factores relacionados con los métodos; “medio ambiente” significa problemas o factores relacionados con el medio ambiente o la ubicación; “medición”, problemas o factores relacionados con el control del proceso, el monitoreo (Faria, 2023).

Seguidamente, se muestra un ejemplo de un diagrama completo para ventas estancadas:

Figura 2.9: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa



Fuente: Rodrigues, 2024.

### 2.1.16 Matriz multivoto

Referente a esta matriz, Aiteco Consultores (2019) señala:

La multivotación es un procedimiento sencillo y estructurado que se aplica para seleccionar, de entre una amplia lista de elementos, aquellos que son más significativos y merecen mayor consideración.

Cuando disponemos de una gran cantidad de ideas u opciones la dificultad estriba en trabajar con ese alto número. Con la multivotación, esa amplia gama de elementos se reduce, lo que permite al equipo centrarse en unas pocas, más apropiadas e importantes.

Con este fin, la técnica (Scholtes, Joiner y Streibel, 2003), opera mediante una serie de votaciones, donde cada una de ellas reduce la lista en una cantidad especificada, generalmente la tercera parte.

Un caso típico de aplicación de la multivotación es tras de una sesión de *brainstorming*, o de otras técnicas de generación de ideas, como el método 635.

Por su parte, los pasos para crear una matriz multivoto son:

- Numerar los elementos

En primer lugar, asigne un número a cada una de las ideas o elementos que componen las listas. Esto facilitará el trabajo posterior. Utilice para ello una pizarra, panel u hojas de rotafolios adosadas en la pared de forma que todos los elementos estén claramente visibles. También puede utilizarse la proyección de una tabla (documento u hoja de cálculo).

Al mismo tiempo, asegure que todas las personas del grupo comprenden el significado de cada idea.

- Eliminar duplicidades y combinar ideas

En caso de que se identifiquen ideas duplicadas, quitar dichas duplicidades.

Al mismo tiempo, y mientras se revisa la lista, combinar las ideas similares. Esto último se llevará a cabo solo si hay consenso entre los miembros del grupo.

- Primera ronda de la multivotación

Tener en cuenta que el objetivo es seleccionar los elementos más relevantes de la lista.

En la multivotación, a cada miembro del equipo se le asigna un número de votos que es igual a la tercera parte del número total de elementos de la lista. Por ejemplo, si la lista es de 90 elementos, cada participante dispondrá de 30 votos.

Cada participante puede aplicar los votos a razón de uno, y no más de uno, por idea. Deben utilizarse todos los votos asignados.

Los votos pueden consistir en etiquetas adhesivas, que cada participante situaría junto a los elementos votados. Otro modo es que el moderador pregunte a cada participante por la asignación de votos y, entonces, marque los distintos elementos que reciben voto.

- Descartar los elementos con menos votos

Se escribe, junto a cada elemento, el número de votos obtenido. Finalizada la votación se procede a eliminar los elementos menos votados. Para ello, se utilizan los siguientes criterios:

- En un equipo con hasta 5 miembros se eliminan los elementos que reciben 2 votos o menos.
- En el caso de un grupo de 6 a 15 miembros, se suprimen aquellos con 3 o menos votos.
- Si en el grupo hay más de 15 personas, se eliminan los que reciben 4 o menos votos.

Antes de dar por definitiva esta supresión de elementos, es conveniente preguntar al grupo si considera que hay que mantener alguno de los excluidos. Si hay consenso al respecto, se mantendrían para la segunda ronda.

- Repetir el procedimiento de multivotación

Se repite el procedimiento anterior hasta que la lista se ha reducido a un tamaño suficiente para que emerjan las mejores alternativas.

- Analizar las mejores alternativas

Cuando la lista se ha reducido lo suficiente, el equipo podrá centrar la discusión en unos pocos elementos para decidir cuáles tienen mayor prelación. Esta prioridad puede determinarse con una herramienta como la matriz de priorización (Aiteco Consultores, 2019).

Figura 2.10: Ejemplo de una matriz multivoto

Tema	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Orden y limpieza	5	4	1	1	5	4
Entrenamiento del personal	4	3	1	2	3	5
Eliminación de desperdicios	3	2	3	4	2	5
Clima organizacional	3	1	2	3	2	4
Reparación de infraestructura	5	1	5	5	1	3

Fuente: Aiteco Consultores, 2019.

### 2.1.17 Escala de Likert

Con relación a esta herramienta, Hammond (2024) establece:

La escala Likert fue creada hace más de un siglo por el afamado psicólogo Rensis Likert, sigue siendo una de las herramientas más relevantes, tanto en las ciencias sociales como en los procesos de *marketing*. La escala de Likert contiene preguntas concretas y de opción múltiple que pueden contestarse con facilidad, las cuales te ayudan a recolectar datos, sencillos de interpretar por métodos estadísticos.

Generalmente, consta de 5 opciones de respuesta: dos opciones negativas, una opción neutra o intermedia y dos opciones positivas. Incluso puede elaborarse incluyendo solo 3 opciones de respuesta o incluso 7 (esto último no se recomienda porque la persona encuestada puede confundirse).

Figura 2.11: Ejemplo de una escala Likert



Fuente: Hammond, 2024.

### 2.1.18 Diagrama de Pareto

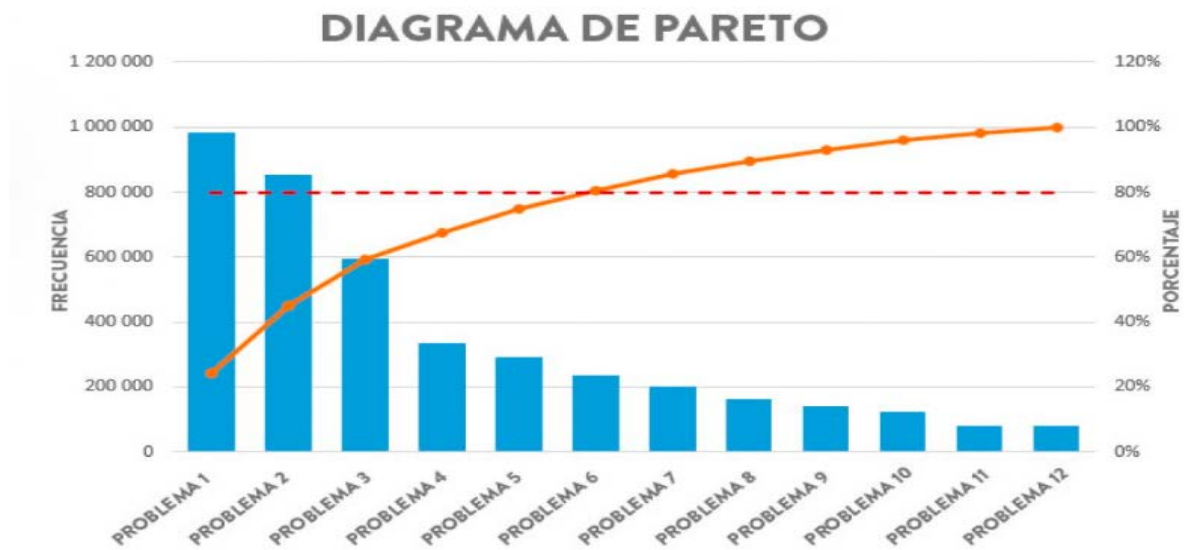
En cuanto a este diagrama, González (2023) explica:

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis de datos que se utiliza para identificar y priorizar los problemas o las causas que contribuyen a los problemas en un proceso o sistema. [...]

El diagrama de Pareto se basa en el principio de que el 80 % de los problemas son causados por el 20 % de las causas. En otras palabras, la mayoría de los problemas provienen de una minoría de las causas. Por lo tanto, si se identifican y se abordan las causas más importantes, se puede lograr una mejora significativa en la calidad o la eficiencia del proceso.

Para crear un diagrama de Pareto, se debe recopilar y analizar datos sobre los problemas o las causas que se están estudiando. Luego, se ordenan las causas de mayor a menor según su frecuencia o impacto. Esto se representa gráficamente en un diagrama de barras en el que las barras se ordenan de izquierda a derecha en orden descendente de importancia. Además, se agrega una línea que muestra la acumulación porcentual del total de las causas.

Figura 2.12: Ejemplo de un diagrama de Pareto



Fuente: González, 2023.

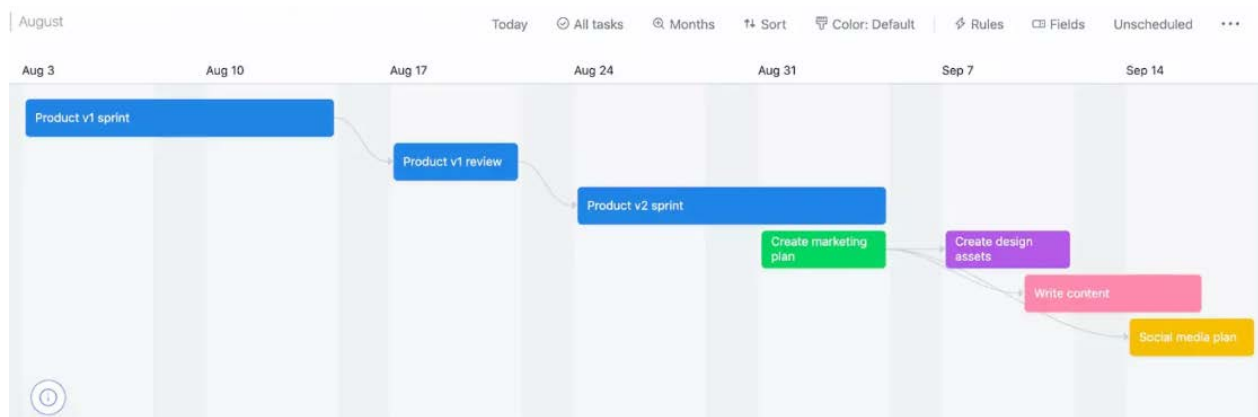
### 2.1.19 Diagrama de Gantt

Martins (2022) expone al respecto:

El diagrama de Gantt, muy usado en la gestión de proyectos, es un gráfico de barras horizontales que se usa para ilustrar el cronograma de un proyecto, programa o trabajo. Es una forma de visualizar la programación de tu proyecto, de dar seguimiento a los logros y de estar siempre familiarizado con el cronograma de tu trabajo. Cada barra de un diagrama de Gantt representa una etapa del proceso (o una tarea del proyecto) y su longitud, la duración de la tarea. Cuando los miras en perspectiva, los diagramas de Gantt ofrecen a los miembros del equipo un panorama general acerca de cuál es el trabajo que hay que hacer, quién lo hace y cuándo. [...]

Lo ideal sería usar los diagramas de Gantt con tareas que contengan fechas de inicio y finalización, para que aparezcan como barras en el diagrama, en vez de como momentos específicos.

Figura 2.13: Ejemplo de un diagrama de Gantt



Fuente: Martins, 2022.

### 2.1.20 KPI

Con relación a esta herramienta, Blanco (2017) señala:

El término KPI, siglas en inglés, de *key performance indicator*, cuyo significado en castellano vendría a ser indicador clave de desempeño o medidor de desempeño, hace referencia a una serie de métricas que se utilizan para sintetizar la información sobre la eficacia y productividad de las acciones que se lleven a cabo en un negocio con el fin de poder tomar decisiones y determinar aquellas que han sido más efectivas a la hora de cumplir con los objetivos marcados en un proceso o proyecto concreto. Los KPI también son conocidos como indicadores de calidad o indicadores clave de negocio que pueden ser utilizados y aplicables en cualquier área de negocio y sector productivo. El objetivo último de un KPI es ayudar a tomar mejores decisiones respecto al estado actual de un proceso, proyecto, estrategia o campaña y de esta forma, poder definir una línea de acción futura.

### 2.1.21 Plan de comunicación

De acuerdo con Martins (2022):

En la gestión de proyectos, un plan de comunicaciones es un esquema de cómo se comunicará, a los integrantes clave, la información importante del proyecto que vaya surgiendo continuamente. Incluye tanto el plan de comunicación interna como el plan de comunicación externa. El objetivo del plan de comunicación

digital (ya sea *online* u *offline*) es que el equipo entienda quién debería recibir qué notificaciones y cuándo corresponde poner en tema a los demás integrantes del proyecto.

Asimismo, Martins (2022) detalla los dos tipos de plan de comunicación citados:

- **Plan de comunicación interna**

Sirve como una herramienta clave para mejorar la eficiencia operativa, fortalecer la cohesión del equipo y promover una cultura de transparencia y confianza dentro de la organización. Se centra en facilitar el intercambio de información y conocimiento entre los miembros de un mismo equipo. Es uno de los elementos que no debe faltar en el análisis DAFO de una empresa. Este tipo de plan asegura que los empleados estén informados sobre los objetivos, valores y cambios dentro de la empresa, lo que contribuye a aumentar su compromiso y productividad. Además, fomenta la participación activa de los mismos al proporcionarles un canal para expresar sus opiniones y contribuir al proceso de toma de decisiones.

- **Plan de comunicación externa**

Desempeña un papel fundamental en la creación de una imagen de marca sólida, la generación de confianza y lealtad entre los clientes, y el impulso del crecimiento y la sostenibilidad del negocio. Este tipo de plan utiliza una variedad de vías de comunicación, como medios de comunicación, redes sociales, eventos y relaciones públicas, para transmitir mensajes clave y establecer una conexión emocional con el *buyer* persona, o cliente ideal. Al comprender las necesidades y expectativas de los diferentes grupos de interés, el plan de comunicación externa puede ayudar a construir relaciones sólidas y duraderas con los clientes y mejorar la reputación de la empresa en el mercado o de tu marca personal, si eres emprendedor. Se enfoca en la relación de la empresa con su entorno externo, incluyendo clientes, proveedores, accionistas y su comunidad en general. Su objetivo principal es construir y mantener una imagen positiva de la marca, así como gestionar eficazmente la percepción del público sobre la empresa.

### 2.1.22 Técnica de calidad poka-yoke

Referente al *poka-yoke*, Velling (2020) menciona:

La técnica *poka-yoke* tiene su origen en Japón. Un ingeniero industrial llamado Shigeo Shingo desarrolló este método mientras trabajaba en Toyota. Desarrolló las pautas para detectar los defectos en su origen, así como los métodos para corregirlos. La mayoría de los estudios competitivos han descubierto que entre el 70 y el 100 % de los incidentes de fabricación se deben a errores humanos. Esto puede suceder incluso con la persona más capacitada y con más experiencia. Existen muchas razones para estos errores. Es importante reducirlos para reducir el desperdicio y maximizar la productividad.

La fabricación eficiente tiene como objetivo reducir siete tipos diferentes de desperdicios en la fabricación, sugiere siete conceptos y herramientas de producción para mejorar nuestros procesos. Uno de los métodos de manufactura esbelta es el *poka-yoke*. *Poka-yoke* es un término japonés que significa a prueba de errores, su objetivo es reducir el número de defectos, así como los incidentes que ocurren debido a acciones inadvertidas realizadas por humanos al trabajar. Inicialmente, los japoneses desarrollaron esta técnica para la fabricación, pero debido a su naturaleza versátil y la necesidad de prevención de errores, pronto se utilizó en muchas otras industrias.

## **2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA**

A continuación, se exponen los detalles más importantes de la empresa Philips, donde se realiza el estudio.

### **2.2.1 Visión/misión**

La visión y misión de la empresa se muestran seguidamente.

#### **Visión**

En Philips, nos esforzamos por hacer que el mundo sea más saludable y sostenible a través de la innovación. Nuestro objetivo es mejorar las vidas de 3 mil millones de personas al año para el año 2025. Mejoramos la calidad de vida de las personas mediante innovaciones significativas habilitadas por la tecnología (Philips, 2023).

#### **Misión**

“Mejorar la salud y el bienestar de las personas a través de una innovación significativa. Nuestro objetivo es mejorar 2500 millones de vidas al año para 2030, entre ellas, 400 millones de vidas en comunidades desatendidas” (Philips, 2023).

### **2.2.2 Antecedentes históricos**

En Philips, se colabora con las partes interesadas para promover las prioridades ambientales, sociales y de gobierno corporativo, y lograr un impacto global. En cuanto a esto, sobre la base del compromiso con la sostenibilidad, que se remonta desde la fundación, se ha generado el siguiente paso al adoptar un enfoque totalmente integrado para hacer negocios de forma responsable y sostenible (Philips, 2023).

El orgullo en la herencia de innovación pionera, que se remonta a casi 130 años atrás, define a la empresa. Adicional, la innovación significativa, centrada en las necesidades de los clientes, continúa siendo el centro de lo que se hace. Sin embargo, en un sector tan cambiante como el médico, rara vez se puede innovar de forma aislada. Esto significa colaborar con profesionales de la salud, empresas emergentes, universidades (especialmente hospitales universitarios) y otras compañías. El éxito continuo de la

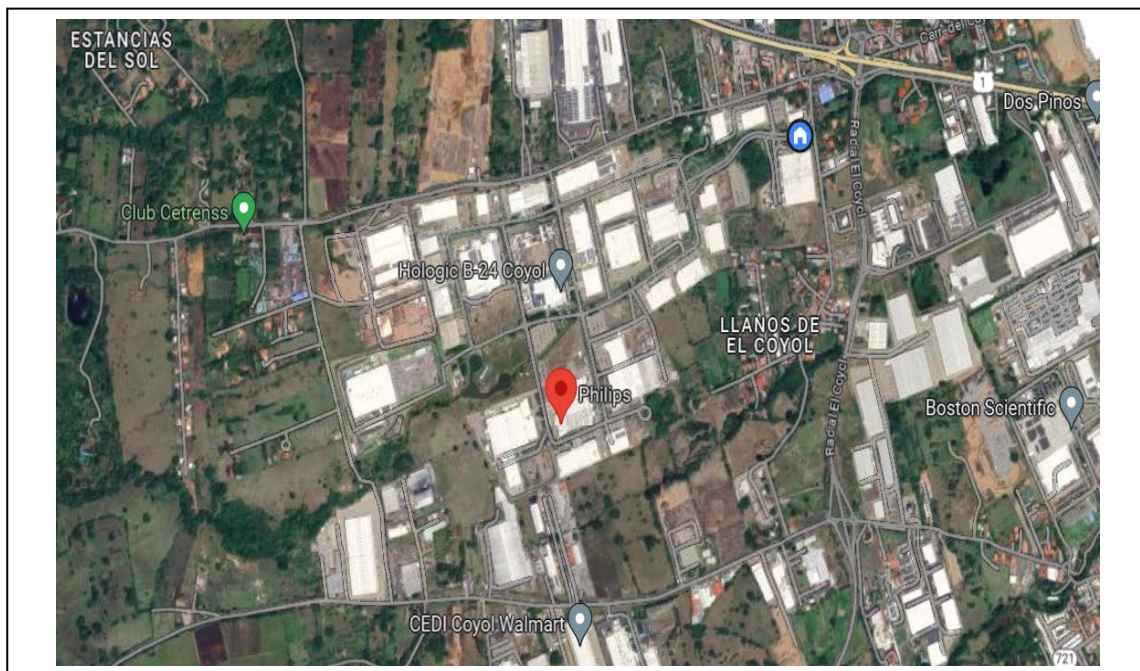
empresa depende de que cada empleado se sienta valorado, respetado y capacitado para contribuir plenamente (Philips, 2023).

Además, la empresa Philips Medical adquiere a la empresa Volcano Medical hace 10 años, de este modo consolida sus exportaciones desde Costa Rica. Se trata de una empresa transnacional, por lo que todo lo producido se debe exportar. Por último, se ubica en la Zona Franca Coyoil, en el edificio B37.

### 2.2.3 Ubicación geográfica

La ubicación de la empresa es Zona Franca Coyoil, S. A., edificio B37, en la provincia de Alajuela.

Figura 2.14: Mapa satelital de Philips Costa Rica

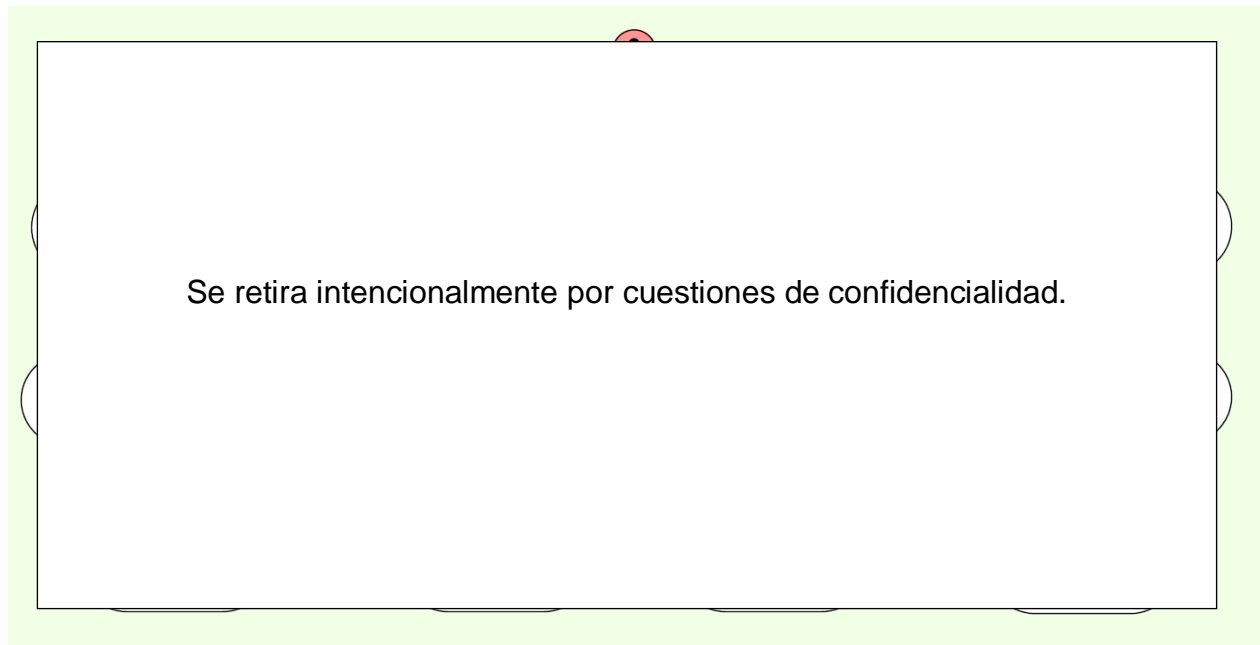


Fuente: Google Maps, 2024.

### 2.2.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación:

Figura 2.15: Organigrama de Philips Costa Rica



Fuente: RR.HH. Philips, 2024.

### 2.2.5 Cantidad de empleados

La empresa Philips cuenta con más de 80 000 empleados en más de 100 países, con diferentes orígenes, perspectivas y experiencias. Philips se enfoca en mejorar el bienestar y la salud de los empleados de manera proactiva y holística al ofrecer una gama de servicios profesionales y programas de apoyo entre pares que brindan una valiosa ayuda durante todo el año (Philips, 2023).

- **Empleados en Costa Rica**

Philips Costa Rica se encuentra en constante crecimiento por lo que el número de empleados crece con el pasar de los meses. No obstante, según el último reporte, hay un aproximado de 2783 personas activas que laboran en distintos puestos y horarios.

La cantidad de empleados por área se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área

Área	Cantidad
Wires	835
Catheters	741
Áreas administrativas	274
Áreas fuera de IGTD	933
<b>Total</b>	<b>2783</b>

Fuente: RR.HH. Philips, 2024.

### 2.2.6 Tipos de productos

La división IGTD en Philips Costa Rica se enfoca en el desarrollo de dispositivos médicos, aunque alrededor del mundo también maneja una diversidad de productos bajo su división de accesorios.

Esta división se encuentra conformada por dos grandes áreas, una de ellas es Wires, la cual se encarga de fabricar dispositivos de diagnóstico médico con el fin de poder localizar obstrucciones dentro de las cavidades sanguíneas y, así, tratarlas de manera adecuada. La otra área es Catheters, dedicada a la fabricación de catéteres y otros equipos de diagnosis para diferentes aplicaciones médicas.

En la siguiente tabla se observan los distintos productos fabricados en cada una de las áreas:

Tabla 2.2: Tipos de productos manufacturados en IGTD

Área
Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Fuente: RR.HH. Philips, 2024.

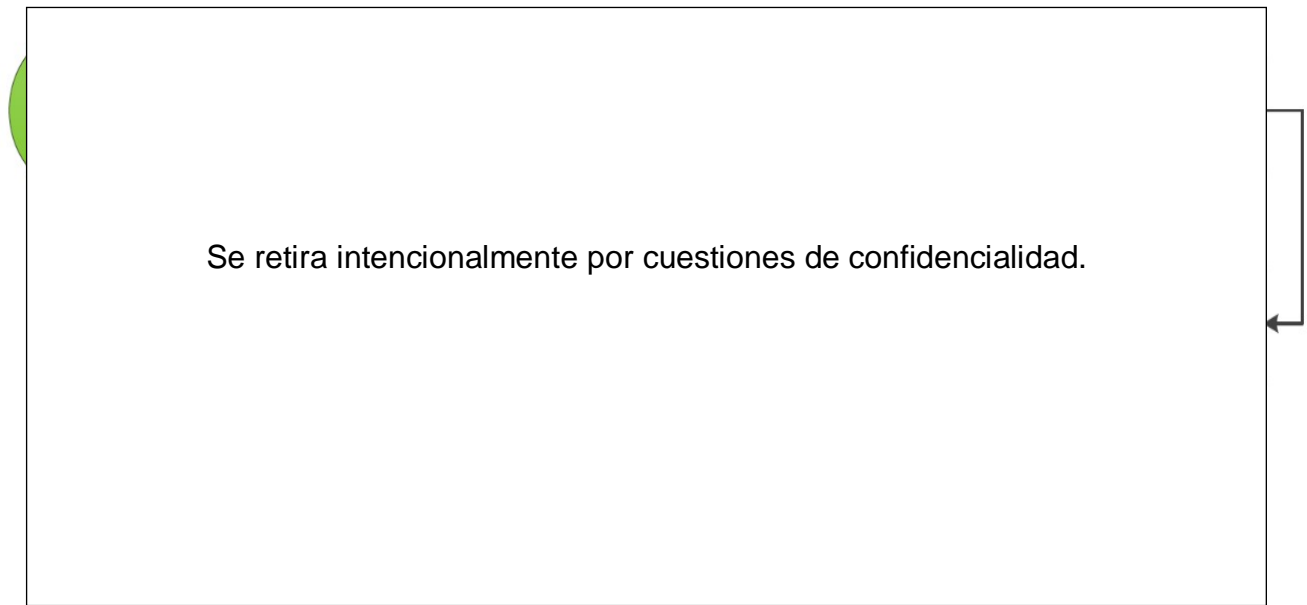
### 2.2.7 Mercado de exportación

La empresa Philips se encuentra bajo un régimen de zona franca, por lo tanto, todo lo que produce se exporta a clientes internacionales.

### 2.2.8 Descripción general del proceso productivo

A continuación, se aprecia el diagrama de flujo general de IGTD:

Figura 2.16: Diagrama de flujo general



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con relación a la manufactura de los productos fabricados en Philips Costa Rica, se debe comprender las actividades y procesos por seguir a lo largo de todo el proceso productivo.

De esta manera, se empieza por el proceso de solicitar las materias primas a bodega. Acá se seleccionan los materiales según el tipo de producto y la estructura para la fabricación de cada producto. Luego, se realiza la distribución de los materiales a las diferentes líneas de producción para comenzar los procesos.

Se debe preparar la documentación con los aspectos necesarios para la fabricación de inicio a fin de cada producto. Por eso, es importante identificar correctamente cada material acorde a su producto y, después, iniciar con el subensamble de los materiales.

En esta parte del proceso se empieza a dar forma a distintos componentes y partes por utilizar más adelante.

Todos los productos tienen sus respectivos documentos que indican cómo se debe ejecutar cada una de las operaciones para poder lograr el ensamble, el cual viaja a lo largo de toda la línea productiva según el tipo de producto que se esté fabricando en su momento. Cada línea productiva posee una serie de controles e inspecciones que debe seguir y cumplir para garantizar la calidad y la funcionabilidad correcta de los ensambles de cada producto.

Todas las líneas de producción cuentan con una estación de impresión de etiquetas de identificación del producto final, esta tiene todo un proceso estándar para poder hacer la gestión de imprimir la etiqueta de cada producto según se requiera. Esta parte del proceso es fundamental ya que las etiquetas deben cumplir con criterios técnicos de aceptación de acuerdo con los procedimientos de manufactura y con una serie de requisitos como la calidad de la impresión, el contenido, el alineamiento, entre otros.

Ahora bien, en la operación de empaque 1, el producto se coloca dentro de una bolsa, la cual se sella por ambos extremos siguiendo una serie de parámetros e indicaciones según la operación. Al colocarse el producto en la bolsa, se garantiza que está ensamblado por completo y con sus respectivos componentes. Luego, se coloca la etiqueta de identificación del producto impresa con anterioridad, para dar fin al tema de identificación del producto.

A continuación, se verifica el material empacado, esto sigue una serie de pasos e instrucciones con el fin de asegurar que el producto está bien identificado y cumple con todos los estándares y requerimientos de calidad.

En la operación de preesterilizado se verifica que tanto la documentación como el material han cumplido hasta ahora con todos los requerimientos de calidad. A su vez, se prepara el material en las bandas de transporte para ser llevadas hasta la siguiente operación, que sería esterilizar el producto. Es acá donde dependiendo del producto, así será el tiempo y los valores por seleccionar para esterilizar cada uno de los productos. Esto se asegura de que el material esté libre de microorganismos no deseados ni permitidos por diferentes regulaciones a nivel mundial.

Continuando con el proceso, en la etapa de empaque 2 el material previamente esterilizado se empaca en su caja final con la que llega hasta su destino final. Cuando esté listo todo el proceso de empaque 2, la documentación debe liberarse mediante el proceso conocido como *MDF review*, en este se realiza una verificación documental que puede ser tanto digital como física, dependiendo del caso.

Al respecto, para poder hacer válida esta revisión documental, se requiere de la siguiente operación, a saber, una auditoría conocida como *QFI auditing*, que es la encargada de dar la última revisión mientras se asesora de que no se hayan cometido errores documentales y se llevaron a cabo todos los procesos de manera correcta acorde a los procesos de documentación según los estándares de calidad de la compañía.

Por último, todo el material llega al proceso de envío de productos (conocido como *shipping*) con el objetivo de embalarse de manera correcta para su transporte y envío hasta los centros de distribución y, después, hasta su destino final o lugar de distribución.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto requiere analizar tanto datos numéricos, estadísticas como características no numéricas; por lo tanto, se lleva a cabo un enfoque de investigación mixto.

Lifeder (2020) expone en cuanto a este enfoque:

[...] se trata de un paradigma relativamente reciente que combina los enfoques cuantitativo y cualitativo en un mismo estudio. [...]

La recolección y el análisis de los datos combinan los métodos estandarizados e interpretativos. Se cruzan resultados de uno u otro enfoque.

Estos resultados pueden generalizarse y dar lugar a nuevas hipótesis o al desarrollo de nuevas teorías.

Algunas características adicionales de los enfoques se mencionan a continuación.

#### **Enfoque cualitativo**

De acuerdo con Lifeder (2020):

- “Sus planteamientos son más generales.
- Las preguntas de investigación se descubren y se refinan en el transcurso del estudio.
- Sigue el razonamiento inductivo”.

#### **Enfoque cuantitativo**

Según Lifeder (2020):

- Se ocupa de un problema concreto y delimitado.
- Las hipótesis surgen antes de la recolección y el análisis de los datos.
- La medición de cantidades y/o dimensiones rige el proceso de recolección de datos.
- Usa procedimientos estandarizados y validados por investigaciones previas o por otros investigadores.
- Los resultados se interpretan a la luz de las hipótesis iniciales y se fragmentan para facilitar su interpretación.
- La incertidumbre y el error deben ser mínimos.

- Indaga en las relaciones causales entre los elementos presentes en el estudio.
- Busca regularidades porque persigue comprobar teorías.

Debido a lo señalado por Lifeder (2020) y a las necesidades de la empresa, se requiere efectuar un análisis mixto para abarcar todos los puntos por resolver.

### **3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

En el proyecto se utiliza la metodología DMAIC, la cual engloba diferentes herramientas con las que se pretenden reducir los tiempos muertos y generar impactos positivos directos tanto en indicadores como en pérdidas económicas.

Al respecto, Nathan-Gerges (2023) define esta metodología del siguiente modo:

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

A continuación, se muestra un resumen de las herramientas por emplear en cada etapa:

Figura 3.1: Metodología DMAIC



Fuente: Elaboración propia, 2025.

### 3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

La Editorial Étece (2024) explica en cuanto a las fuentes de información:

[...] son documentos que se consultan para obtener datos de un tema sobre el que se quiere saber más.

[...] de este modo, las fuentes de información pueden ser distintas clases de documentos como textos, videos, audios y fotografías. También pueden ser personas, empresas o instituciones que aportan datos mediante comunicados, entrevistas o encuestas.

Asimismo, la Editorial Étece (2024) indica que las fuentes de información se pueden clasificar en tres tipos:

**Fuentes primarias.** Son las más cercanas al evento que se investiga, es decir, con la menor cantidad posible de intermediaciones. [...]

**Fuentes secundarias.** Son las que se basan en las primarias y las sintetizan, analizan, interpretan o evalúan. [...]

**Fuentes terciarias.** Son las que recopilan y comentan las fuentes primarias y/o secundarias, y, por lo tanto, son una lectura mixta de testimonios e interpretaciones.

Figura 3.2: Tipos de fuentes de información

	Fuentes primarias	Fuentes secundarias	Fuentes terciarias
<b>Definición</b>	Son las más directas respecto al elemento investigado.	Son las que se elaboran a partir de las fuentes primarias.	Son las que se elaboran a partir de las fuentes primarias y secundarias.
<b>Ejemplos</b>	Testimonios, fotografías, objetos, documentos oficiales, videos.	Libros, monografías, revistas especializadas, informes de investigaciones, artículos académicos.	Manuales, diccionarios, enciclopedias, resúmenes, síntesis.

Fuente: Editorial Etecé, 2024.

Para el desarrollo del proyecto, se trabaja con fuentes primarias, las cuales son los datos puros brindados directamente por la empresa, además de la entrevista directa a los colaboradores del proceso.

### 3.3.1 Sujetos de información

Los sujetos de información del proyecto son el gerente del área de IGTD, los supervisores y los operarios de producción, sin dejar de lado las áreas de soporte como lo son los técnicos de producción, TI e ingenieros de *labeling*.

En la siguiente tabla, se muestra el acta de constitución del proyecto (*project charter*):

Tabla 3.1: Acta de constitución del proyecto

<b>ACTA CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO</b>	
Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.	

Fuente: Elaboración propia, 2025.

### **3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS**

A continuación, se observan las variables de análisis de cada uno de los objetivos de investigación planteados:

Tabla 3.2: Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Definir, mediante herramientas de análisis de contexto y caracterización de procesos, los factores que generan tiempos muertos en la división IGTD, para identificar sus principales efectos.	Tiempos muertos	“Los tiempos muertos de producción son los momentos en los que el proceso se detiene, ya sea porque una máquina está descompuesta, porque falta algún material, o incluso porque no hay suficiente personal” (Waisberg, 2024).	Se analizan todas las causas que producen tiempos muertos.	FODA, matriz estratégica, <i>stakeholders</i> , árbol de CTQ, diagrama de flujo, mapeo SIPOC.
Medir el impacto económico y operativo de los tiempos muertos en la división IGTD, al cuantificar los principales fallos mediante indicadores clave de desempeño como el FPY.	Fallos/defectos	“Un defecto es cualquier artículo o servicio que exhibe una desviación de las especificaciones” (Minitab, 2024).	Se miden los impactos que provocan los fallos o defectos en la operación, al aplicar múltiples análisis detallados en la instrumentalización.	Análisis de tendencias, análisis estadístico, análisis FPY, análisis histórico de impactos económicos asociados.
Analizar, por medio de herramientas ingenieriles de análisis de causas raíz, las causas que provocan tiempos muertos, con el propósito de priorizar las más críticas por atacar.	Causa raíz	“Una causa raíz se define como un factor que provocó una no conformidad y que debe eliminarse de manera permanente mediante la mejora del proceso” (ASQ, 2025).	Se emplean diversas herramientas ingenieriles de análisis de causas para determinar la causa raíz de los defectos generados en el proceso de impresión.	Lluvia de ideas, diagrama Ishikawa, matriz multivoto, diagrama de Pareto.
Proponer mejoras y controles en el proceso de empaque IGTD, que permitan reducir tiempos muertos y minimizar impactos económicos asociados, para de este modo aumentar el FPY.	Mejora de procesos	“La mejora de procesos es una metodología mediante la cual un equipo evalúa sus procesos en uso y los adapta con la intención de aumentar la productividad, reducir los costes, simplificar los flujos de trabajo, adaptarse a las cambiantes necesidades de negocios o mejorar la rentabilidad” (Laoyan, 2025).	Se proponen las mejoras a partir de los resultados de la implementación de la metodología DMAIC y sus principales herramientas aplicadas.	Propuestas finales de implementación de mejoras, plan de comunicación. Análisis estadístico y de correlación.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

### **3.5 INSTRUMENTOS**

Lifeder (2021) establece sobre los instrumentos:

Las técnicas de recolección de datos son mecanismos e instrumentos que se utilizan para reunir y medir información de forma organizada y con un objetivo específico. [...]

Cada una de estas técnicas permite recopilar información de diferente tipo.

Por este motivo, es importante conocer sus características y tener claros los objetivos para elegir aquellas que permitan recoger la información apropiada.

En relación con este proyecto, se aplican los siguientes instrumentos de recolección de información.

#### **3.5.1 Entrevistas**

Lifeder (2021) describe:

La entrevista es, en esencia, una conversación bien planificada. En ella, el investigador plantea una serie de preguntas o temas de debate a una o varias personas, con el fin de obtener información específica.

Puede realizarse personalmente, por teléfono o de manera virtual.

En este caso, se efectúan entrevistas a todas las partes interesadas con el propósito de obtener información relevante de las causas que generan los defectos en el subproceso de impresión.

#### **3.5.2 Cuestionarios y encuestas**

Al respecto, Lifeder (2021) menciona:

Los cuestionarios y las encuestas, son técnicas en las cuales se plantea un listado de preguntas cerradas para obtener datos precisos.

Usualmente se usan en investigaciones cuantitativas, pero también pueden incluirse preguntas abiertas para permitir un análisis cualitativo.

Se realizan cuestionarios dentro de la matriz multivoto para poder ejecutar la herramienta y priorizar la causa raíz del problema.

### **3.5.3 Observaciones**

De acuerdo con Lifeder (2021):

La observación es una técnica que consiste precisamente en observar el desarrollo del fenómeno que se desea analizar. Este método puede usarse para obtener información cualitativa o cuantitativa de acuerdo con el modo en que se realiza.

En investigación cualitativa permite analizar las relaciones entre los participantes gracias al análisis de sus comportamientos y de su comunicación no verbal.

En investigación cuantitativa es útil para hacer seguimiento a la frecuencia de fenómenos biológicos o al funcionamiento de una máquina.

Se llevan a cabo observaciones para aclarar puntos importantes del proyecto, además se observa para entender el proceso al 100 % y que en el momento de ejecutar mejoras estas se ajusten a los procesos.

### **3.5.4 Grupos focales**

Lifeder (2021) indica acerca de este instrumento lo siguiente:

Los grupos focales podrían describirse como una entrevista grupal. Consiste en reunir a un grupo de personas que comparten características relacionadas con la investigación y orientar la conversación hacia la información que se desea obtener.

Es una técnica cualitativa útil para analizar opiniones combinadas, contradicciones u otros datos que surgen de la interacción entre las personas.

En este proyecto se hacen grupos focales tanto para validar decisiones de implementación como para generar ideas.

### **3.5.5 Datos históricos**

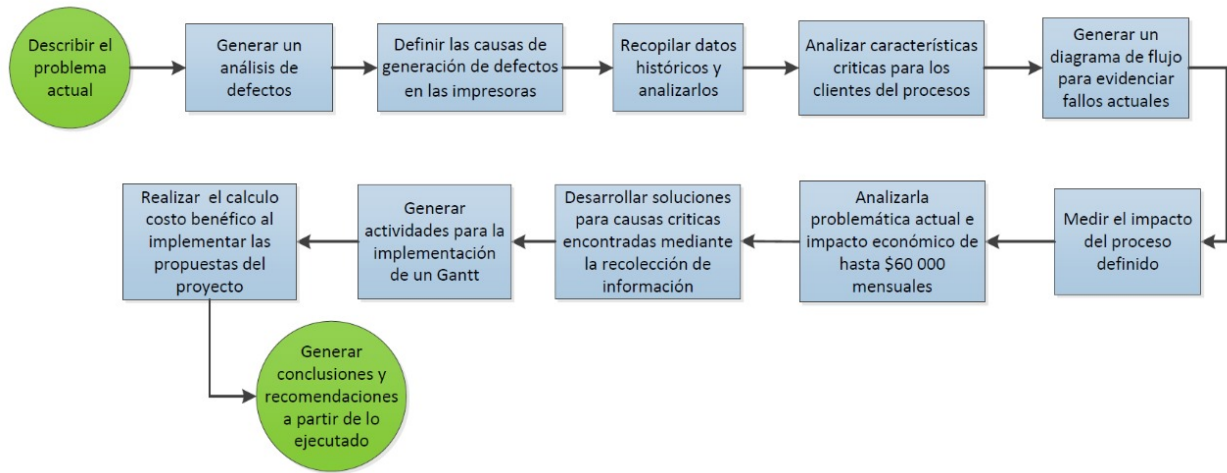
Los datos históricos son el instrumento principal del proyecto y se refiere a todos aquellos datos que Philips provee para su análisis.

### 3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

El siguiente diagrama de flujo muestra el paso a paso por seguir para la recolección y análisis de datos del proyecto:

- Describir el proceso actual: el primer paso es detallar el proceso actual, es decir, qué impacto ocasiona en la empresa el problema actual en las etiquetas y cómo afecta los principales indicadores de Philips.
- Generar un análisis de defectos: este análisis permite detectar los defectos de las etiquetas mediante diferentes herramientas ingenieriles y evaluaciones con instrumentos como la observación.
- Definir las causas de generación de defectos en las impresiones: para poder definir las causas de generación de defectos, se ejecutan todas las herramientas ingenieriles de definición de causas mencionadas en el capítulo 2 de este proyecto, según los pasos mostrados en la metodología DMAIC.
- Recopilar datos históricos y analizarlos.
- Analizar características críticas para los clientes del proceso: esto mediante la implantación de un árbol de CTQ.
- Crear un diagrama de flujo del proceso que evidencie dónde exactamente se producen los fallos actuales.
- Medir el impacto del problema definido.
- Analizar por qué sucede la problemática actual y se experimentan impactos económicos de hasta \$ 60 000 mensuales.
- Desarrollar soluciones para las causas más críticas encontradas mediante la recolección de información.
- Generar actividades para la implementación de un diagrama de Gantt que permita brindar seguimiento a las soluciones o propuestas de implementación.
- Realizar el cálculo del costo beneficio al implementar las propuestas del proyecto.
- Generar conclusiones y recomendaciones a partir de lo ejecutado.

Figura 3.3: Proceso para la recolección y análisis de datos



Fuente: Elaboración propia, 2025.

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## **4.1 DEFINIR**

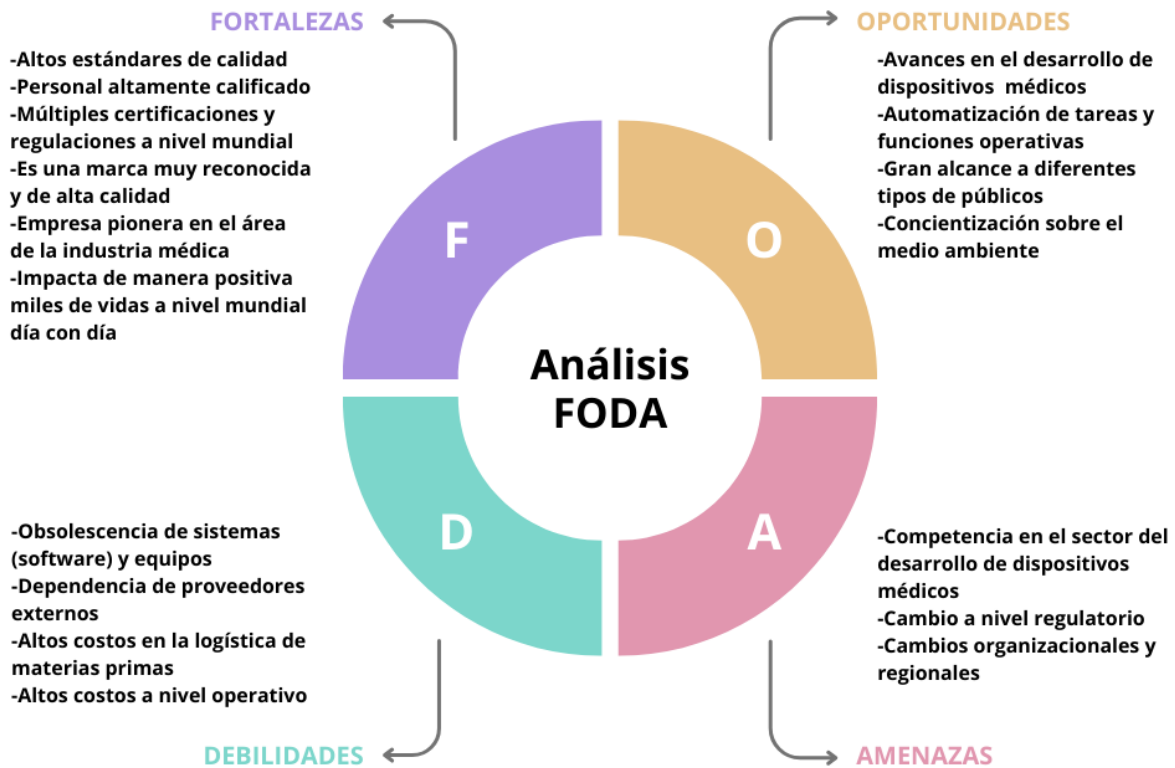
El proyecto se lleva a cabo en la empresa médica Philips Costa Rica, ubicada en El Coyol de Alajuela, y se enfoca en la división llamada IGTD, la misma cuenta con 11 líneas productivas. Al respecto, en cada línea se manufactura un producto médico diferente, sin embargo, todas las líneas cuentan con un flujo de trabajo general, el cual posee 22 operaciones.

Ahora bien, para realizar el análisis, se utiliza la herramienta DMAIC, que consta de 5 etapas, a saber, definir (D), medir (M), analizar (A), mejorar (M) y controlar (C). En el capítulo 4 se desarrollan las tres primeras etapas: definir (D) la situación actual de la empresa, medir (M) las variables que afectan directamente la división IGTD y analizar (A) la problemática actual y a qué se debe el incremento en tiempos muertos en la división IGTD.

### **4.1.1 FODA**

Se efectúa un análisis FODA detallado de la compañía en el que se observan las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, tomando en cuenta los factores tanto externos como internos que pueden afectar la empresa:

Figura 4.1: Análisis FODA



Fuente: Elaboración propia, 2025.

## Factores internos

### Fortalezas

- **Altos estándares de calidad:** la compañía se apega a altos estándares de calidad ya que uno de sus objetivos y compromisos es la fabricación de dispositivos médicos confiables y de alta calidad.
- **Personal altamente calificado:** los procesos de entrenamiento con los que cuenta la compañía permiten mantener al personal altamente calificado y en continua capacitación para poder adquirir nuevos y mejores conocimientos y herramientas.

- **Múltiples certificaciones y regulaciones a nivel mundial:** al tratarse de una compañía de dispositivos médicos, posee una serie de certificaciones y regulaciones ya que la distribución de sus productos es a nivel mundial, por lo tanto, debe apegarse y contar con cada una de las regulaciones que exige cada país como, por ejemplo, FDA, BSI, ISO, GS1, etc.
- **Es una marca muy reconocida y de alta calidad:** el nombre de la compañía Philips es reconocido a nivel mundial por la alta calidad de sus productos; además, ofrece muy buenos términos de garantía para los clientes. De este modo, existe preferencia por la marca.
- **Empresa pionera en el área de la industria médica:** la compañía Philips es la primera en desarrollar la tecnología en el ámbito de los rayos X desde el año 1895, lo que la posiciona como la primera marca en el mercado en explorar y desarrollar esta tecnología.

### **Debilidades**

- **Obsolescencia de sistemas (software) y equipos:** una de las mayores debilidades actuales de la compañía es que mantiene algunos sistemas y equipos obsoletos o cerca de cumplir con su vida útil, esto pone en riesgo la continuidad de los procesos.
- **Dependencia de proveedores externos:** debido a que la compañía fabrica diferentes dispositivos médicos, necesita de proveedores externos muy específicos para poder suplir la demanda de ciertos componentes y materiales; por esto, depende de proveedores únicos para obtener los materiales o componentes.
- **Altos costos en la logística de materias primas:** al depender de proveedores únicos, los costos logísticos de materias primas son impactados directamente por cualquier cambio o contratiempo que se produzca.
- **Altos costos a nivel operativo:** la dependencia de distintos factores, como lo son proveedores y materiales, afecta directamente el costo a nivel operativo. Se suman al aumento de los costos otros puntos críticos como equipos en mal estado, obsoletos o sin soporte técnico disponible.

## Factores externos

### Oportunidades

- **Avances en el desarrollo de dispositivos médicos:** los avances en la tecnología permiten que la compañía con su amplia trayectoria en el sector médico genere innovación para hacer diagnósticos con productos cada vez menos invasivos en el cuerpo humano.
- **Automatización de tareas y funciones operativas:** la automatización posibilita la reducción de errores humanos que están implícitos en los procesos productivos, esto mejora la eficiencia, productividad, calidad y tiempos de respuesta para los clientes finales.
- **Gran alcance a diferentes tipos de públicos:** mejorar las campañas de *marketing* y digitalización a nivel país permite captar potenciales clientes que hoy no cuentan con la visibilidad de los beneficios de la marca.
- **Concientización sobre el medio ambiente:** mediante múltiples campañas y la creación de departamentos enfocados en materia ambiental, se abre la oportunidad de posicionarse como una empresa que se preocupa por el medio ambiente y el impacto positivo a la naturaleza.

### Amenazas

- **Competencia en el sector del desarrollo de dispositivos médicos:** el sector de dispositivos médicos en Costa Rica en los últimos años se ha expandido de manera considerable, lo que genera competencia directa en el sector y amenaza la compañía con la pérdida de clientes.
- **Cambio a nivel regulatorio:** los cambios a nivel regulatorio han puesto a prueba la capacidad de amoldarse a las necesidades continuas del mercado, pues constantemente las regulaciones son modificadas o replanteadas, lo cual afecta de forma directa los criterios que deben seguir las industrias.
- **Cambios organizacionales y regionales:** los cambios organizacionales, tanto locales como regionales, representan otra amenaza porque estos deben adaptarse a las diferentes variaciones que pueda experimentar la compañía.

### 4.1.2 Matriz estratégica

En la siguiente matriz se plantean estrategias basadas en el FODA, las mismas pretenden generar un análisis de las distintas oportunidades estratégicas del entorno:

Tabla 4.1: Matriz estratégica

		Factores Internos	
		Fortalezas (F)	Debilidades (D)
<b>Matriz de Estrategias DOFA</b>		<b>F1:</b> Altos estándares de calidad <b>F2:</b> Personal altamente calificado <b>F3:</b> Múltiples certificación y regulaciones a nivel mundial <b>F4:</b> Es una marca muy reconocida y de alta calidad <b>F5:</b> Empresa pionera en el área de la industria médica <b>F6:</b> Impacta de manera positiva miles de vidas a nivel mundial día con día	<b>D1:</b> Obsolescencia de sistemas (software) y equipos <b>D2:</b> Dependencia de proveedores externos <b>D3:</b> Altos costos en la logística de materias primas <b>D4:</b> Altos costos a nivel operativo
<b>Factores Externos</b>	<b>Oportunidades (O)</b>	<b>O1:</b> Avances en el desarrollo de dispositivos médicos <b>O2:</b> Automatización de tareas y funciones operativas <b>O3:</b> Gran alcance a diferentes tipos de públicos <b>O4:</b> Concientización sobre el medio ambiente	<b>Estrategia FO:</b> Integrar materiales y procesos sostenibles en la fabricación de los dispositivos médicos, aprovechando los altos estándares de calidad y el personal altamente calificado con el que cuenta la compañía, de manera que se genere una concientización ambiental desde los procesos.
	<b>Amenazas (A)</b>	<b>A1:</b> Competencia en el sector del desarrollo de dispositivos médicos <b>A2:</b> Cambio a nivel regulatorio <b>A3:</b> Cambios organizacionales y regionales	<b>Estrategia FA:</b> Crear equipos interdisciplinarios para soportar eventuales cambios organizaciones , que ayuden a atacar los puntos de enfoque y mejora asegurando la continuidad del negocio.
		<b>Estrategia DO:</b>	<b>Estrategia DA:</b>
		Implementación y modernización de sistemas, como software y maquinaria de última generación, para mantenerse a la vanguardia tecnológica y enfrentar eficazmente nuevos retos y competencias.	Implementar un sistema de evaluación de riesgos que ayude a mitigar, problemas y errores dentro de la organización, ayudando con el compromiso de mantener la continuidad de la compañía.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

### Estrategia FO

*Integrar materiales y procesos sostenibles en la fabricación de los dispositivos médicos, aprovechando los altos estándares de calidad y el personal altamente calificado con el que cuenta la compañía, de manera que se genere una concientización ambiental desde los procesos.*

La empresa debe adquirir y utilizar materiales sostenibles que integre estratégicamente en sus procesos de manufactura, para promover una conciencia ambiental desde la

producción de dispositivos médicos. Además, aprovechando la experiencia y especialización de su personal altamente calificado, se garantiza el cumplimiento de altos estándares de calidad, esto asegura beneficios tanto para la compañía como para el cliente final, y fortalece su compromiso con la sostenibilidad y la excelencia.

### **Estrategia DO**

*Implementación y modernización de sistemas, como software y maquinaria de última generación, para mantenerse a la vanguardia tecnológica y enfrentar eficazmente nuevos retos y competencias.*

El adquirir equipos de alta tecnología y modernizar herramientas y sistemas de manufactura para optimizar operaciones, reducir los impactos negativos actuales y mejorar su competitividad, permite acelerar los tiempos de respuesta, fortalecer la capacidad para satisfacer demandas del mercado y aumentar la eficiencia en los procesos; así, la empresa puede posicionarse de forma más sólida frente a la competencia.

### **Estrategia FA**

*Crear equipos interdisciplinarios para soportar eventuales cambios organizacionales, los cuales ayuden a atacar los puntos de enfoque y mejora con el propósito de asegurar la continuidad del negocio.*

La formación de grupos interdisciplinarios le posibilita a la empresa responder de manera ágil y efectiva, para atacar las áreas de mejora con precisión. Esta estrategia promueve la colaboración entre diferentes departamentos con el fin de optimizar la toma de decisiones y garantizar el cumplimiento de objetivos estratégicos a corto y mediano plazo, esto fortalece la eficiencia operativa y la adaptabilidad frente a los desafíos del mercado.

## **Estrategia DA**

*Implementar un sistema de evaluación de riesgos para mitigar problemas y errores dentro de la organización, lo que ayuda con el compromiso de mantener la continuidad de la compañía.*

Implementar un sistema de evaluación de riesgos basado en el análisis de modo y efecto de fallos (FMEA), para identificar, evaluar y mitigar riesgos de manera proactiva. Este enfoque permite prevenir posibles fallos que puedan comprometer la calidad de los sistemas, procesos o productos, lo cual asegura la integridad de las operaciones y protege la seguridad de los colaboradores. La estrategia refuerza una cultura de excelencia operativa y minimiza impactos negativos en la cadena de valor.

## **Estrategia por seguir durante la ejecución del proyecto**

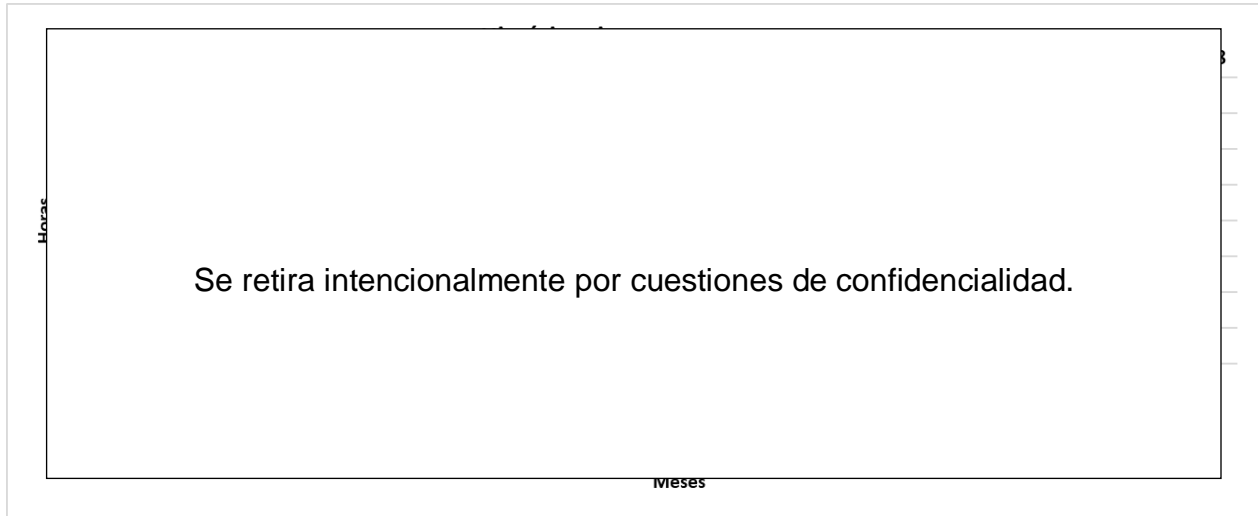
Este proyecto se enfoca en la estrategia DO (debilidades-oportunidades), fundamentada en los hallazgos y análisis realizados para impulsar la modernización integral de los sistemas y equipos en la división IGTD, con la intención de optimizar los procesos, reducir los costos operativos y fortalecer la competitividad de la empresa; de esta forma, se aprovechan las oportunidades del entorno para superar las debilidades identificadas.

### **4.1.3 Evidencias cuantificables del problema**

A partir de noviembre 2024, se ha notado un incremento en los tiempos muertos productivos que han impactado la división IGTD. Debido a esto, se lleva a cabo un análisis de los datos históricos de los tiempos muertos por operación, para definir en qué operaciones se está presentando el mayor impacto en tiempos muertos.

En el siguiente gráfico, se observa la tendencia creciente que ha mantenido la división IGTD durante los últimos 8 meses:

Figura 4.2: Tiempos muertos históricos en la división IGTD



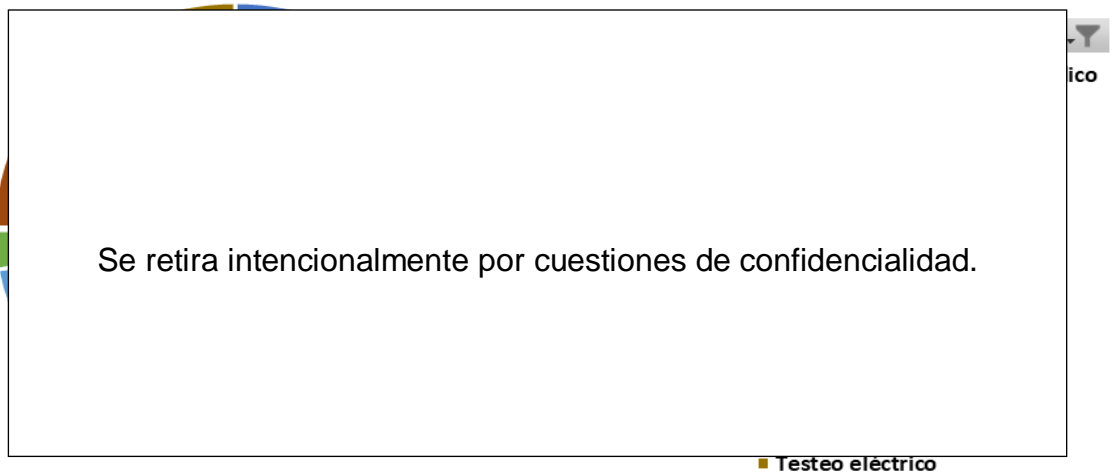
Fuente: Elaboración propia, 2025.

El peso porcentual de todas las operaciones que generan tiempos muertos en la división IGTD se aprecia en el siguiente gráfico. Así, la operación de empaque IGTD muestra un porcentaje de 41.97 % de impacto asociado a tiempos muertos, por consiguiente, es la operación más impactada en la división.

A continuación, se expone un gráfico completo con los porcentajes de impacto por operación de la división IGTD:

Figura 4.3: Tiempos muertos por operación en la división IGTD

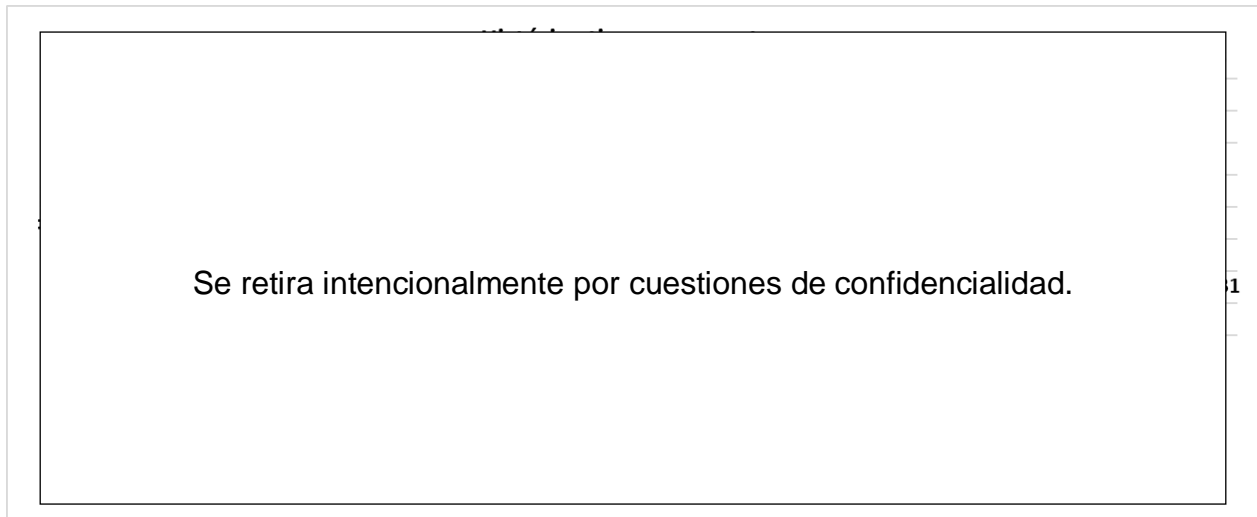
### Tiempos muertos por operación año 2024



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la siguiente línea de tiempo (línea color rojo), se observa la tendencia creciente en tiempos muertos que ha mantenido la operación de empaque IGTD durante los últimos 8 meses. Si se compara contra el alza de los meses de noviembre 2024 a junio 2025 (línea color azul), la operación ha crecido en tiempos muertos al mismo ritmo que la división:

Figura 4.4: Tiempos muertos de empaque IGTD vs total de los tiempos de la división IGTD

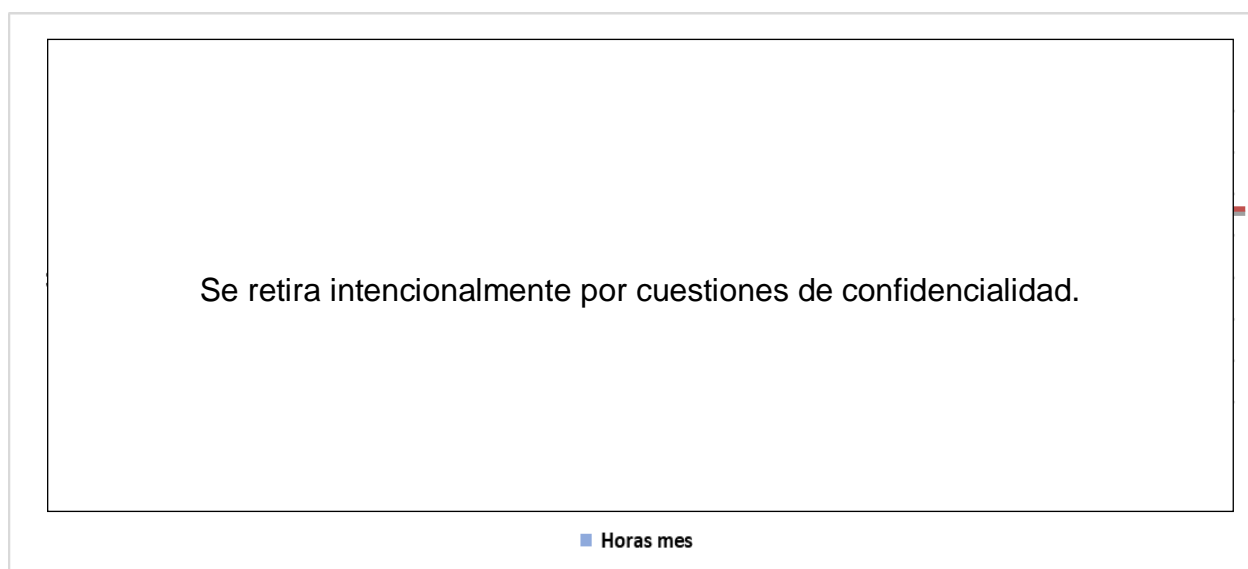


Fuente: Elaboración propia, 2025.

También se analizan los 11 productos manufacturados en la división IGTD de enero 2024 a junio 2024, para entender si alguno estaba ocasionando un mayor impacto en el aumento de tiempos muertos. Sin embargo, los datos históricos indican que los tiempos muertos originados son en promedio de 24.2 horas mensuales por producto sin una diferencia significativa entre estos que permita priorizar sobre alguno.

El siguiente gráfico muestra los tiempos muertos históricos por producto que han impactado la división IGTD de enero 2024 a junio 2024:

Figura 4.5: Promedio mensual de tiempos muertos por producto para la operación de empaque IGTD



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Por otra parte, el promedio de horas extras totales invertidas para cubrir los tiempos muertos de la operación de empaque IGTD ha sido de 265 horas mensuales, lo cual ocasiona impactos económicos mensuales aproximados de \$ 75 000.

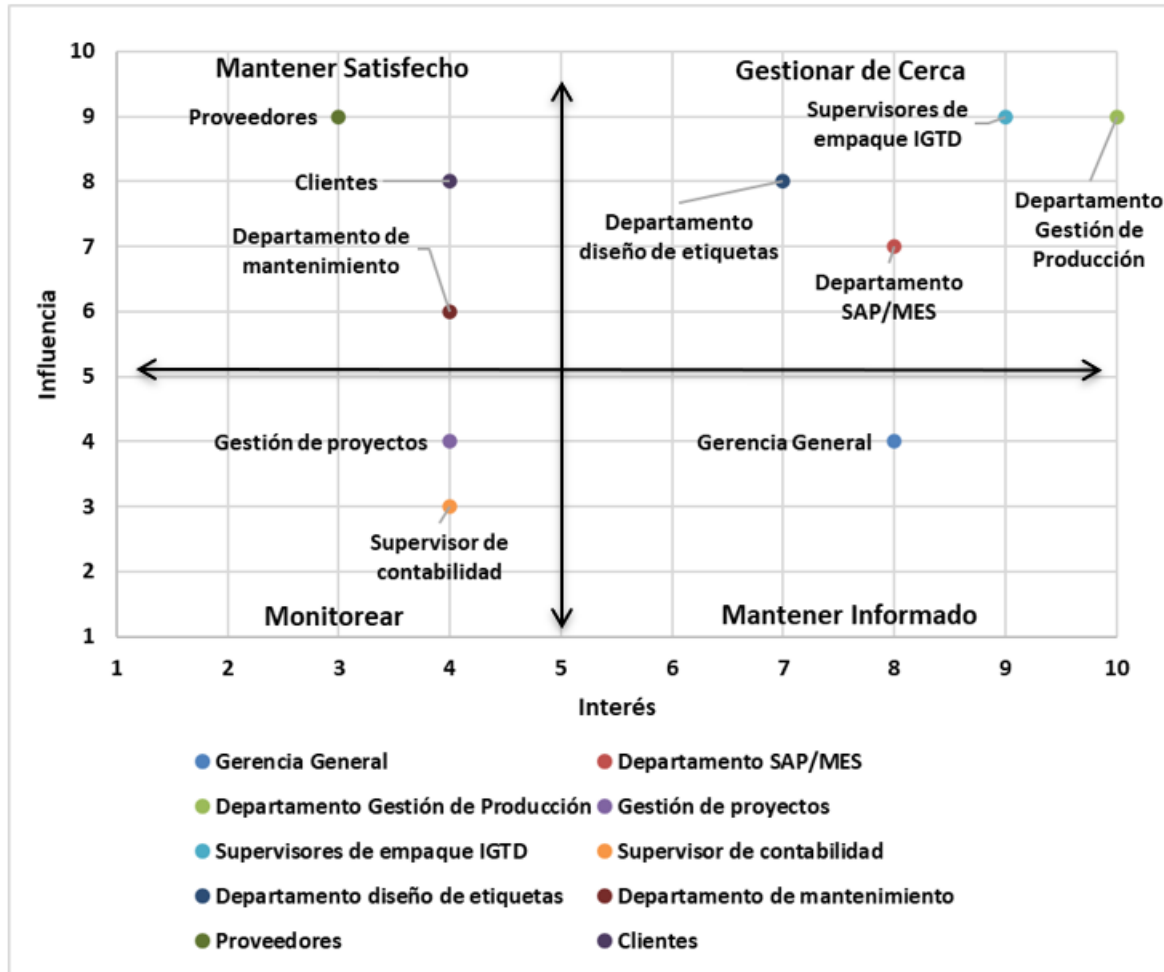
Adicional al problema de tiempos muertos, el generar tantas horas extras está siendo regulado por el Departamento de Recursos Humanos, esto ha provocado una intervención urgente de análisis profundo para detectar qué está produciendo la tendencia creciente en tiempos muertos en esta operación.

Por lo tanto, al analizar los datos anteriores, se determina enfocar el proyecto en la división IGTD, específicamente en la operación de empaque IGTD, donde se encuentra un incremento sostenido en tiempos muertos. Asimismo, se abarcan los 11 productos de la empresa pues la operación de empaque IGTD es compartida y se espera que con las mejoras por implementar se impacten los 11 productos direccionalmente.

#### 4.1.4 Stakeholders

A continuación, en el análisis de *stakeholders* se observan las diferentes distribuciones de interés e influencia de cada uno de los departamentos en relación con el desarrollo de este proyecto.

Figura 4.6: Análisis de stakeholders



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Por medio de cada uno de los cuadrantes anteriores, las diferentes jefaturas y departamentos están enterados de este proyecto, lo cual es esencial para la visualización y entendimiento del impacto e importancia del proyecto.

- Gestionar de cerca:** cuadrante correspondiente al grupo principal de enfoque; al respecto, los siguientes departamentos y jefaturas son los principales interesados en el proyecto e involucrados en la toma de decisiones: supervisores de IGTD, Departamento de Gestión de la Producción, Departamento SAP/MES y Departamento de Diseño de Etiquetas. En cuanto a estos, debe haber comunicación constante y regular; además, sus intereses y requerimientos deben estar claramente definidos.

- **Mantener satisfecho:** en este cuadrante se encuentra el Departamento de Mantenimiento, el cual mantiene una comunicación regular con el proyecto, esto apoyado por la Gerencia General si se requiere de alguna manera. También se considera en este cuadrante a los clientes y proveedores ya que el producto final debe cumplir con todos los requisitos y estándares establecidos.
- **Mantener informado:** este cuadrante corresponde a la Gerencia General porque se mantiene informada e involucrada en áreas de bajo riesgo (reporte de los avances del proyecto), por lo que la intención es solo solicitar ayuda o soportes de ser necesario o según aplique.
- **Monitorear:** en este cuadrante está el Departamento de Gestión de Proyectos y supervisor de contabilidad, con el fin de mantener informados mediante comunicados generales de los avances del proyecto.

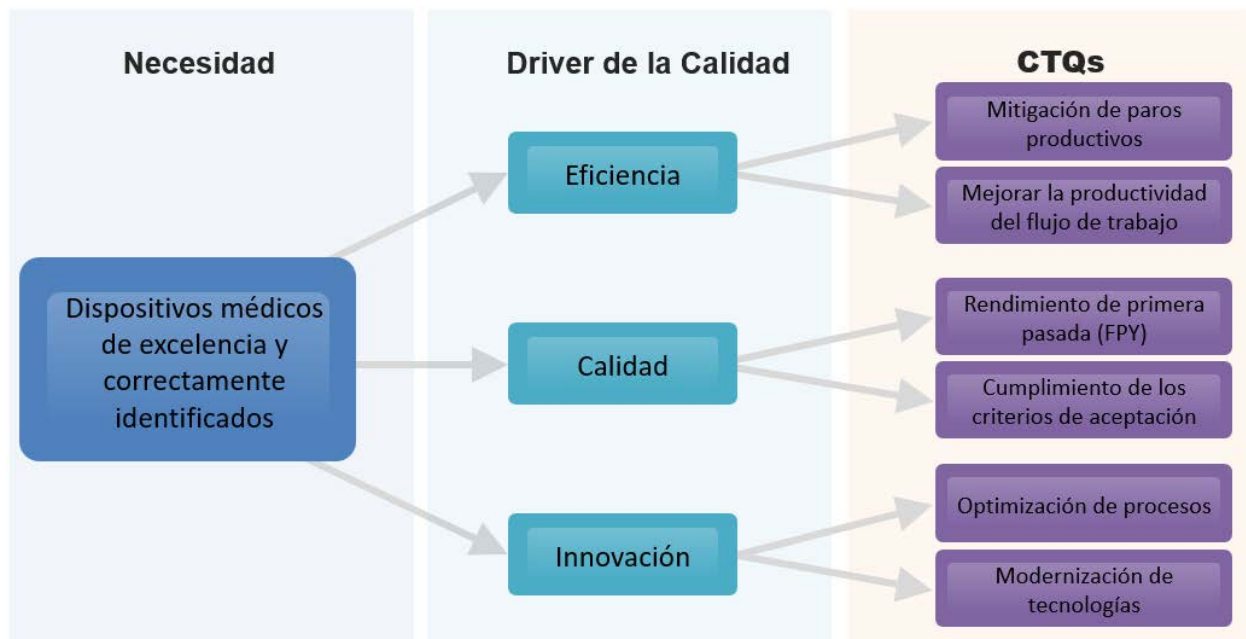
#### 4.1.5 Árbol de CTQ

Una de las herramientas ingenieriles utilizadas en la investigación es el árbol de CTQ, que posibilita identificar los criterios críticos para la calidad.

Lo anterior ayuda a determinar aspectos de importancia para la investigación y el éxito de la misma, al poder asegurar que cada decisión tomada se alinee correctamente con las estrategias clave para de ese modo lograr las metas del proyecto.

A continuación, se presenta el desarrollo y el resultado del árbol de CTQ:

Figura 4.7: Árbol de CTQ



Fuente: Elaboración propia, 2025.

## Eficiencia

La eficiencia de los procesos se consigue mediante controles y parámetros que indican la estabilidad y la fiabilidad de los procesos productivos, como lo son establecer fechas reales, controles de *yield* y métricas alcanzables; de esta manera, se mantienen altos estándares de calidad.

### CTQ asociados a la eficiencia

- **Mitigación de paros productivos:** reducir los paros productivos causados por fallos en la operación de empaque de IGTD mediante un análisis exhaustivo de las causas raíz de estos fallos. La meta es implementar soluciones correctivas y preventivas que aseguren la continuidad del flujo de trabajo sin interrupciones, para optimizar la eficiencia de las líneas productivas y reducir tanto los tiempos muertos como los costos asociados a las intervenciones técnicas.
- **Mejorar la productividad del flujo de trabajo:** optimizar el flujo de trabajo en la operación de empaque de IGTD, con el propósito de minimizar el tiempo de espera y los tiempos muertos derivados de los fallos provocados por los diferentes errores que se analizan en esta investigación. El objetivo es mejorar la

eficiencia de la línea de producción para garantizar que la operación de empaque IGTD tenga continuidad y no incurra en tiempos muertos que afectan la continuidad de las siguientes operaciones. También es necesario plantear acciones que generen un efecto directo con relación a los fallos analizados e implementar mejoras en la operación de empaque para mitigar los paros productivos que afectan actualmente esta área. Con este enfoque, se busca mejorar la eficiencia general del proceso y asegurar que los equipos de trabajo puedan operar con mayor confianza al saber que el flujo de trabajo es más estable y predecible.

## **Calidad**

Es uno de los pilares fundamentales para todos los procesos productivos, porque a partir de este se logra el balance en los procesos y al buscar buenos controles de calidad, los productos serán de calidad. En este *driver* de la calidad influyen muchas variables, las mismas siempre se deben atacar acorde a la excelencia en los procesos.

### **CTQ asociados a la calidad**

- **Rendimiento de primera pasada (FPY):** se define como un criterio de calidad que en las diferentes estaciones de trabajo las piezas pasen las pruebas realizadas desde la primera ocasión, al ser dispositivos que deben ser seguros dentro del cuerpo, por lo tanto, no se permite su fallo.
- **Cumplimiento de los criterios de aceptación:** los criterios de aceptación se encuentran definidos en los procedimientos según cada producto. Si algún criterio de aceptación no se cumple, se deben seguir los pasos indicados en las instrucciones de trabajo para la correcta disposición del material.

## **Innovación**

La innovación en los dispositivos médicos es de suma relevancia ya que posibilita mantener a la compañía en los diferentes mercados y marcar la diferencia.

Al innovar tanto en productos, sistemas, procesos, etc., se demuestra que la compañía siempre está dispuesta a tener nuevas propuestas para mejorar los productos y también la calidad.

### **CTQ asociados a la innovación**

- **Optimización de procesos:** la optimización de los procesos posibilita mejoras en la eficiencia de las líneas productivas, esto impacta directamente en los costos productivos.
- **Modernización de tecnologías:** modernizar las tecnologías mediante la compra de equipos nuevos y la actualización a tiempo de los vigentes permite mantener a la organización a la vanguardia.

### **Driver de la calidad enfocado en la ejecución del proyecto**

#### **Eficiencia**

El desarrollo de esta investigación se centra en el *driver* de eficiencia porque aborda la problemática que enfrenta en la actualidad la operación de empaque IGTD, por consiguiente, enfocarse en este punto es vital para poder impactar de manera positiva esta operación.

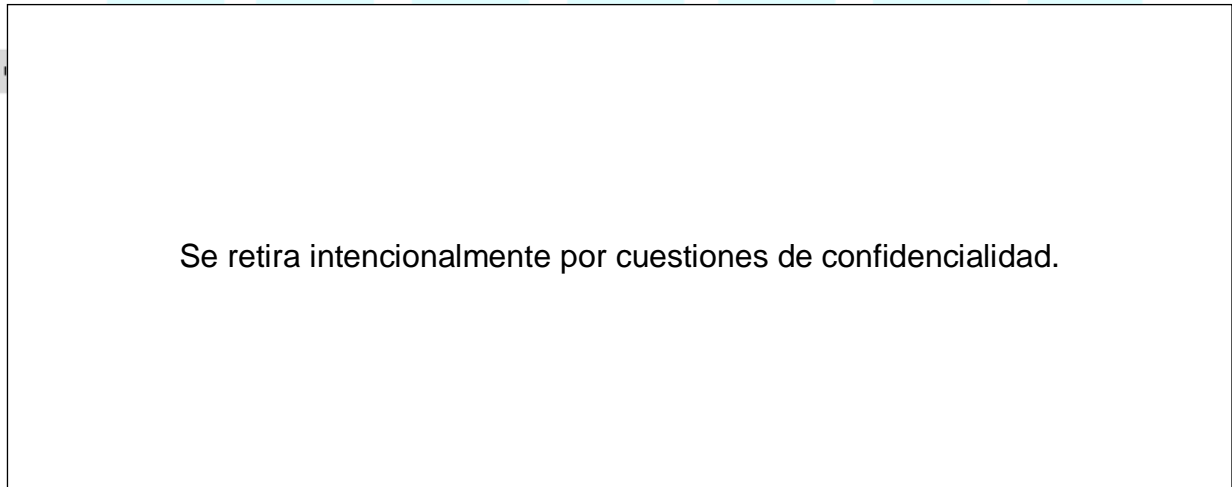
Al centrarse en optimizar el flujo de trabajo y mejorar la productividad, el *driver* de eficiencia se basa en eliminar estos tiempos muertos y reducir las interrupciones, lo cual garantiza que la operación de empaque IGDT siga su curso sin paradas innecesarias.

Las acciones que se implementan siguiendo esta dirección, como la mejora en la reducción de fallos recurrentes y los paros productivos, ayudan a mantener la continuidad de la producción, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa, mejora de los procesos y reducción de los costos asociados.

#### **4.1.6 Diagrama de flujo general de la división IGTD**

A continuación, se detalla el flujo del proceso, pero cabe destacar que este flujo es general, es decir, todos los 11 productos llevan las mismas operaciones base.

Figura 4.8: Diagrama de flujo general de la división IGTD



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Seguidamente, se explica paso a paso el diagrama de flujo anterior:

### **Alistar la documentación**

Como parte de la primera operación, se debe preparar la documentación requerida para la fabricación de todos los materiales necesarios para el ensamble del producto final. Esta documentación contiene datos importantes que posibilitan el rastreo de los diferentes números de serie y lotes utilizados a lo largo de todas las líneas productivas.

### **Ensamblar el sensor**

Es una de las primeras fases para la manufactura del producto final. En esta operación se ensambla el sensor junto con distintos componentes que son la base de todo el dispositivo. Es un proceso sumamente delicado que requiere de un ensamble con microscopio usando una magnitud de hasta X10.

### **Preparar los cables**

La preparación de los cables es parte del ensamble del sensor junto con el cable. En esta operación se suelda el cable con el sensor y, de esta manera, queda el cable preparado para la siguiente operación.

### **Preformado del wire**

Se toma el ensamble del cable junto con el sensor y se coloca dentro del *housing*, el cual es una cápsula que protege la conexión del cable y el sensor, y así se transporta a lo largo de todo el proceso.

### **Aplicar e inspeccionar los polímeros**

En este paso se aplican y se ensamblan diferentes polímeros que protegen al sensor de cualquier tipo de golpe, rayadura o falsa conexión, lo que da como resultado un encapsulamiento total del sensor.

### **Ensamblar los componentes**

Respecto a este punto del proceso, se ensamblan componentes, como lo son las bandas conductoras, con la intención de preparar el producto para los tests eléctricos siguientes en el proceso. Las bandas conductoras funcionan como un punto de contacto para la toma de datos en los tests eléctricos que requieren los ensamblados.

### **Realizar el test eléctrico**

El test eléctrico se hace conectando el dispositivo a un panel de instrumentos que indica cómo debe conectarse y cuáles son los resultados de aceptación que debe tener el producto para continuar en el proceso. Si el ensamble no pasa estas pruebas, el producto se desecha por completo.

### **Colocar el recubrimiento eléctrico**

Se utiliza una máquina que es la encargada de recubrir con un polímero todo el cuerpo del dispositivo, esto con la intención de aislarlo de cualquier posible defecto que pueda generar algún fallo eléctrico.

### **Colocar el recubrimiento del coiling**

El *coiling* es una bandeja para poder transportar el producto de este paso en adelante, con la finalidad de protegerlo y además prepararlo para una serie de pruebas que se necesitan realizar en el producto más adelante.

### **Calibrar el sensor**

Referente a la calibración de los sensores de los productos, se debe preparar la máquina con una configuración específica para cada producto. Esta configuración determina si el sensor es apto o no para utilizarse en las vías sanguíneas del cuerpo humano, teniendo como principal función la medición del Fr, que es el encargado de la medición de las cavidades vasculares.

### **Simular el funcionamiento**

En esta estación se simula el funcionamiento del dispositivo médico dentro de una cavidad vascular, con el objetivo de diagnosticar el dispositivo y evaluar si está funcionando correctamente acorde al estrés sometido. La aceptación o rechazo del dispositivo se basa en parámetros ya establecidos para el proceso.

### **Realizar la prueba de funcionalidad**

Esta prueba se lleva a cabo para demostrar que el producto pasó por todas las pruebas eléctricas y funcionales de manera correcta, con la intención de documentar las lecturas de todas las pruebas. Para realizar la prueba, se conecta el dispositivo final a una máquina de lectura y funcionalidad igual a la utilizada en los hospitales o clínicas.

### **Colocar el recubrimiento en el sensor**

En la operación de recubrimiento se coloca una funda que cubre y protege herméticamente al sensor, con el propósito de que este no sea alcanzado por el líquido hidrofílico aplicado en el siguiente proceso. Se utilizan pinzas para colocar una poliamida, la cual es el recubrimiento que protege al sensor.

### **Aplicar el líquido hidrofílico**

Todo el material se coloca sobre bandejas para introducirse a la máquina que aplica el líquido hidrofílico. El líquido hidrofílico es una solución química encargada de producir una reacción cuando entra en contacto con el agua, para hacer que el dispositivo sea más sencillo de introducir en el cuerpo humano.

### **Remover el recubrimiento del sensor**

Una vez que el material sale del proceso de recubrimiento de líquido hidrofílico, se retira la poliamida colocada previamente en el sensor.

### **Realizar la inspección**

Cuando se retira la poliamida, se efectúa una inspección visual con el microscopio para asegurar que el sensor no entró en contacto con el líquido hidrofílico.

### **Preparar la bandeja**

En esta operación se alista la bandeja con los diferentes componentes que el producto final debe llevar hasta llegar al cliente final, algunos ejemplos de estos componentes son el cable de conexión y un torque (pieza utilizada para la manipulación del producto final).

### **Colocar y sellar las bolsas**

La bandeja junto con todos sus componentes debe colocarse dentro de una bolsa de empaque final del producto, con la intención de hacer el sello hermético que requiere la bolsa. Para realizar el sellado, se utiliza una serie de máquinas encargadas de sellar la bolsa a la temperatura correcta y extraer el aire que contiene la misma.

### **Empaque IGTD**

En este punto del proceso convergen todos los productos y se identifica cada uno mediante la impresión de etiquetas. Cada etiqueta contiene toda la información relacionada al producto final, desde su distribución a nivel geográfico hasta las regulaciones que debe cumplir según su simbología.

### **Inspección final**

En esta inspección se revisan temas como la correcta identificación del material, validación de que el producto cuente con todos los componentes requeridos y revisión de las cantidades correctas por lote. También se valida que no existan mezclas de materiales.

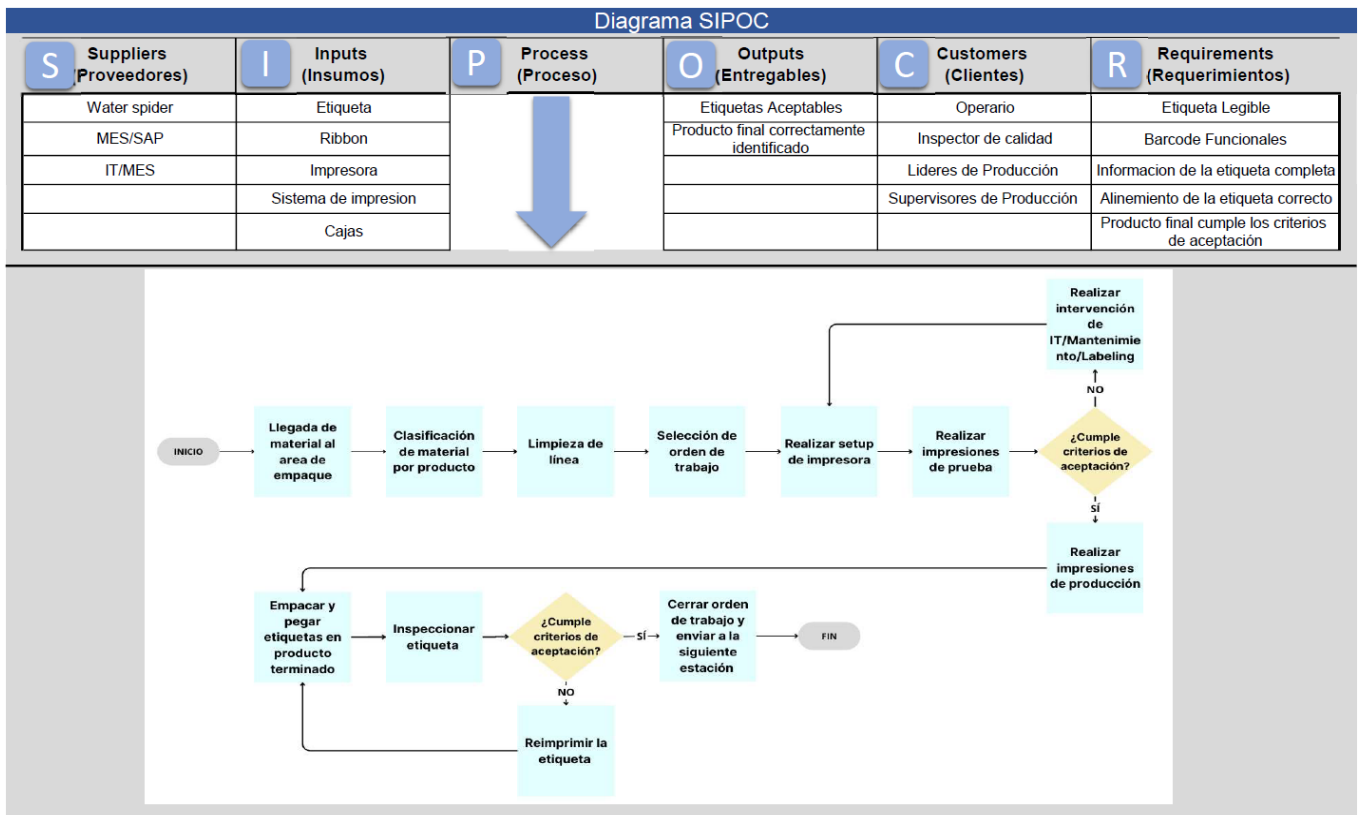
## Cierre de la documentación y envío a bodega

Una vez revisada la inspección final, se cierra toda la documentación a nivel sistemático y físico existente relacionada a cada lote, lo que garantiza la trazabilidad documental de los productos. Finalmente, se realiza el envío a bodega para su exportación al cliente final.

### 4.1.7 Mapeo de procesos SIPOC

El objetivo del siguiente diagrama es el análisis y el mapeo de cada uno de los factores propuestos dentro de la herramienta, con el fin de establecer el alcance del proceso y entender los puntos clave por atacar, para de esta manera asegurar que los resultados cumplan su finalidad y el impacto planteado.

Figura 4.9: Diagrama SIPOC



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A continuación, se detalla la información planteada en la figura anterior:

### **Proveedor (supplier)**

En este apartado se observan aquellas personas, departamentos o disciplinas ligados directamente con el proceso, como lo es el *water spider*, que es la persona encargada de suministrar y verificar que la operación tenga todos los materiales y componentes necesarios para empezar con las actividades propias de cada proceso.

También está el Departamento de MES/SAP, responsable de velar porque todo el proceso a nivel de la plataforma de MES se cumpla de manera correcta y no haya ningún tipo de impedimento para realizar la documentación digital que cada operación o proceso requiere.

Por otra parte, el Departamento de IT es el encargado de asegurar la continuidad del proceso a nivel de sistemas, es decir, que los sistemas y herramientas sistemáticas estén trabajando correctamente y no exista ningún tipo de error informático que interrumpa el proceso.

### **Insumos (inputs)**

Respecto a esta etapa, se encuentran todas aquellas variables que son consideradas como entradas y son necesarias para la operación o el proceso productivo, tal como los materiales o componentes para llevar a cabo las tareas del proceso.

En este caso se refiere a las etiquetas, las cuales son vitales porque identifican el material procesado. También el *ribbon* y la impresora que juntos cumplen un papel de suma importancia al plasmar la información requerida para la correcta identificación e impresión de la etiqueta. Además, el sistema de impresión permite garantizar que a nivel sistemático se tiene lo necesario para imprimir de forma adecuada la información de cada uno de los lotes del producto.

### **Proceso (process)**

El proceso de la operación de etiquetado IGTD se describe en la sección “Diagrama de flujo del proceso de empaque IGTD”, con el objetivo de garantizar el detalle correcto de cada una de las etapas del proceso.

**Entregable (output)**

Los entregables son el resultado final de los pasos aplicados, por lo tanto, en este punto el producto debe cumplir con los estándares y requisitos de calidad asignados a este rubro, como lo son las etiquetas según los criterios de aceptación de la operación. También está el producto final correctamente identificado, lo cual es fundamental para cumplir con todo lo requerido para continuar el proceso.

**Cliente (customer)**

En este caso algunos de los clientes son los operadores, inspectores de calidad, líderes de producción y supervisores de producción, quienes están en contacto directo con el proceso de empaque IGTD y evalúan la condición del material final, o sea, si realmente cumple o no con los requisitos de aceptación para poder enviarlo al siguiente proceso.

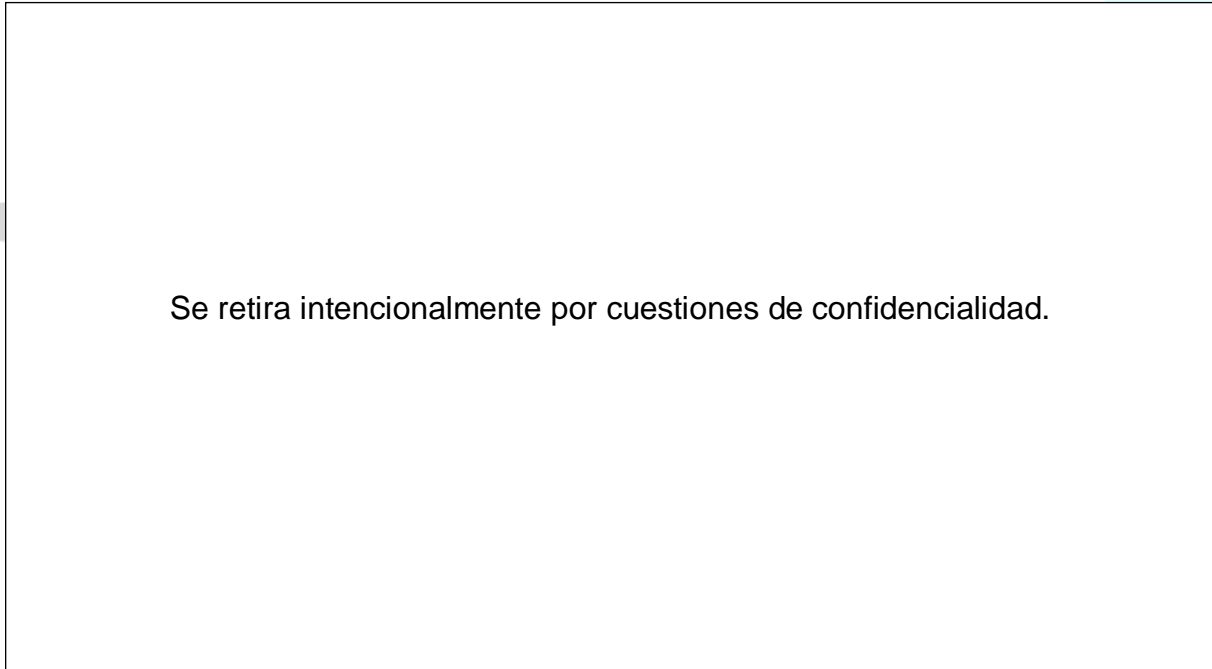
**Requerimiento (requirement)**

Por último, se espera que al final del análisis se cumpla con todos los estándares y criterios, a saber, etiqueta legible, código de barras funcional, información completa de la etiqueta, correcto alineamiento de la etiqueta y cumplimiento de los criterios de aceptación por parte del producto final.

**4.1.8 Diagrama de flujo del proceso de empaque IGTD**

En la siguiente figura se aprecia el flujo de trabajo que sigue el proceso de empaque IGTD. Esta operación ha generado un incremento en los tiempos muertos en la división IGTD, según los datos analizados con anterioridad. Cabe resaltar que en esta operación convergen todos los productos de la división IGTD, pues en este punto se debe realizar la correcta identificación de cada uno de los productos finales.

Figura 4.10: Diagrama de flujo del proceso de empaque IGTD



Fuente: Elaboración propia, 2025.

### **Descripción detallada del flujo del proceso de empaque IGTD**

La primera tarea en el proceso de empaque IGTD es la llegada de material al área de empaque. Al respecto, en esta se reciben varias órdenes de trabajo porque todos los materiales deben pasar por esta operación. Una vez recibidas las órdenes, se clasifica el material dependiendo de cada uno de los 11 productos que llegan a esta operación para ser identificados.

Cuando el material está clasificado, debe pasar a la limpieza de línea, donde el operador se asegura de que no se encuentre ningún otro producto en proceso, con la finalidad de evitar la mezcla de materiales y productos. Luego, se hace la selección de la orden de trabajo, la cual está ligada a cada uno de los productos.

En la orden se visualiza la cantidad de unidades de cada lote, esto debe verificarse tanto sistemática como documentalmente con el propósito de garantizar que la orden está completa y puede ser procesada. También es necesario cargar los componentes y materiales por usar en la orden ya que estos deben quedar documentados por regulación.

El siguiente paso es realizar el *setup* de la impresora por utilizar. Cada *setup* se encuentra documentado en las instrucciones de trabajo que el operador debe seguir. El procedimiento indica cuál es el *setup* de la impresora por emplear según el producto. Cuando la impresora está configurada con el *setup* correcto, se llevan a cabo impresiones de prueba para validar los criterios de aceptación requeridos por cada producto de acuerdo con las regulaciones asociadas a cada uno. Además, el operador cuenta con instrucciones de trabajo que detallan los criterios de aceptación por producto.

Si las pruebas no cumplen con los criterios de aceptación, se efectúa una intervención de los departamentos de IT, Mantenimiento o Labeling, según aplique. La intervención de los departamentos de soporte se solicita mediante un tiquete de trabajo en el que se evalúa el fallo asociado al rechazo de los criterios de aceptación. No obstante, si las pruebas de impresión cumplen con los criterios de aceptación, el siguiente paso es realizar las impresiones de producción, es decir, el operador en este punto debe imprimir las etiquetas del lote seleccionado.

Con las etiquetas impresas, se empaca el producto final colocándolo en su respectiva caja; por último, se coloca la etiqueta correspondiente. Después, el operador debe hacer una inspección visual de la etiqueta pegada en la caja. Si la etiqueta cumple con los criterios de aceptación definidos en las instrucciones de trabajo, se procede con el cierre de la orden de trabajo y envío a la siguiente estación; de lo contrario, si la etiqueta no cumple los criterios de aceptación, el operador debe notificar al líder de producción para efectuar una reimpresión en caso de que aplique.

## **4.2 MEDIR**

Siguiendo la metodología DMAIC, en su segunda etapa, correspondiente a medir, se llevan a cabo mediciones cuantitativas de los factores críticos que provocan un aumento en los tiempos muertos en la operación de empaque IGTD, además se analizan impactos económicos asociados a dichos factores.

Para cuantificar los datos de los siguientes análisis, se utilizan datos históricos y se corroboran los fallos actuales en el proceso mediante la técnica *gemba walk*, que permite realizar una observación directa de los fallos en el área de trabajo.

#### 4.2.1 Análisis de la tendencia de las causas de los fallos asociados a los tiempos muertos para la operación de empaque IGTD

Se analizan los datos del año 2024, específicamente en los meses de enero a noviembre, con la finalidad de poder encontrar las causas que generan tiempos muertos en la operación de empaque IGTD. En la siguiente tabla, se observan las causas estándar que ocasionan fallos:

Tabla 4.2: Causas estándar que generan tiempos muertos en la operación de empaque IGTD

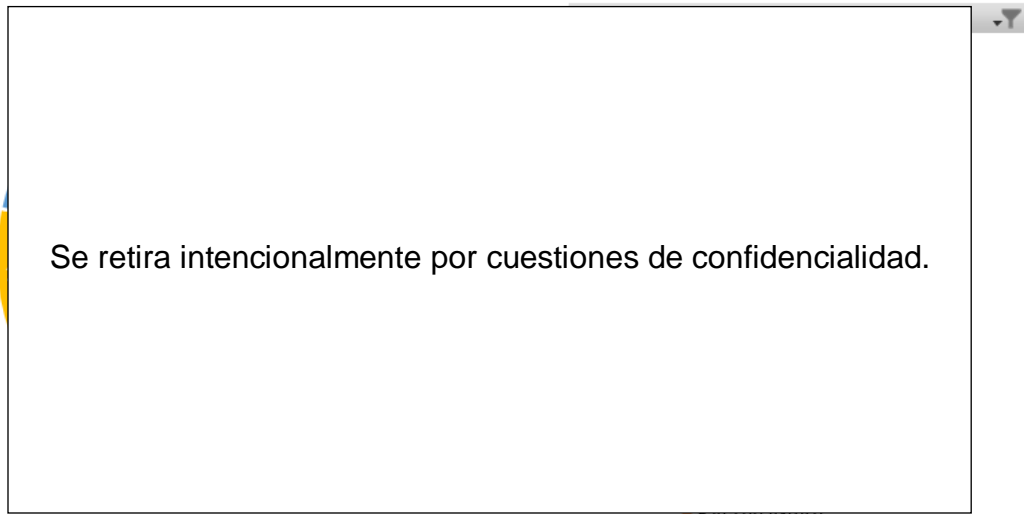
Causas que generan tiempos muertos
Ajuste de parámetros
Ilegibilidad
Calibración de la máquina
Atasco de etiquetas
Corrección de márgenes
Falta de personal
Mantenimiento
Falta de <i>fixture</i>
Sin sistema
Reunión
Falta de material
Error en la lectura de códigos
Faltante de cajas
Otros

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Una vez obtenidas las causas generales, se analizan los tiempos asociados a cada causa para definir si alguna produce más tiempos muertos. Así, a continuación, se aprecia un gráfico con el tiempo relacionado en horas a cada causa para el año 2024 (enero a noviembre):

Figura 4.11: Horas asociadas a tiempos muertos por causa, enero a noviembre 2024

**Horas asociadas a tiempos muertos por causa**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la siguiente tabla se muestran los datos completos de la figura anterior:

Tabla 4.3: Causas estándar y tiempos muertos asociados en horas (operación de empaque IGTD)

Causas de tiempos muertos	Tiempo (h)	%
A I C A C R T C S A R E R	Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.	

Fuente: Elaboración propia, 2025.

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, se puede inferir que las causas: ajuste de parámetros, ilegibilidad, calibración de la máquina, atasco de etiquetas y corrección de

márgenes representan el 86.6 % de las horas asociadas a tiempos muertos en la operación de empaque IGTD.

#### 4.2.2 Análisis estadístico de las impresoras del proceso IGTD

Se lleva a cabo un análisis de las causas que generan tiempos muertos en la operación de empaque IGTD, para identificar cuáles están asociadas a un fallo en las impresoras utilizadas; de este modo, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4.4: Causas de los tiempos muertos asociados a máquinas, año 2024

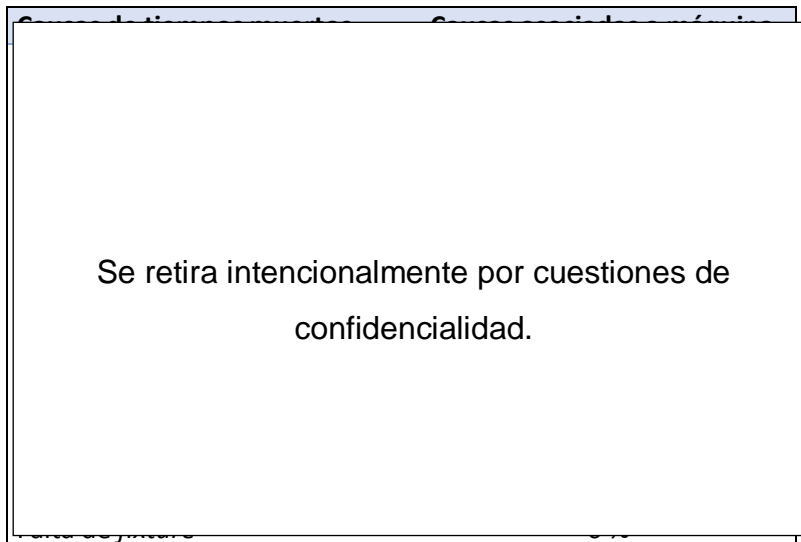
Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.
--

Fuente: Elaboración propia, 2025.

A partir del análisis de tiempos asociados a fallos en las impresoras, se determina que el 87 % de las causas están relacionadas a máquinas. En la tabla anterior se indica cómo por mes el mayor porcentaje de tiempos muertos se vincula a fallos en las impresoras.

En el año se comprueba que las causas ajuste de parámetros, ilegibilidad, calibración de la máquina, atasco de etiquetas y corrección de márgenes están 100 % asociadas a fallo por máquinas, como se detalla a continuación:

Tabla 4.5: Causas de tiempos muertos asociados a máquinas, año 2024

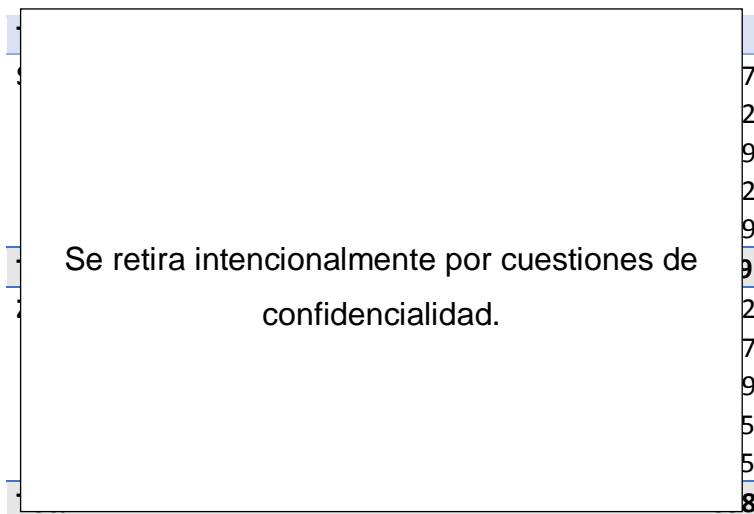


Fuente: Elaboración propia, 2025.

Respecto al proceso de empaque IGTD, se cuenta con dos modelos de impresoras, conocidas como SATO y ZEBRA; en ambas impresoras se pueden imprimir todos los productos.

Mediante un análisis de datos históricos y recolectando datos físicos en los meses de octubre y noviembre 2024 mediante la observación, se evidencia que existe una diferencia significativa en la generación de tiempos muertos según el tipo de impresora.

Tabla 4.6: Tiempos muertos en horas asociados al tipo de impresora de la operación de empaque IGTD

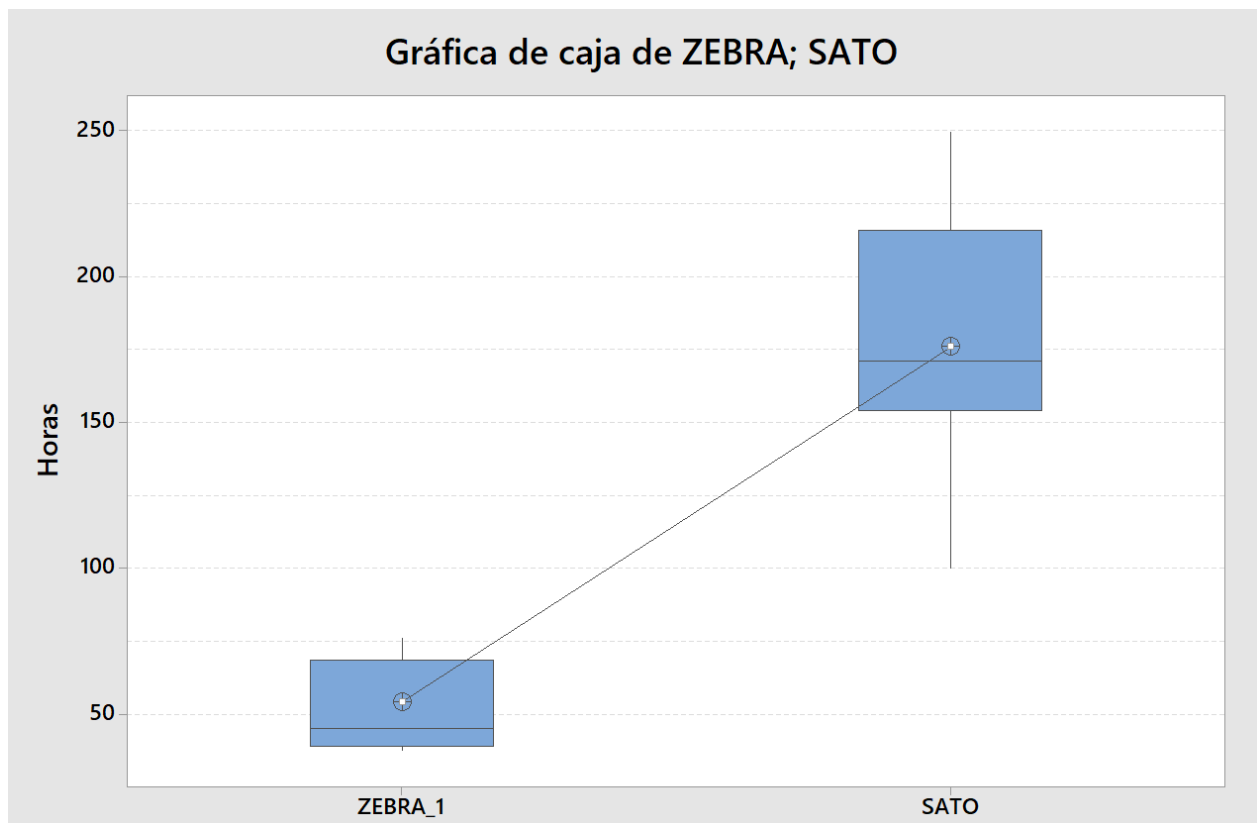


Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con el propósito de corroborar si existe variabilidad en los datos, se analizan las impresoras de la operación de empaque IGTD en Minitab. A partir del promedio de horas mensuales, se crea la siguiente gráfica de cajas en la cual se observa que el modelo de impresora genera variación sobre los tiempos muertos de la operación, esto evidencia cómo el modelo de impresora SATO presenta una mayor variabilidad entre los datos.

Además, existe una pendiente entre la comparación de modelos, identificada por la línea trazada entre las cajas del gráfico, esto indica que entre modelos también ocurre una variación importante. Por consiguiente, se analiza a fondo si las causas de los tiempos son afectadas por un modelo de impresora u otro.

Figura 4.12: Gráfica de cajas de las impresoras SATO y ZEBRA

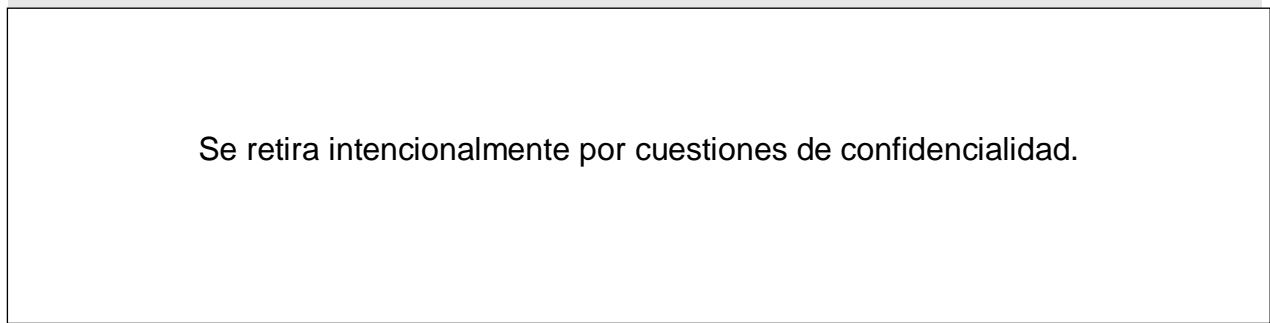


Fuente: Elaboración propia, 2025.

Se realiza un análisis en Minitab acerca de las medias de las impresoras SATO y ZEBRA, para verificar si las medias de las impresoras varían significativamente entre sí.

Por lo tanto, en la siguiente figura se comprueba que la media de SATO es mucho mayor que la de ZEBRA, utilizando un nivel de confianza del 95 %, donde el P-value presenta un valor de 0.001 menor al 0.05 del nivel de significancia.

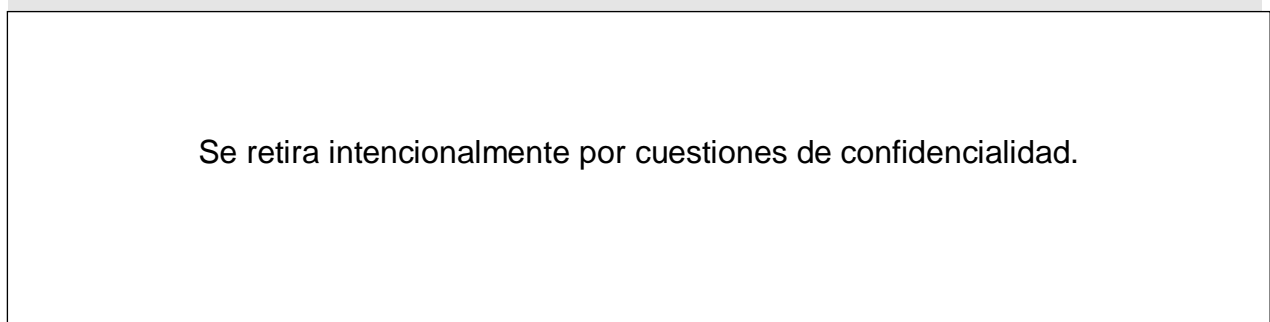
Figura 4.13: Análisis de las medias para las impresoras SATO y ZEBRA



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A continuación, se muestra un análisis estadístico relacionado a las varianzas de las impresoras. En este se concluye, con un nivel de confianza del 95 %, que la desviación estándar de SATO es mucho mayor que la de ZEBRA con un P-value de 0.013, menor al nivel de significancia de 0.05.

Figura 4.14: Análisis de la desviación estándar para las impresoras SATO y ZEBRA



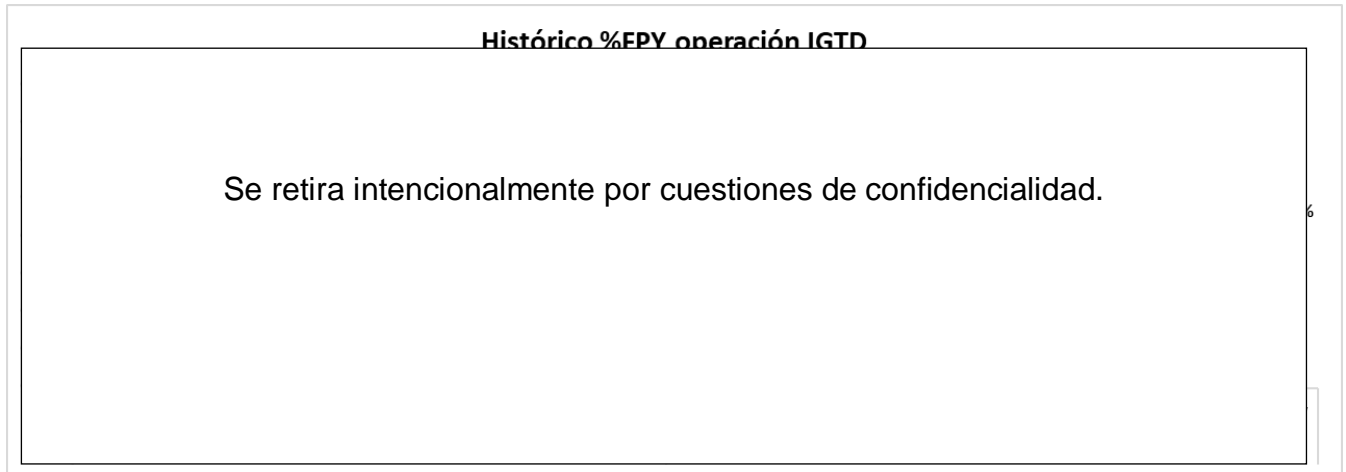
Fuente: Elaboración propia, 2025.

#### **4.2.3 Análisis FPY (pasa a la primera)**

El porcentaje de FPY representa la cantidad de impresiones que pasan exitosamente en una primera impresión y no requieren de reprocesos. En cuanto a esto, la meta establecida por la empresa para la operación de empaque IGTD es de 96 % mensual.

A continuación, se muestra un histórico del comportamiento del FPY de marzo 2023 a noviembre 2024, en el cual se evidencia un deterioro en el indicador a partir de noviembre del 2023, y se mantiene el impacto durante el año 2024:

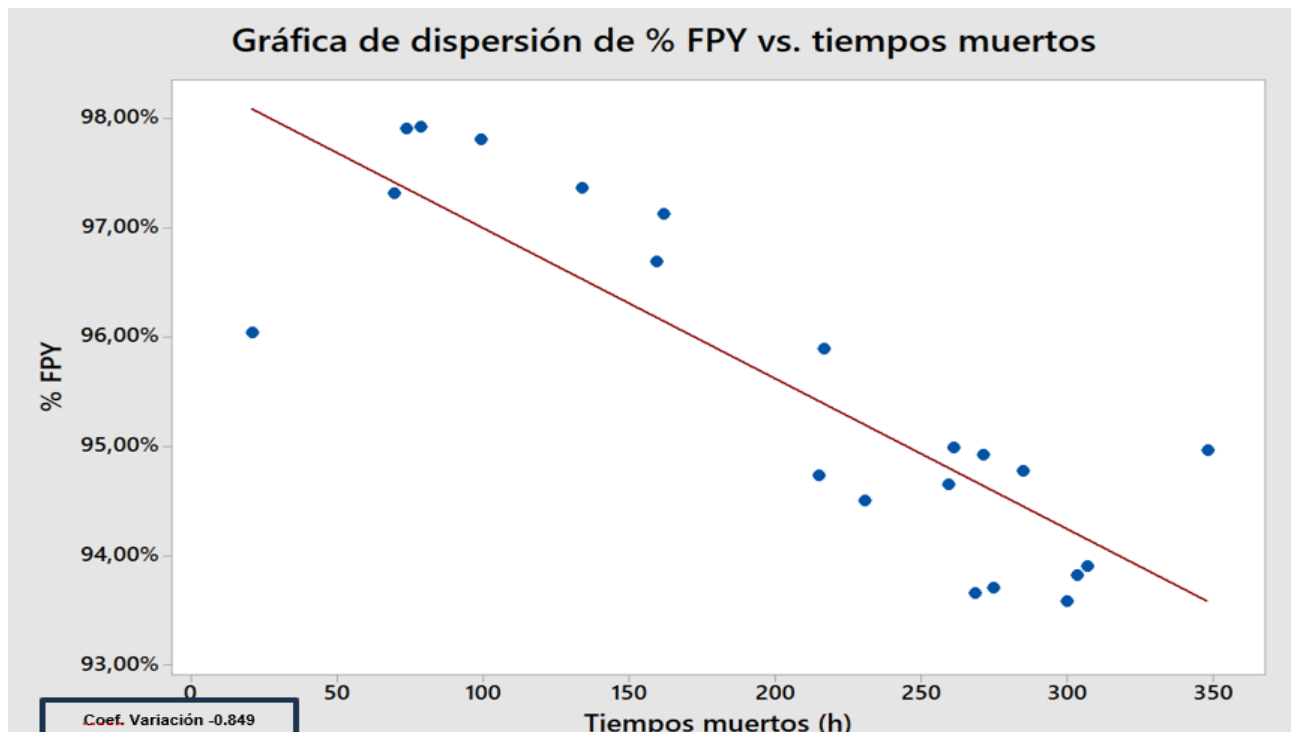
Figura 4.15: Análisis histórico del porcentaje FPY



Fuente: Elaboración propia, 2025.

A partir de los datos anteriores, se realiza un análisis de correlación, para lo que se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson, pues se analizan datos cuantitativos.

Figura 4.16: Análisis de correlación



Fuente: Elaboración propia, 2025.

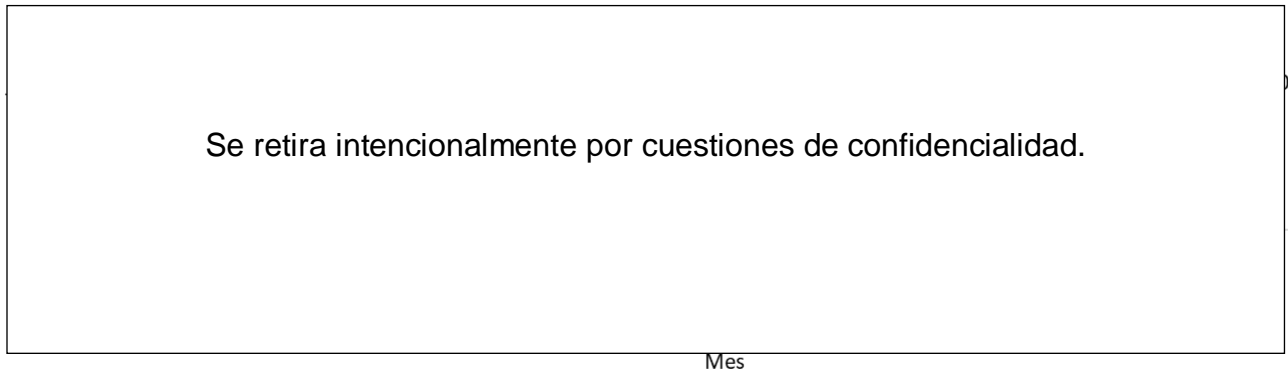
El resultado del análisis refleja un valor de -0.849, esto indica que hay una relación estrecha entre el porcentaje FPY y los tiempos muertos de producción en la operación de empaque IGTD. Por lo tanto, se interpreta que a medida que los tiempos muertos aumentan, el porcentaje de FPY disminuye y viceversa.

#### 4.2.4 Análisis histórico del impacto económico asociado a tiempos muertos generados en la operación de empaque IGTD

Durante los meses de enero a noviembre 2024 se detecta un impacto económico importante para la empresa Philips, ya que en promedio por mes se materializan pérdidas por horas extras aplicadas a reposición por tiempos muertos para lograr alcanzar metas productivas de \$ 75 000.

Como lo muestra el siguiente gráfico, el impacto varía entre meses e incluso en algunos como agosto llega a ser de hasta \$ 86 484.

Figura 4.17: Impacto económico en la operación de empaque IGTD



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Estos impactos provocan que la Gerencia General brinde gran importancia al proyecto, así como apoyo total para encontrar la causa raíz que permita minimizar tiempos muertos.

### **4.3 ANALIZAR**

En esta etapa se realiza un análisis con el objetivo de identificar las causas que producen la mayor cantidad de tiempos muertos en la empresa y, con esto, detectar la causa raíz del problema y proponerle mejoras a la compañía; para ello, se desarrollan las siguientes herramientas.

#### **4.3.1 Lluvia de ideas**

Se llevan a cabo tres sesiones con los expertos del proceso, la primera sesión es con los colaboradores del turno A y la segunda con los colaboradores de los turnos B y C. Específicamente, los participantes de cada sesión se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.7: Colaboradores participantes en la lluvia de ideas

Turno	NOMBRE
A	Supervisor
	Líder
	Coordinador
	Ingeniero
B y C	Supervisor turno B
	Supervisor turno C
	Líder turno B
	Líder turno C
	Coordinador turno B
	Coordinador turno C
	Ingeniero turno B

Fuente: Elaboración propia, 2025.

El enfoque de las sesiones 1 y 2 es generar ideas de posibles causas que originan tiempos muertos en la operación de empaque IGTD. Así, se realiza una sesión con el turno A y otra con el B y C, con la idea de evitar sesgos en la información.

El proceso para la simplificación de la lluvia de ideas es el siguiente:

- Se anotan todas las ideas en dos pizarras, de manera que estén visibles tanto las ideas de los colaboradores del turno A como las del B y C.
- Se efectúa una sesión 3 en la que se incluyen todos los colaboradores en una sola sala.
- Se repasan las ideas generadas con todos los colaboradores para detectar similitudes entre ideas y agruparlas.
- En una pizarra, se colocan grupos de ideas iguales y se les asigna un nombre en el cual se puedan agrupar.
- Una vez agrupadas, se revisan de nuevo para verificar que no quede nada por fuera o surja una nueva idea por clasificar.

Con las ideas listas y agrupadas, se obtiene la siguiente lluvia de ideas simplificada para la operación de empaque IGTD:

Figura 4.18: Lluvia de ideas



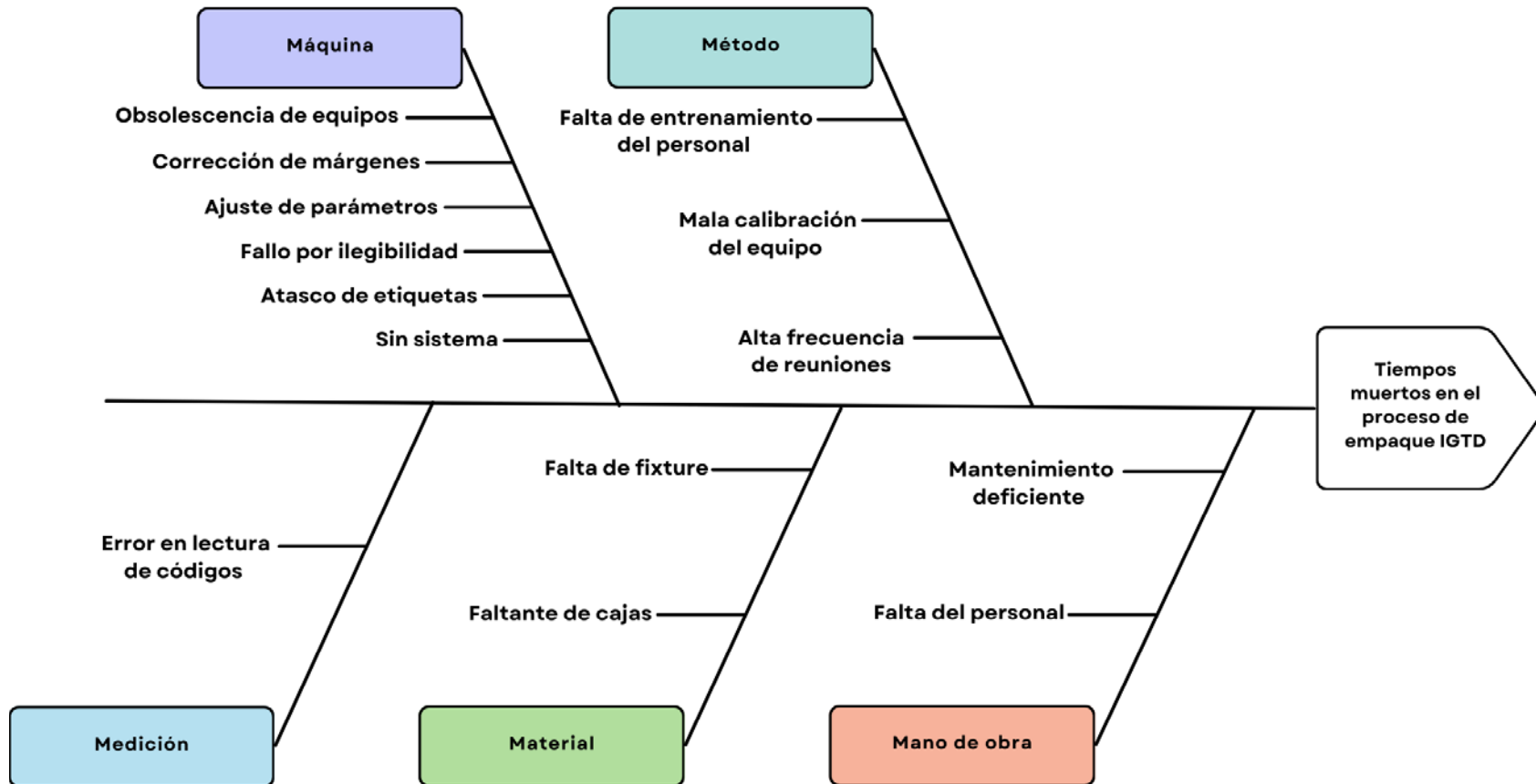
Fuente: Elaboración propia, 2025.

### 4.3.2 Diagrama de Ishikawa

A partir de la lluvia de ideas anterior, se construye un diagrama de Ishikawa que sirve para facilitar la identificación de las causas de los problemas por resolver y evaluar los factores que influyen en el problema de aumento de tiempos muertos del proceso de empaque IGTD.

La siguiente figura muestra el diagrama de Ishikawa resultante:

Figura 4.19: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia, 2025.

- **Máquina**

**Obsolescencia de equipos:** desde noviembre 2023 los equipos de impresión de etiquetas SATO se encuentran obsoletos porque muchos de los componentes se han ido descontinuando y en el mercado solo se hallan componentes de tipo genérico, los cuales no son de buena calidad ni durabilidad, esto genera la necesidad de realizar reemplazos de forma continua, lo que eleva los costos de la empresa.

**Corrección de márgenes:** esta causa se relaciona con los fallos que presentan las impresoras, en su mayoría las producidas por SATO, pues este equipo está obsoleto y trabaja con componentes genéricos. Los componentes genéricos provocan que cuando se ejecutan cambios de rollos en las etiquetas estos no se ajusten al 100 %, por lo tanto, se debe realizar múltiples veces la misma configuración y en muchos casos está queda incorrecta y ocasiona que los márgenes de las etiquetas queden corridos, cortados o ilegibles.

**Ajuste de parámetros:** al hacer cualquier cambio de producto en las impresoras, estas deben configurarse con el parámetro correspondiente. En las impresoras SATO, el ajuste de parámetros no se está dando de manera automática al seleccionar el producto porque esta función no se encuentra habilitada, por consiguiente, los colaboradores deben ajustar de forma manual cada parámetro. Por otra parte, los operadores en muchos de los cambios no tienen claros cuáles son los parámetros adecuados y deben llamar al Departamento de Soporte Técnico con el fin de que les brinden la información o intervengan directamente el equipo.

**Fallo por ilegibilidad:** las impresoras de la operación de empaque IGTD cuentan con ajustes de calidad de impresión, pero el principal problema en la impresora SATO, a diferencia de la ZEBRA, es que la calidad de impresión se limita a 200 DPI, esto técnicamente es una calidad de impresión baja, por ende, en algunos casos se obtienen etiquetas ilegibles que dificultan interpretar parte del contenido. También se presentan fallos en los escaneos de los QR que lleva la etiqueta, no se visualizan bien los símbolos, números, entre otros.

**Atasco de etiquetas:** el atasco de etiquetas en la impresora SATO sucede en específico debido a que el sensor NAT es obsoleto y no se halla un reemplazo, ni original ni genérico, con el cual pueda sustituirse. En algunos casos, el sensor no

diferencia el inicio y fin de una etiqueta, esto causa atascos. Actualmente se debe limpiar el sensor cada vez que ocurre este fallo. El equipo SATO no está fabricado para corridas largas de impresión como las requeridas hoy por la empresa.

En cuanto a la impresora ZEBRA, los atascos de etiquetas se asocian a la incorrecta colocación de los rollos de etiquetas por parte de los colaboradores y no por fallos en la impresora en general.

**Sin sistema:** esta causa de tiempos muertos se vincula al mantenimiento programado de los sistemas para corrección y/o prevención de la red de sistemas.

- **Método**

**Falta de entrenamiento del personal:** los colaboradores no se encuentran entrenados de forma correcta para el manejo de las impresoras, ya que se requieren detalles técnicos para poder manipularlas de manera correcta y, así, evitar fallos por manipulación incorrecta. En la actualidad, el proceso no cuenta con un procedimiento detallado técnicamente con el cual se puedan ajustar las impresoras por parte de los colaboradores cuando los fallos sean fáciles de resolver, sino que por la falta de experiencia se llama al equipo de soporte y se generan tiempos muertos por espera de atención técnica.

**Mala calibración del equipo:** la mala calibración del equipo se asocia en gran medida a la falta de capacitación de los colaboradores de la operación; adicional, en la máquina SATO se presenta una descalibración frecuente debido al volumen de impresiones requeridas por la empresa. En la actualidad, se utiliza el componente genérico cabezal que provoca continuamente fallos en la calibración.

**Alta frecuencia de reuniones:** se generan muchas reuniones a lo largo de la jornada de trabajo, lo cual origina tiempos muertos en la operación. Se deben atender reuniones al inicio y fin de todas las jornadas, además de reuniones de carácter informativo a las que asisten desde operarios hasta los líderes de producción.

- **Medición**

**Error en la lectura de códigos:** el error en la lectura de códigos se produce por el mal uso del escáner para la lectura de los códigos en la etiqueta.

- **Material**

**Faltante de cajas:** ocurre por la falta de cajas en el proceso de empaque. Este faltante puede tener diversas causas, desde mala planificación, vencimientos de material o atrasos de entregas por parte de la cadena de suministro.

**Faltante de *fixture*:** principalmente se genera debido al crecimiento del volumen de producción y al deterioro de algunos de los *fixtures* utilizados a diario.

- **Mano de obra**

**Mantenimiento deficiente:** por falta de criterio técnico, el único mantenimiento en las impresoras es de tipo mecánico y solo se contemplan mayormente las partes móviles o de fricción, por esto en algunas ocasiones se omite el mantenimiento preventivo vinculado de modo directo a la parte técnica del equipo, como lo son el ajuste de parámetros, la limpieza de sensores, la calibración de sensores, etc.

**Falta del personal:** puede ocurrir por diferentes factores como las incapacidades, rotación de personal, vacaciones o incluso por la reposición de personal. También se deben contemplar los posibles despidos.

### 4.3.3 Matriz multivoto

Basándose en el diagrama de Ishikawa, se construye una matriz multivoto para aplicarla a los colaboradores expertos que participan en la generación de la lluvia de ideas (ver matriz vacía en el apéndice 2).

Esta herramienta permite priorizar, según un puntaje asignado a cada colaborador, las causas asignadas, ya sea a máquina, método, mano de obra, medición o materiales.

Cabe resaltar que no se utiliza “medio ambiente” dentro de las 5M porque el proyecto no impacta ningún aspecto relacionado con este.

Los pasos especificados a los colaboradores para llenar la matriz son los siguientes:

- Cada colaborador llena una matriz.
- El puntaje total definido de calificación es de 100 puntos.
- Los puntos se asignan según el análisis de relevancia de cada colaborador experto, impacta de mayor manera el que tenga un mayor puntaje.
- El total de los puntos asignados debe sumar 100.

A cada colaborador se le asigna una abreviatura para poder consolidar la matriz estratégica en una sola. Seguidamente, se muestran las abreviaturas para cada colaborador:

Tabla 4.8: Abreviaturas de los colaboradores

<b>NOMBRE</b>	<b>ABREVIATURA</b>
<b>Supervisor turno A</b>	<b>SP A</b>
<b>Supervisor turno B</b>	<b>SP B</b>
<b>Supervisor turno C</b>	<b>SP C</b>
<b>Líder turno A</b>	<b>LD A</b>
<b>Líder turno B</b>	<b>LD B</b>
<b>Líder turno C</b>	<b>LD C</b>
<b>Coordinador turno A</b>	<b>CO A</b>
<b>Coordinador turno B</b>	<b>CO B</b>
<b>Coordinador turno C</b>	<b>CO C</b>
<b>Ingeniero turno A</b>	<b>ING A</b>
<b>Ingeniero turno B</b>	<b>ING B</b>

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Una vez asignadas las abreviaturas a los colaboradores, se procede con la consolidación de la matriz. Al respecto, se debe sumar todos los resultados de los colaboradores y se asigna el porcentaje de peso según el total de cada causa. Así, se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 4.9: Matriz multivoto consolidada

Matriz Multivoto														
5 M	Causa	SP A	SP B	SP C	LD A	LD B	LD C	CO A	CO B	CO C	ING A	ING B	Total	%
Máquina	Obsolescencia de equipos	20	15	18	16	17	16	19	16	18	18	19	192	17%
	Ajuste de parámetros	15	10	9	12	13	11	12	15	14	17	16	144	13%
	Fallo por ilegibilidad	10	15	13	14	14	13	12	14	11	15	13	144	13%
	Atasco de etiquetas	10	12	10	9	10	13	10	12	13	11	11	121	11%
	Corrección de márgenes	10	12	13	9	11	11	13	15	10	9	10	123	11%
	Sin sistema	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	26
Método	Falta de entrenamiento del personal	10	8	6	11	9	6	7	5	10	12	12	96	9%
	Mala calibración del equipo	10	12	10	11	12	10	9	8	10	6	6	104	9%
	Alta frecuencia de reuniones	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	16	1%
Mano de obra	Falta del personal	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	15	1%
	Mantenimiento Deficiente	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	16	1%
Medición	Error en lectura de códigos	5	6	8	6	5	6	6	6	5	6	6	65	6%
Materiales	Faltante de cajas	1	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	20	2%
	Falta de fixture	1	2	3	1	1	3	2	1	1	1	2	18	2%
Total puntos		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1100	100%

Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la matriz multivoto se observa cómo las causas de mayor peso, de acuerdo con los colaboradores expertos, se asocian a máquinas y método. A continuación, se detalla el peso y porcentaje obtenidos para cada causa:

Tabla 4.10: Causas de mayor peso de la matriz multivoto

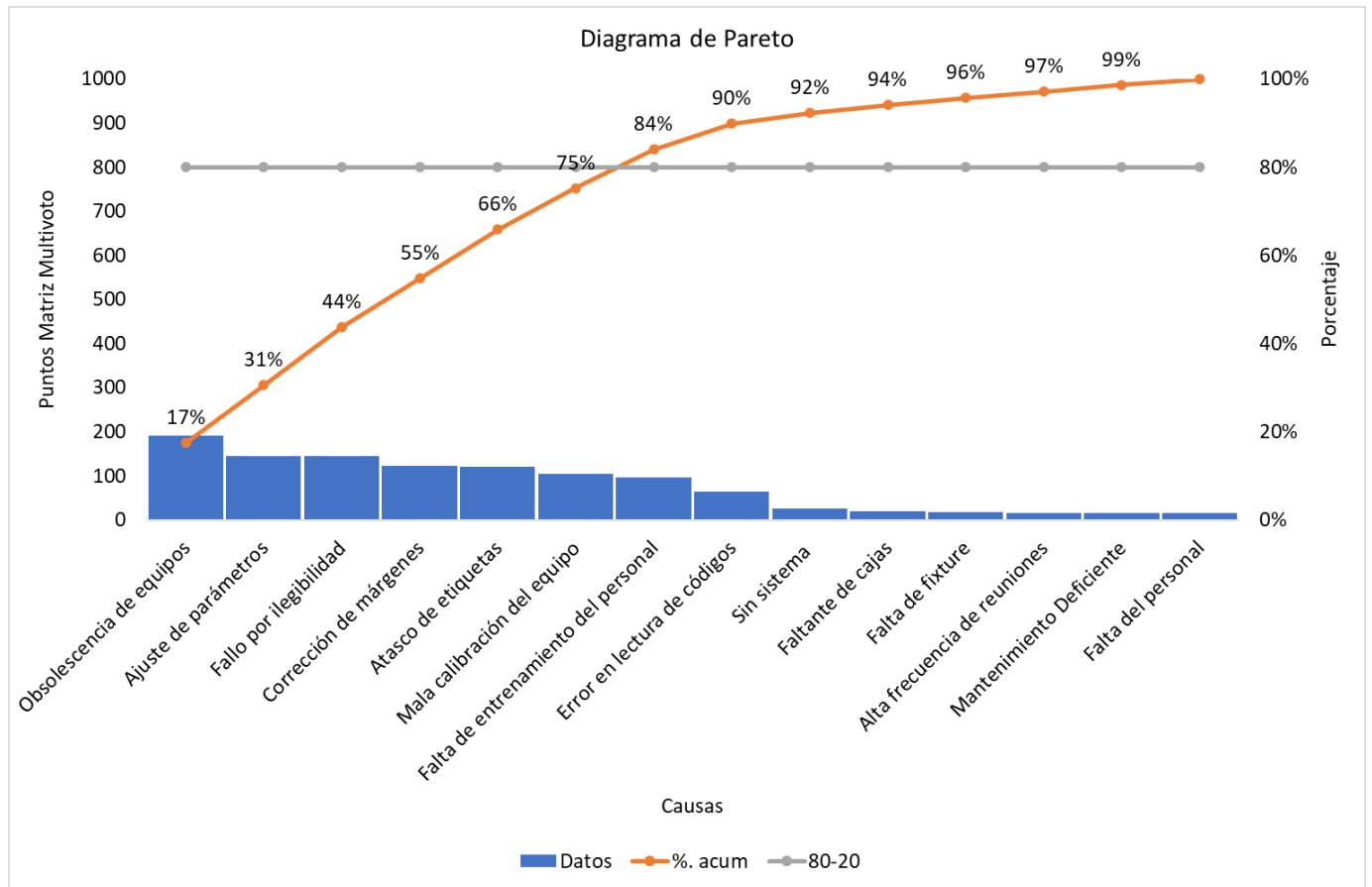
5 M	Causa	Total	%
Máquina	Obsolescencia de equipos	192	17 %
	Ajuste de parámetros	144	13 %
	Fallo por ilegibilidad	144	13 %
	Corrección de márgenes	123	11 %
	Atasco de etiquetas	121	11 %
	Mala calibración del equipo	104	9 %
Método	Falta de entrenamiento del personal	96	9 %

Fuente: Elaboración propia, 2025.

#### 4.3.4 Diagrama de Pareto

Identificadas las causas de mayor peso, se crea un diagrama de Pareto que permita priorizarlas. Esta metodología posibilita determinar el 20 % de las causas que generan el 80 % de los problemas de tiempos muertos de la operación IGTD.

Figura 4.20: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Así, se define como causas críticas por atacar para poder solventar el problema de tiempos muertos de la operación de empaque IGTD a las siguientes según el Pareto anterior:

- Obsolescencia de equipos.
- Ajuste de parámetros.
- Fallo por ilegibilidad.
- Corrección de márgenes.
- Atasco de etiquetas.
- Mala calibración del equipo.
- Falta de entrenamiento del personal.

Las 7 causas anteriores suman el 84 % del problema acumulado, pues la última causa, llamada falta de entrenamiento del personal, se incluye en este análisis 80-20 a solicitud de la compañía.

## **CAPÍTULO V. PROPUESTA**

## **5.1 MEJORAR**

Una vez definidas las causas críticas por atacar en la división IGTD, se realizan propuestas de mejora para disminuir los tiempos muertos e incrementar el FPY de la operación de empaque IGTD.

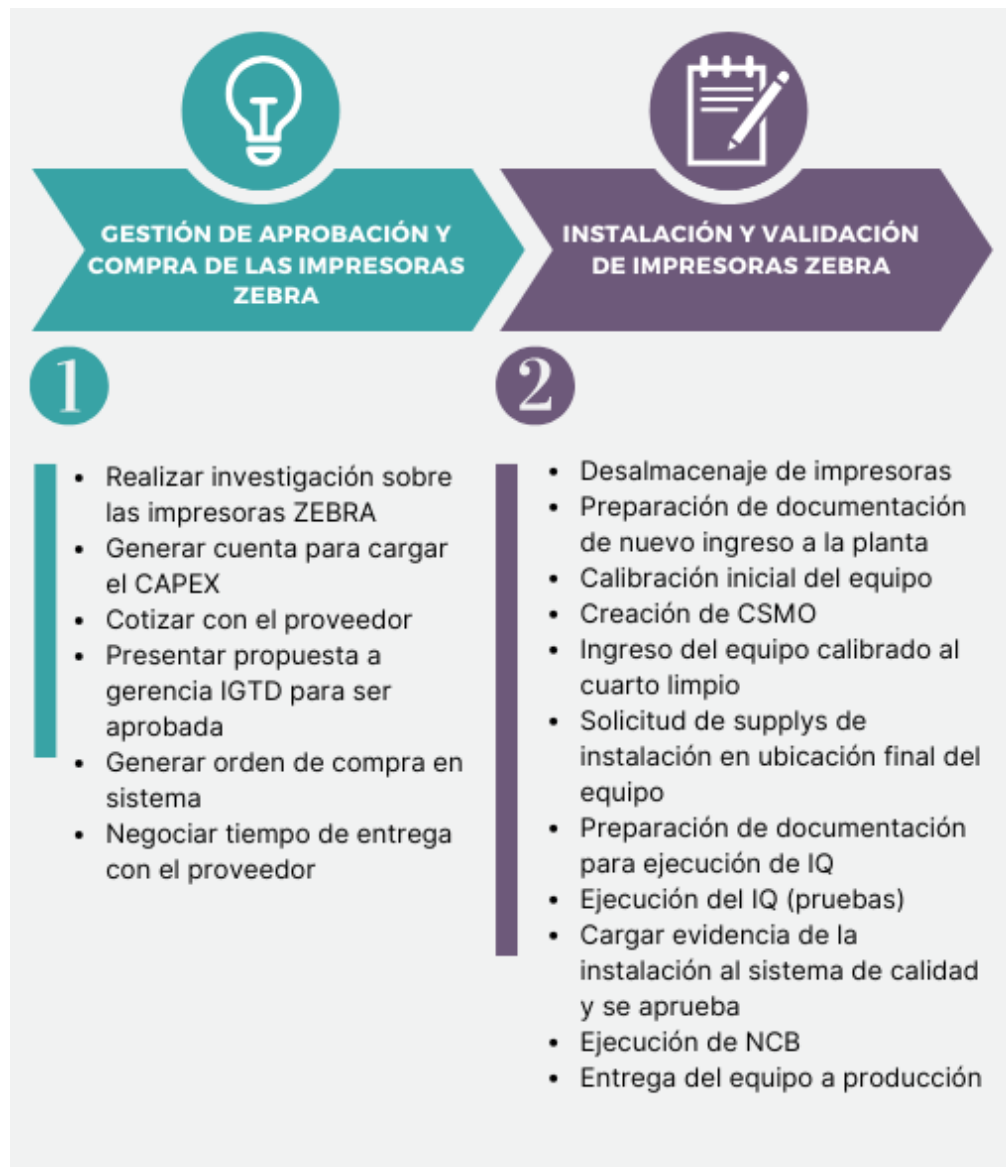
### **5.1.1 Propuesta de sustitución de impresoras**

La primera propuesta formulada se basa en la búsqueda de opciones de mejora en las máquinas. Así, se concluye que las impresoras marca SATO del proceso de empaque IGTD son obsoletas, por lo tanto, no se fabrican repuestos originales, solo se encuentran en el mercado repuestos genéricos, de alto costo y poca durabilidad.

Al hallarse obsoletas, generan la mayor cantidad de causas que provocan tiempos muertos en la operación, pues con anterioridad se expuso que el ajuste de parámetros, fallo por ilegibilidad, corrección de márgenes y atasco de etiquetas se asocian 100 % a fallos en el equipo SATO.

De este modo, se lleva a cabo una propuesta completa para la sustitución de las impresoras SATO por impresoras ZEBRA. A continuación, se muestran los pasos por seguir para cumplir esta sustitución desde que se compra el equipo hasta su entrega a producción:

Figura 5.1: Etapas para ejecutar el cambio de impresoras



Fuente: Elaboración propia, 2025.

### 1. Gestión de aprobación y compra de las impresoras ZEBRA

Este proceso es estándar en la compañía y se debe efectuar para la compra de cualquier tipo de equipo o máquina, ya que se necesita la documentación completa y correcta con el propósito de aprobar la gestión de compra.

- **Realizar una investigación sobre las impresoras ZEBRA:** en primer lugar, se lleva a cabo una investigación con relación a la capacidad y calidad de impresión

necesarias para los procesos productivos de Philips, tomando en cuenta las condiciones y requerimientos internos actuales de la compañía.

**Responsable:** autor de la investigación.

- **Generar una cuenta para cargar el CAPEX:** se realiza con la intención de facilitar la información sobre el dinero disponible para invertir en la compra de las impresoras. La cuenta CAPEX sirve como un balance entre inversión y retorno. La ejecución se hace a nivel del sistema interno de la compañía con supervisión y aprobación de las áreas productivas y el Departamento de Etiquetado.

**Responsable:** autor de la investigación.

- **Cotizar con el proveedor:** la compañía ya cuenta con un proveedor de esta marca por lo que la cotización de las impresoras se efectúa directamente con este, lo cual evita tiempos de espera.

**Responsable:** autor de la investigación.

- **Presentar la propuesta a la Gerencia IGTD para ser aprobada:** se presenta la documentación (CAPEX y cotización) a la Gerencia IGTD para su análisis y aprobación.

**Responsable:** autor de la investigación.

- **Generar la orden de compra en el sistema:** lista la aprobación por parte de la Gerencia IGTD, se crea la orden de compra en Ariba para las aprobaciones faltantes en cuanto a la creación de la orden de compra y la solicitud de los equipos.

**Responsable:** autor de la investigación.

- **Negociar el tiempo de entrega con el proveedor:** debido a la urgencia e impacto del proyecto, se lleva a cabo directamente una negociación con el proveedor para reducir el tiempo de entrega de los equipos. Cabe mencionar que el proveedor es local (se encuentra en Costa Rica), por ende, dentro de dicha negociación, realizada el 15 de enero del 2025, se logra una entrega parcial de equipos acordada para el 5 de febrero del 2025.

**Responsable:** autor de la investigación.

## 2. Instalación y validación de las impresoras ZEBRA

Este proceso debe ejecutarse con todos los equipos o máquinas que ingresan a la compañía Philips, al ser parte de los procesos validados dentro del QMS (Quality Management System) para garantizar que los equipos cumplen con los requerimientos y, de esta manera, puedan instalarse dentro de los cuartos limpios.

- **Desalmacenaje de las impresoras:** para realizar el desalmacenaje de los equipos que llegan al área de bodega, se debe llenar una boleta de retiro, presentar la cotización para comprobar las cantidades y, de ser necesario, efectuar anotaciones si fuera algún tipo de entrega parcial. Este proceso lo debe llevar a cabo la persona que con anterioridad hace la compra de los equipos.

**Responsables:** autor de la investigación y Departamento de Mantenimiento.

- **Preparación de la documentación de nuevo ingreso a la planta, crear placa de identificación:** cuando los equipos son desalmacenados, se debe registrar toda la documentación necesaria para realizar el seguimiento y el rastreo adecuando dentro de la compañía. Esta documentación requiere información como: tipo de equipo, número de serie, ubicación final, entre otros detalles, con el objetivo de asignar una placa de identificación única a cada uno de los equipos y, de esta forma, rastrear todos sus movimientos, calibración y mantenimientos futuros.

**Responsable:** autor de la investigación.

- **Calibración inicial del equipo:** toda la documentación previamente realizada se facilita al Departamento de Calibraciones para que este efectúe el tipo de calibración adecuada de acuerdo con el tipo de equipo y la información que se le brinda mediante los formularios de identificación de los equipos.

**Responsable:** Departamento de Calibraciones.

- **Creación del CSMO:** el CSMO es un requisito indispensable para movilizar los equipos dentro de la planta de manufactura, específicamente en los cuartos limpios, ya que al ser ambientes controlados se debe llenar una solicitud para que el Departamento de Microbiología lleve a cabo una serie de muestreos de partículas antes, durante y después de ingresar cualquier equipo al cuarto limpio (piso de producción).

**Responsable:** autor de la investigación.

- **Ingreso del equipo calibrado al cuarto limpio:** una vez que el equipo esté calibrado y se haya realizado la gestión del CSMO, el equipo se ingresa al cuarto limpio y se ubica en el espacio indicado por el Departamento de Producción.

**Responsables:** autor de la investigación y Departamento de Mantenimiento.

- **Solicitud de *supplies* de instalación en la ubicación final del equipo:** en algunas ocasiones se solicitan conexiones específicas o especiales al Departamento de Facilidades porque este debe acondicionar el espacio en el cual se ubica el equipo. En este caso, dado que las impresoras no necesitan ningún tipo de conexión especial, solo se notifica vía correo al Departamento de Facilidades acerca de no requerirse instalaciones especiales.

**Responsable:** Departamento de Facilidades.

- **Preparación de la documentación para la ejecución de IQ:** todos los equipos deben tener un plan de validación, esto garantiza que el equipo instalado cumple con todos los criterios de aceptación según su respectivo plan de validación y los estándares de calidad.

**Responsable:** autor de la investigación.

- **Ejecución del IQ (pruebas):** las pruebas obtenidas de la ejecución del IQ son la evidencia tangible de que el equipo se probó en todo su rango de funcionalidad y supera los estándares de calidad establecidos, con esto se demuestra que el equipo es totalmente funcional y operativo.

**Responsable:** autor de la investigación.

- **Se sube evidencia de la instalación al sistema de calidad y se aprueba:** cuando se termina de realizar el reporte de IQ del equipo, este debe subirse al sistema de calidad de Philips, donde esta información y reporte se almacenan de manera digital, así queda resguardada toda la información para futuras auditorías internas y externas a las cuales se someten los procesos. La finalidad de la evidencia es garantizar que todo el proceso de instalación se ejecuta de forma adecuada.

**Responsables:** autor de la investigación y Departamento de Calidad.

- **Ejecución de NCB:** los NCB son pruebas funcionales utilizadas con el objetivo de verificar que el equipo se valida con éxito y ahora es totalmente funcional para emplearse en productos comerciales.

**Responsable:** autor de la investigación.

- **Entrega del equipo a producción:** completos todos los pasos y procesos anteriores, se hace la activación y entrega del equipo a producción.

**Responsables:** autor de la investigación y Departamento de Producción.

### 5.1.1.1 Detalle de los costos de implementación

En la siguiente tabla se detallan los costos asociados a la implementación de la propuesta:

Tabla 5.1: Resumen de los costos de la propuesta 1

<p>Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.</p>
---

Fuente: Elaboración propia, 2025.

El costo de la implementación del cambio a las impresoras ZEBRA es . Al respecto, se aprueba la compra de 13 impresoras para contar con 4 reemplazos en caso de que alguna falle y se necesite cambiar rápidamente.

El costo por instalar y validar las 13 impresoras ronda en promedio  ya que se estima una duración aproximada de 80 horas, esto equivale a un costo por hora hombre  Este costo se relaciona al salario de la posición experta que valida los equipos.

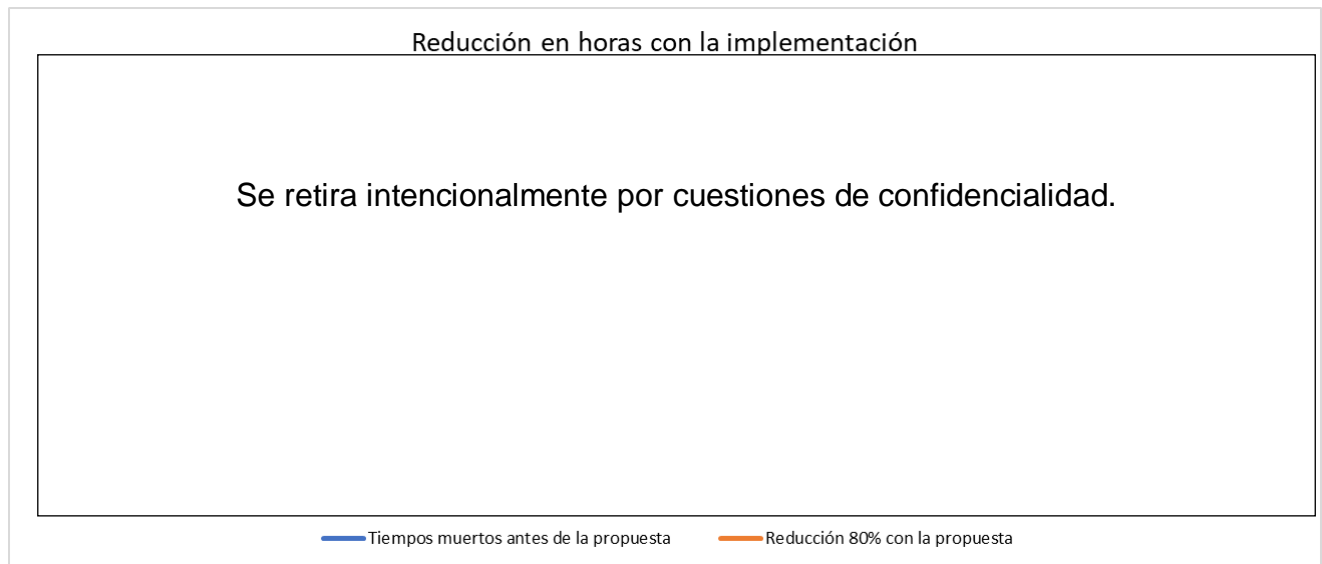
Por lo tanto, el costo total del cambio de las impresoras, tomando en cuenta la instalación y validación de los equipos, es de

### 5.1.1.2 Reducción esperada en tiempo con la implementación de la propuesta 1

Con la implementación de la propuesta, se estima reducir en un 80 % los tiempos muertos presentes en la operación de empaque IGTD durante 2024, esto equivale a una reducción anual de 1583 horas y mensual de 140 horas en promedio.

En el siguiente gráfico se observa la reducción del 80 % de los tiempos muertos producidos en 2024 y cómo se estima que durante el 2025 esta tendencia decrezca.

Figura 5.2: Comparación de tiempos con la implementación de la propuesta 1

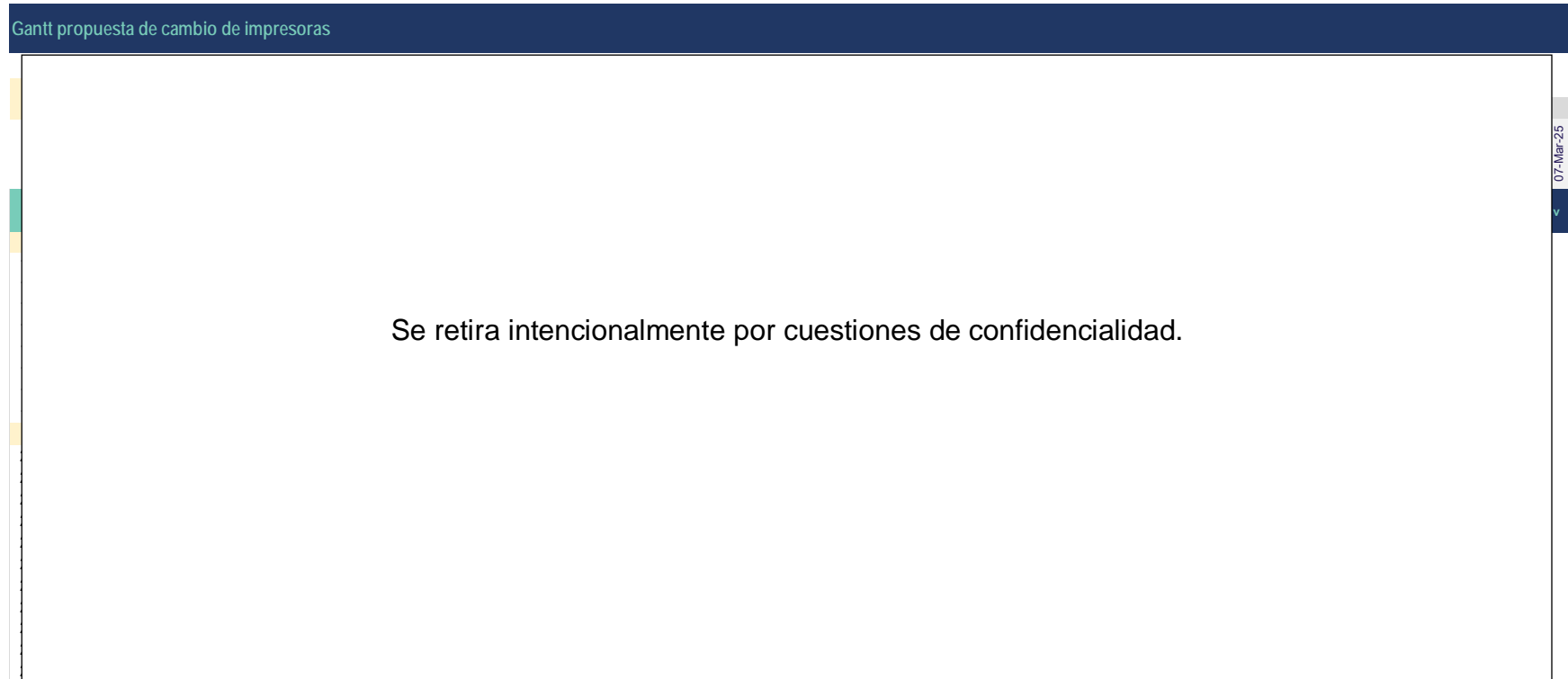


Fuente: Elaboración propia, 2025.

### 5.1.1.3 Gantt de la implementación de la propuesta 1

Respecto a la implementación de la propuesta anterior, se estima el tiempo necesario por actividad mediante un diagrama de Gantt que muestra de manera visual el tiempo requerido para cada una de las actividades. A continuación, se aprecia el diagrama de Gantt completo para la propuesta:

Figura 5.3: Gantt de la propuesta 1



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la figura anterior se observa que la implementación de la propuesta inicia el 18 de diciembre del 2024 y termina aproximadamente el 21 de febrero del 2025, lo cual equivale a 5 semanas con el propósito de lograr la implementación parcial. Ahora bien, se realiza una implementación parcial porque el proveedor de los equipos efectúa primero la entrega de la mitad de los equipos y luego el restante, por lo que en el Gantt se define la implementación parcial completa a la espera de la entrega de los segundos equipos para completar la compra.

### 5.1.2 Propuesta de entrenamiento y mantenimiento basados en TPM

La segunda propuesta es crear e implementar una metodología fundamentada en los principios básicos del TPM (*total productive maintenance*) para que los colaboradores solventen, en la medida de lo posible, los principales problemas de las impresoras sin necesidad de esperar por un técnico especialista, además de hacer que los operadores también se sientan responsables por el uso y mantenimiento de las impresoras.

Al implementar esta metodología, se atacan directamente las causas asociadas a ajuste de parámetros, corrección de márgenes, atasco de etiquetas y mala e incorrecta calibración del equipo.

A continuación, se muestran los 6 pasos para la implementación de la metodología de entrenamiento y mantenimiento basada en TPM:

Figura 5.4: Pasos para ejecutar la metodología basada en TPM

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentar el proyecto a la gerencia de la división IGTD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación y sensibilización del personal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación de un equipo TPM por turno de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar al personal para realizar mantenimientos autónomos de las impresoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llevar a cabo un análisis mensual de las principales fallas de las impresoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar mensualmente los resultados de cumplimiento del indicador de rendimiento FPY</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, 2025.

### **Paso 1: Presentar el proyecto a la gerencia de la división IGTD**

La finalidad de presentarle el proyecto a la Gerencia IGTD es contar con el apoyo posible para la implementación de las acciones requeridas que permitan el éxito de la metodología.

Así, el martes 7 de enero del 2025 se efectúa una reunión con el gerente de la división IGTD. En esta se expone la necesidad de implementar una metodología con la cual se pueda dar una solución rápida y efectiva a los principales problemas que se generan en empaque IGTD, específicamente en las impresoras actuales.

Adicional, junto con la gerencia se plantea la estrategia por seguir para la concientización del personal, la misma inicia con la capacitación interna mediante una PPT con datos históricos relevantes en cuanto a los diferentes tipos de fallos existentes en la operación. Lo anterior para concientizar y dar a conocer el problema acerca del aumento de tiempos muertos en la división.

**Responsable:** autor de la investigación.

### **Paso 2: Formación y sensibilización del personal**

En el paso 2 de la metodología, se realiza una sesión de capacitación para todos los colaboradores que están directamente relacionados con la operación de impresión de la división.

De esta forma, en la sesión llevada a cabo el martes 14 de enero del 2025 en los distintos turnos productivos, se inicia con la concientización sobre la importancia que tiene el correcto mantenimiento de las máquinas y cómo no es solo responsabilidad de las áreas de soporte el dar mantenimiento, calibrar y corregir los márgenes cuando sucede alguna falla menor, ya que todos los colaboradores involucrados son capacitados para poder solventar los fallos básicos con rapidez.

**Responsable:** autor de la investigación.

### **Paso 3: Formación de un equipo TPM por turno de producción**

A partir de la sesión de formación y sensibilización del personal, se crea un equipo multidisciplinario por turno de producción encargado de brindar el mantenimiento autónomo si se presenta una falla, además de generar todas las acciones correctivas

necesarias para resolver los fallos originados en las impresoras antes de escalar a las áreas de soporte.

Los equipos de cada turno se conforman por los siguientes representantes voluntarios:

Tabla 5.2: Equipo TPM

Equipo TPM
Líder
Coordinador
Operador especialista
Técnico de mantenimiento
Técnico de calibración

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Funciones de cada participante del equipo TPM:

- **Líder:** posee un conocimiento básico sobre la intervención del equipo. Su función principal es proporcionar apoyo a los demás integrantes en caso de necesitar escalaciones o reportar eventos anómalos no planificados.
- **Coordinador:** tiene un conocimiento especializado para apoyar al operador especialista cuando sea requerido y cuenta con accesos controlados específicos en el sistema de impresión.
- **Operador especialista:** posee una formación específica para atender eventos en las impresoras; de este modo, brinda soporte inmediato sin necesidad de generar tiempos muertos por espera de soporte técnico.
- **Técnico de mantenimiento:** cuenta con la formación técnica para intervenir el equipo de impresión desde el nivel más básico hasta el más avanzado.
- **Técnico de calibración:** se especializa en la parte de la calibración del equipo para dar apoyo adicional si las fallas no pueden ser atendidas por el soporte técnico de mantenimiento. En casos específicos de calibración, el técnico de calibración proporciona soporte al técnico de mantenimiento para verificar que los parámetros de calibración se encuentren dentro de los rangos aceptables establecidos.

#### **Paso 4: Capacitar al personal para realizar mantenimientos autónomos de las impresoras**

Se efectúa una capacitación exhaustiva con el equipo TPM para que puedan ejecutar el mantenimiento autónomo de las impresoras, es decir, las tareas básicas tanto de mantenimiento como de solución de fallas básicas.

Por esto, para llevar a cabo el entrenamiento que le permita al equipo solventar las fallas y el mantenimiento básico de las impresoras, se coordina una capacitación con el proveedor de las impresoras ZEBRA.

El entrenamiento se planifica para realizarse una vez que las impresoras nuevas ingresen al proceso y cuenta con los siguientes requerimientos mínimos:

- Conocimientos generales del equipo.
- Análisis de las partes mecánicas y móviles de las impresoras.
- Explicación detallada del uso y navegación del *software* y *hardware*.
- Mantenimiento básico de las partes móviles.
- Explicación sobre la identificación de las partes dañadas y cómo reemplazarlas correctamente.
- Calibración requerida por las impresoras para la corrección de márgenes.
- Cómo generar el reporte de datos para la validación de que el equipo se ubica dentro de los parámetros establecidos.
- Evaluación del estado general del equipo para su envío a soporte externo del proveedor.

Dicha capacitación se agrega a la matriz de entrenamientos de cada colaborador para hacer constar que son expertos calificados.

Impartido el entrenamiento al equipo TPM, los integrantes pueden solventar las fallas de manera autónoma y reducir tiempos muertos por las esperas de respuestas del área de soporte técnico, así como por el desconocimiento de configuraciones y mantenimientos básicos que deben tener las impresoras continuamente para funcionar.

### **Paso 5: Llevar a cabo un análisis mensual de las principales fallas de las impresoras**

Es vital identificar de forma correcta las fallas que se presentan en la operación de empaque IGTD, por lo tanto, se crean ayudas visuales para todas estaciones donde se encuentran las impresoras, las cuales se colocan dentro de los procedimientos de manufactura.

El objetivo de agregar estas ayudas visuales es poder estandarizar las causas de las fallas que históricamente se han experimentado. Para colocar la ayuda visual dentro del procedimiento, el autor de la investigación se encarga de generar el requerimiento de colocación de la ayuda visual en los sistemas de la empresa.

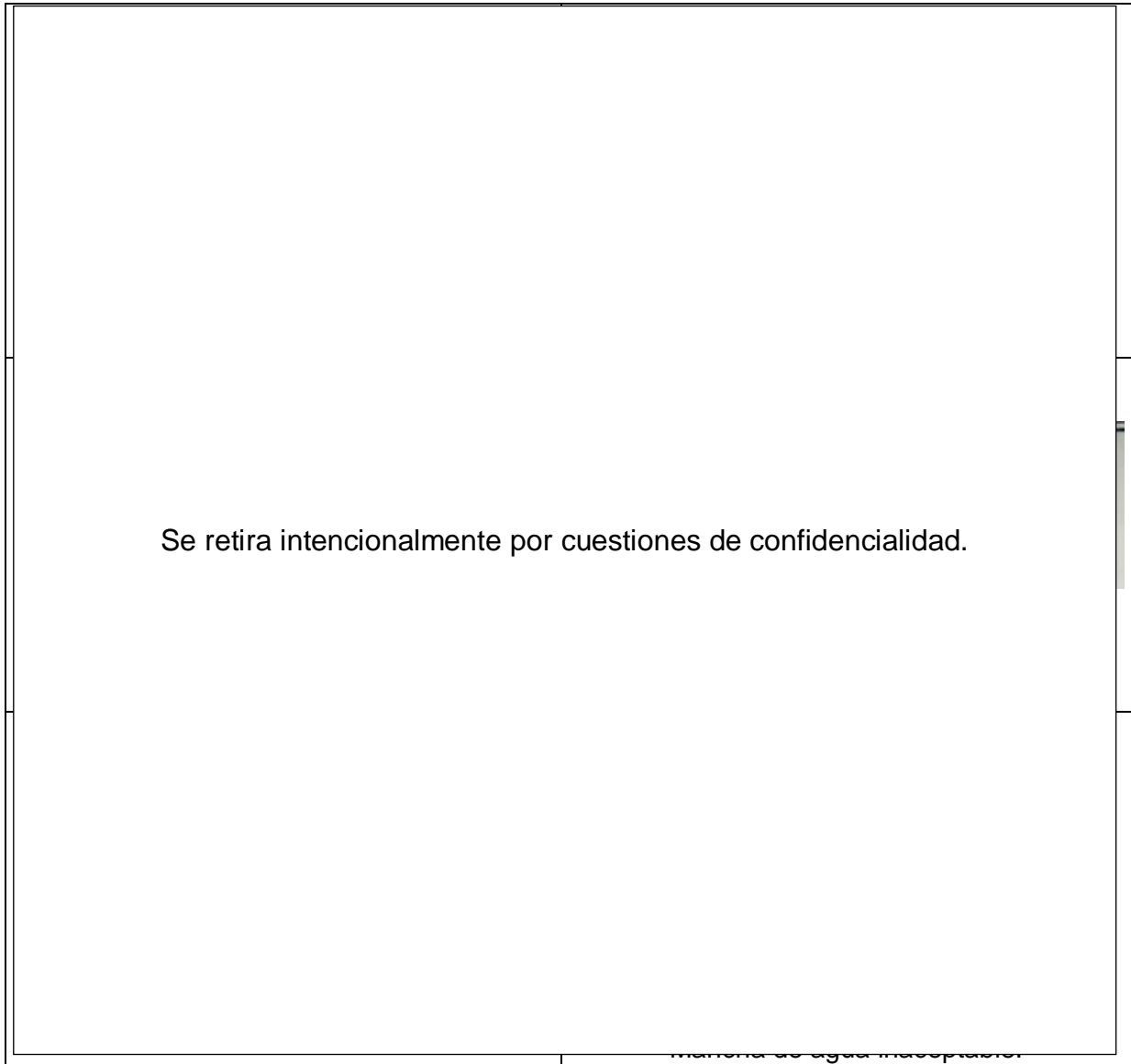
A continuación, se muestra el diseño base de las ayudas visuales por agregar a los procedimientos de manufactura:

Tabla 5.3: Ayuda visual para el proceso de empaque IGTD

<p>Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.</p>
---

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.



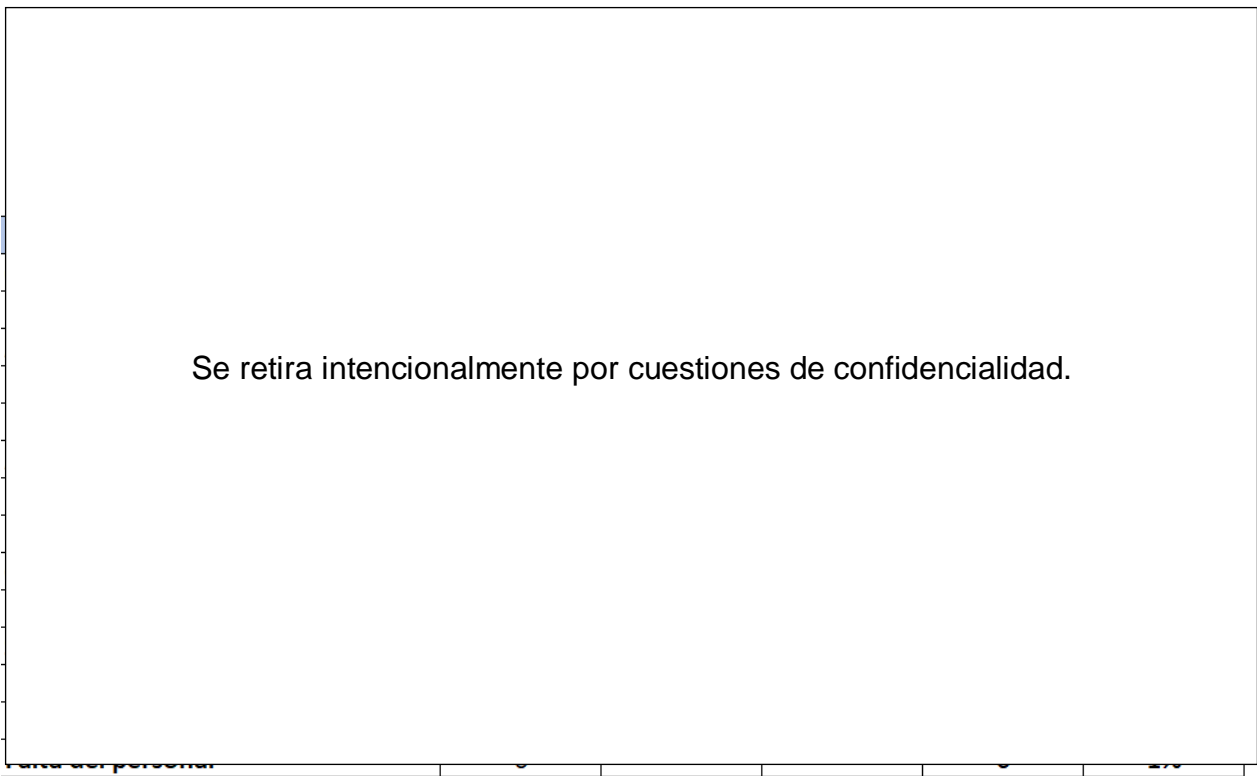
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Estandarizadas correctamente las causas, se lleva a cabo un análisis de causa raíz y una priorización de causas de fallo para atacar los principales fallos que generan tiempos muertos. Este análisis está a cargo del equipo TPM y se define al líder de turno como el encargado de la actualización de los datos de análisis.

Al respecto, los datos deben descargarse del sistema y consolidarse. En este punto se facilita al equipo una plantilla de análisis de causa raíz y un diagrama de Pareto automatizado en Excel. El siguiente es el diseño base de la plantilla, pero cabe destacar que los datos de las vistas de la herramienta no son reales, solo son para ejemplificar el funcionamiento:

**Vista de la base de datos:** en esta vista se indican mes tras mes las causas y horas que se recolectan desde el sistema. Se pueden agregar todas las causas requeridas. La siguiente vista tiene datos de ejemplo para el mes de enero:

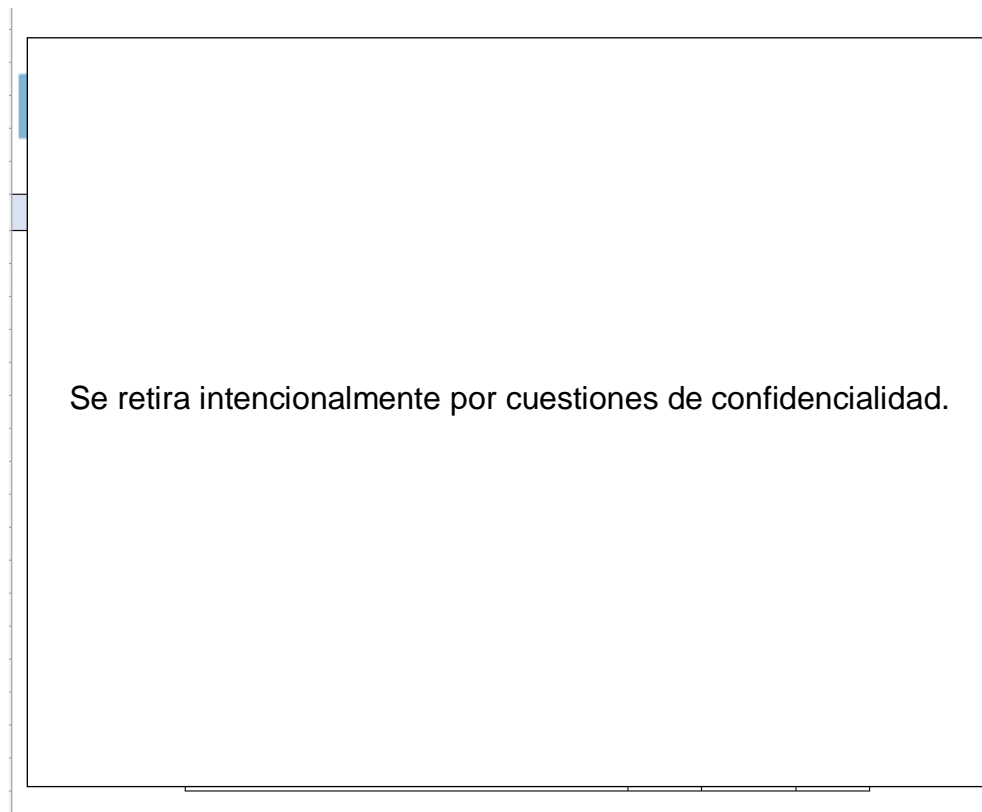
Figura 5.5: Herramienta de priorización de causas, vista de la base de datos



Fuente: Elaboración propia, 2025.

**Vista de la priorización de causas:** esta vista es automática y actualiza la priorización de causas según los datos que se coloquen en la vista de la base de datos.

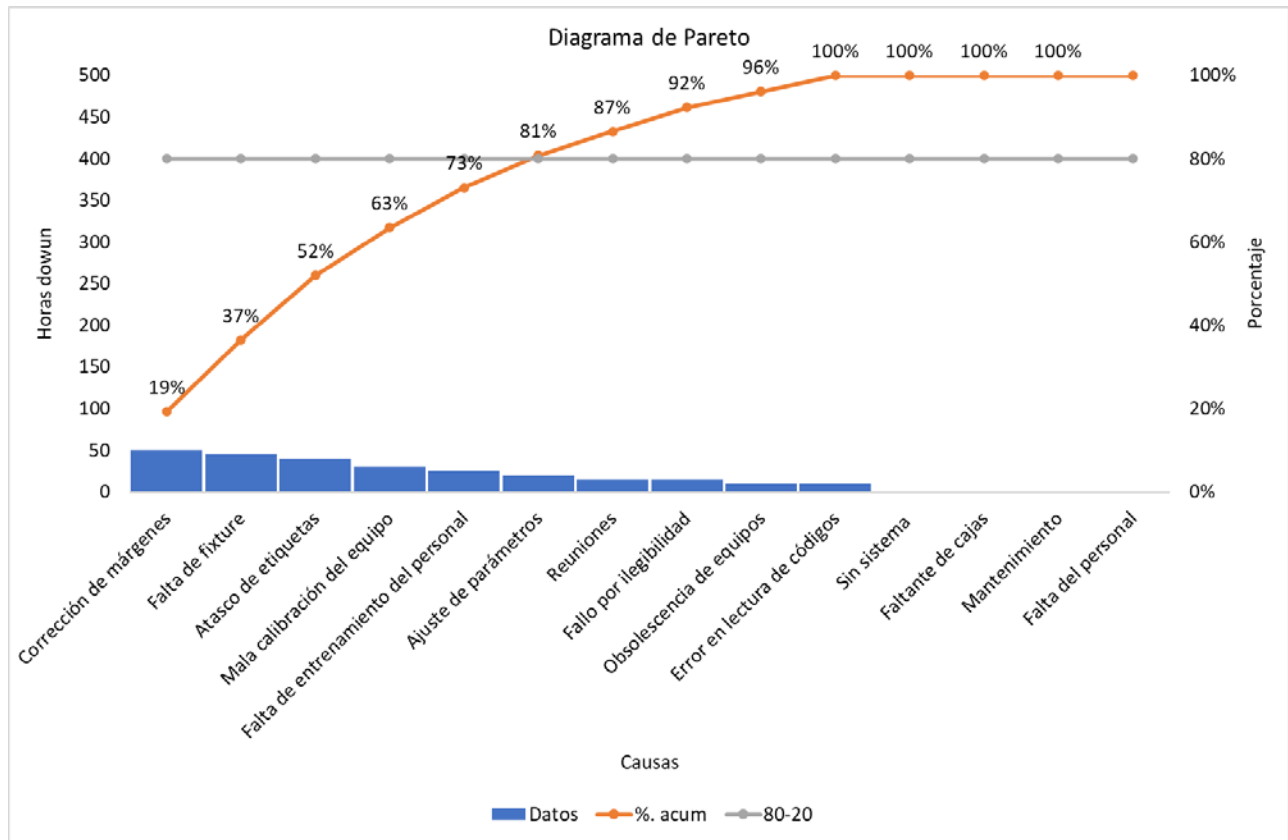
Figura 5.6: Herramienta de priorización de causas, vista de la priorización de causas



Fuente: Elaboración propia, 2025.

**Vista del diagrama de Pareto:** en esta vista se consulta gráficamente la priorización de causas para llevar el control y análisis de las causas requerido mes tras mes.

Figura 5.7: Herramienta de priorización de causas, vista del diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia, 2025.

La herramienta anterior se llena mes tras mes por el líder de turno según las funciones asignadas para el equipo TPM.

Es importante mencionar que la herramienta cuenta con un bloqueo de fórmulas para evitar que por error se modifiquen celdas, esto basado en la técnica de calidad *poka yoke*, cuya finalidad es evitar errores.

**Paso 6: Evaluar los resultados del cumplimiento del indicador de rendimiento FPY**

Se establece el indicador FPY como KPI (indicador de rendimiento) para medir la efectividad de la metodología basada en los principios TPM. Este indicador se encuentra directamente correlacionado con el incremento en tiempos muertos: a mayor tiempo muerto en el proceso, menor FPY. Por lo tanto, se define como prioritario llevar el control de este indicador para medir la efectividad de la implementación.

Respecto a la evaluación mensual, la operación ya cuenta con un seguimiento y meta definidos en este indicador, por lo que se mantiene el método de cálculo y el sistema de seguimiento; sin embargo, el análisis en conjunto con las fallas mensuales que se presenten puede definir el éxito de la implementación.

### 5.1.2.1 Detalle del costo de la implementación

A continuación, se detalla el costo de implementación de la propuesta:

Tabla 5.4: Resumen de costos de la propuesta 2

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.
--

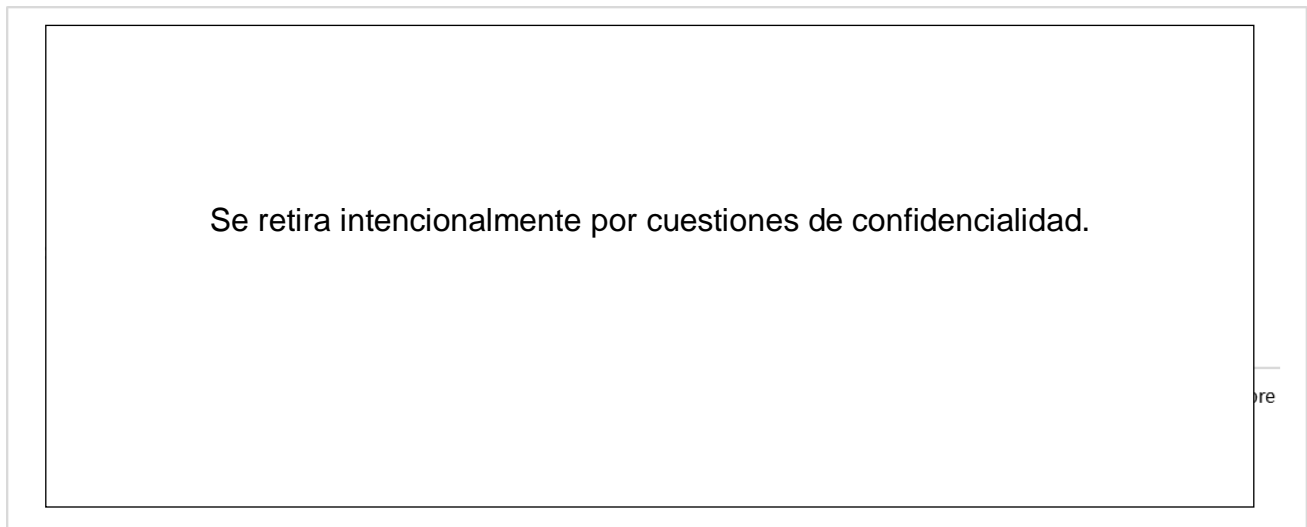
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Dentro del costo de implementación, se incluye la certificación que se lleva a cabo por el representante oficial de ZEBRA en el país. El costo de esta certificación es de [ ] además se realiza el diseño de ayudas visuales y una plantilla de Excel para el equipo de empaque IGTD, las cuales tienen un costo de [ ] hora. Este costo se asocia al pago en horas al *senior labeling specialist* que las genera.

### 5.1.2.2 Reducción esperada en tiempo con la implementación de la propuesta 2

Al implementar la propuesta número 2, se espera una reducción aproximada del 80 % de los tiempos muertos de la operación de empaque IGTD, pues con la capacitación del equipo TPM se pretende que reaccionen en un menor tiempo ante las fallas más frecuentes. También, se ataca directamente la falta de capacitación que causa errores constantes, los cuales generan aumentos de tiempos.

Figura 5.8: Comparación de los tiempos con la implementación de la propuesta 2



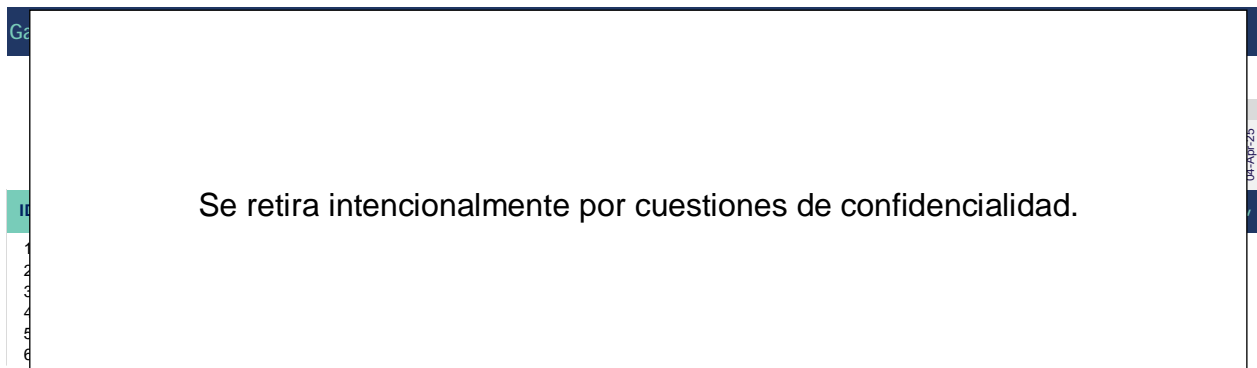
Fuente: Elaboración propia, 2025.

La reducción mensual promedio esperada en horas equivale a

### 5.1.2.3 Gantt de la implementación de la propuesta 2

Referente a la implementación de la propuesta anterior, se debe estimar el tiempo requerido por actividad. Al respecto, se lleva a cabo un diagrama de Gantt que muestra de manera visual el tiempo necesario para cada una de las actividades. A continuación, se aprecia el diagrama de Gantt completo:

Figura 5.9: Gantt de la propuesta 2



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la figura anterior se observa que la implementación de la propuesta inicia el 07 de enero del 2025 y termina aproximadamente el 03 de abril del 2025, lo cual equivale a 8 semanas.

En este caso, entre la semana 6 y la 14 se tiene un tiempo de espera porque se requiere completar un mes una vez implementada la propuesta para poder realizar las validaciones correspondientes.

## **5.2 CONTROLAR**

Planteadas las propuestas de mejora para la reducción de tiempos muertos, se definen las actividades de control recomendadas con el fin de mantener en el tiempo las mejoras formuladas.

### **5.2.1 Auditorías internas**

Se deben realizar auditorías internas para identificar posibles áreas de mejora o nuevos riesgos asociados al proceso. En cuanto a esto, se plantea la frecuencia de ejecución como mínimo una vez al mes.

Asimismo, dichas auditorías se deben llevar a cabo por el equipo TPM para asegurar:

- 1- La utilización correcta del equipo de impresión por parte de los colaboradores.
- 2- El cumplimiento en la utilización de estándares de causas asignadas, empleando la ayuda visual creada para el correcto rechazo o aprobación de las impresiones.
- 3- El equipo TPM debe realizar caminatas *gemba* para auditar el correcto uso de los equipos, esto incluye una evaluación visual con el fin de identificar si existe alguna canibalización de equipos no monitoreada. También se debe retar al Departamento de Mantenimiento para que sea estricto y no incurra en la mala práctica de emplear repuestos de un equipo en otro (canibalización).

Si al finalizar las auditorías se encuentra alguna irregularidad, esta debe reportarse por los medios oficiales de escalación de Philips, siguiendo el proceso para completar los formularios correspondientes al registro de hallazgos de auditoría.

### **5.2.2 Control digital**

El equipo TPM debe evaluar que el control digital implementado funcione correctamente, con la finalidad de poder garantizar que no se estén generando nuevos errores y, por ende, desviaciones en el análisis de datos. Adicional, el equipo debe asegurarse de que la herramienta de control digital no necesite actualizaciones por cambios en el proceso; de requerirse, el equipo debe realizar los ajustes a la herramienta.

### **5.2.3 Sensibilización de los colaboradores**

En las reuniones de inicio de turno, se debe llevar a cabo una sensibilización del personal por parte del líder de turno, la misma incluye un espacio para que los colaboradores expongan sus dudas en cuanto a los criterios de aceptación o rechazo de producto por causa de errores en las impresiones, los cuales pueden convertirse potencialmente en tiempos muertos por una mala interpretación de los fallos.

Se espera que dentro de la sensibilización se aliente a los colaboradores a acudir con el experto del equipo TPM para solventar cualquier duda sobre los equipos de impresión o las causas que deben colocarse en caso de originarse algún tiempo muerto que no pueda solucionarse de inmediato.

Así, el autor de la investigación le comunica al líder de turno que debe incluir la sensibilización del personal dentro de las reuniones de inicio de turno, con el propósito de mantener en el tiempo las mejoras propuestas.

## **5.3 PROYECCIÓN DE BENEFICIOS TOTALES**

### **5.3.1 Proyección del aumento FPY asociado a la implementación de las propuestas**

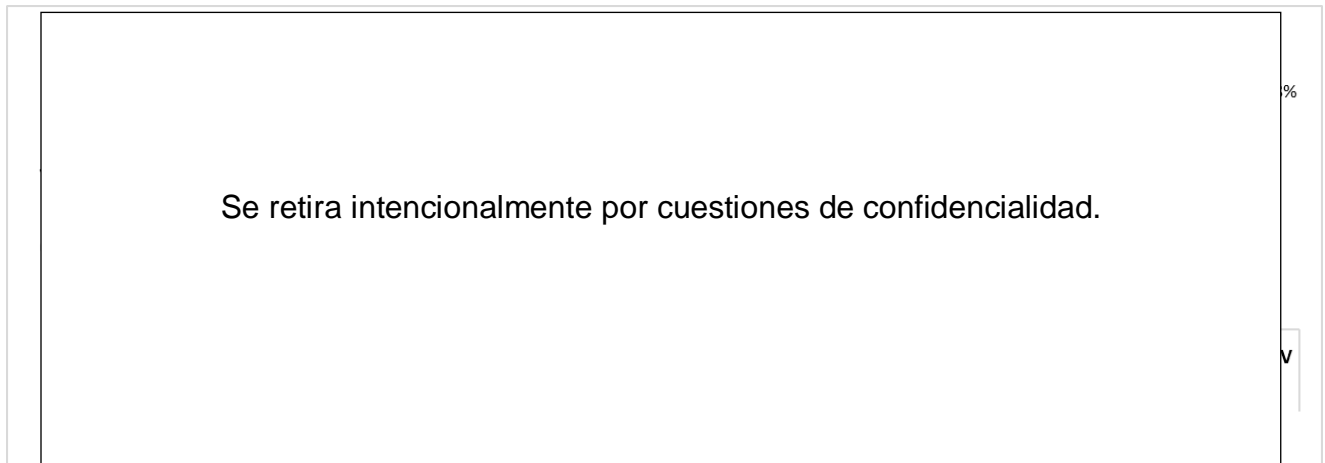
En la sección 4.2.3, "Análisis FPY", se demuestra una correlación entre las variables FPY y los tiempos muertos, porque a medida que el tiempo muerto disminuye, el FPY aumenta.

Por lo tanto, con la simulación de reducción de tiempos en un 80 % también se simula el aumento esperado en el FPY. Al respecto, se aumenta en un 3 % versus el promedio

del año 2024; de este modo, se pasa de un promedio anual de 94 % a 97 %. Considerando que la meta establecida para el proceso es 96 %, es posible alcanzar la meta en el año 2025.

A continuación, se grafica el aumento esperado en el FPY:

Figura 5.10: Proyección de mejora del FPY



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con el fin de simular el aumento en el FPY, se toma de referencia la baja esperada en tiempos muertos y se relaciona con FPY históricos para obtener una referencia estimada del nuevo FPY.

### 5.3.2 Resumen de los costos totales de las propuestas de implementación

La siguiente tabla muestra un resumen de los costos totales asociados a la implementación de las propuestas de mejora en el proceso de empaque IGTD:

Tabla 5.5: Resumen de los costos totales

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Fuente: Elaboración propia, 2025.

El costo total [redacted] En el costo de la propuesta 1, se contempla la compra de 13 impresoras ZEBRA para reemplazar las impresoras SATO, correspondiente [redacted] Además, se toma en cuenta el costo de instalación y validación, el cual es de \$ [redacted]. Al respecto, el proceso de instalación y validación lo debe hacer un especialista calificado y esto es lo que se paga por hora en la empresa actualmente. De esta manera, si el tiempo requerido para esta implementación es [redacted] al multiplicar [redacted] se obtiene un costo [redacted]

En la propuesta 2 se cotiza una capacitación especializada para el equipo TPM, la misma tiene un costo [redacted] a todo el equipo propuesto. También, dentro de los costos se abarca el diseño de ayudas visuales y el diseño de una plantilla de Excel para el seguimiento de los datos. El costo por hora es de [redacted] en el diseño de estas herramientas, esto representa un costo [redacted] y [redacted]

### 5.3.3 Retorno de la inversión asociada

Una vez detallados los costos asociados a la implementación de las propuestas, se estima el siguiente retorno de la inversión:

Tabla 5.6: Retorno de la inversión

<p>Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.</p>
---

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tomando en cuenta que los costos mensuales antes de la implementación por pérdidas en tiempos muertos [redacted] se espera reducir el impacto en un 80 % equivale [redacted] Multiplican los [redacted] se obtiene un total [redacted] se cubriría por completo la inversión. El retorno de la inversión exacto se da a los [redacted] A continuación, se detalla la estimación del ahorro.

Tabla 5.7: Detalle de cálculo del ahorro estimado

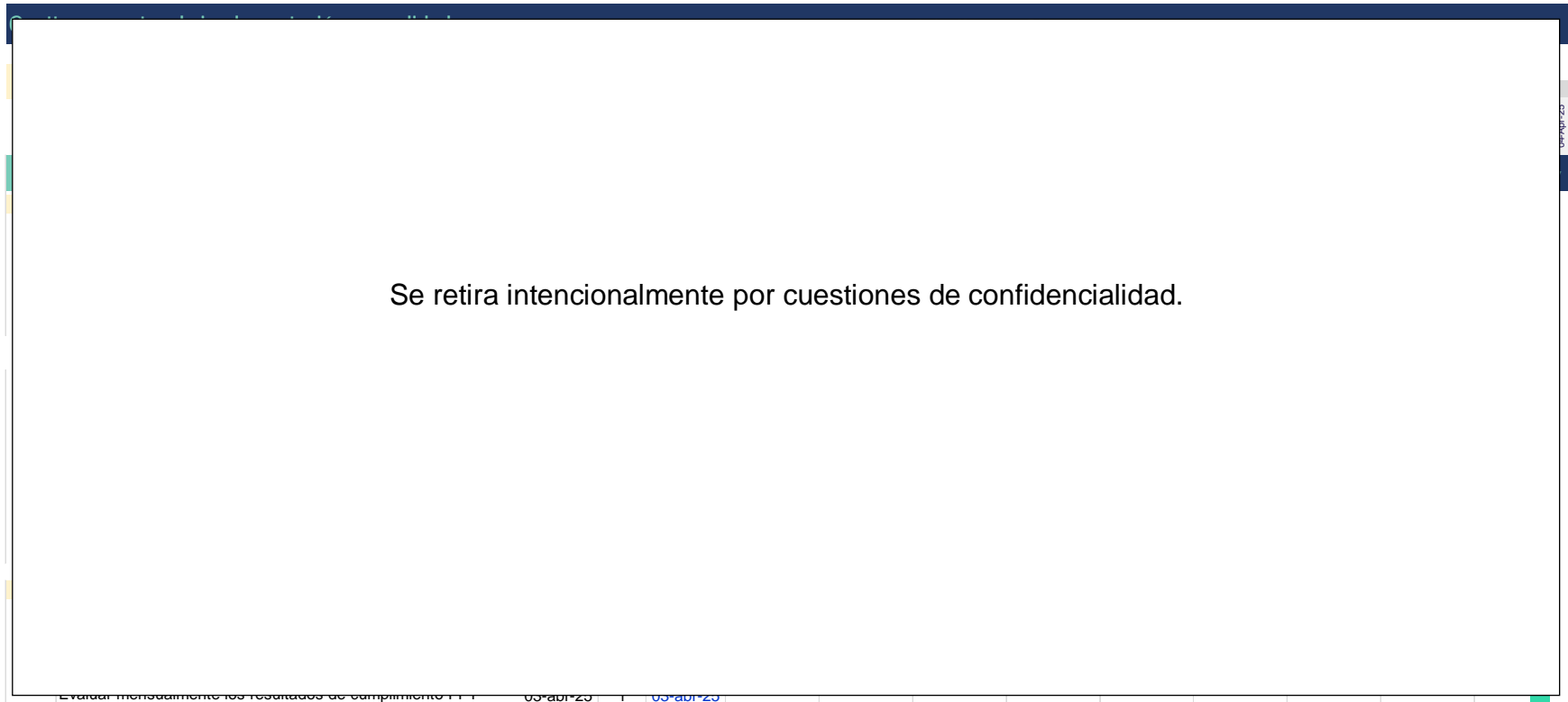
Rubro	Monto
Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.	

Fuente: Elaboración propia, 2025.

### 5.3.4 Diagrama de Gantt completo

El siguiente diagrama de Gantt muestra de forma resumida las semanas requeridas con el objetivo de llevar a cabo las propuestas de implementación para la reducción de tiempos muertos en el proceso de empaque IGTD:

Figura 5.11: Diagrama de Gantt completo



Fuente: Elaboración propia, 2025.

La figura anterior indica un resumen de la estimación de tiempo para la implementación de las propuestas, las mismas inician el 18 de diciembre del 2024 y terminan por completo el 03 de abril del 2025; asimismo, se incorporan tiempos para la medición y seguimiento de la implementación de las mejoras.

Por último, con la implementación de las mejoras en el proceso de empaque IGTD, se estima una reducción de un 80 % de los tiempos muertos históricos de la operación, además de un incremento del 3 % en el indicador de FPY, el cual está directamente relacionado con la reducción de tiempos muertos y, con esto, se cumple la meta del objetivo general del proyecto.

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

## Conclusiones

- La metodología DMAIC se implementó con éxito en el desarrollo del proyecto. Así, en la fase “definir” se logró evidencia cuantificable acerca del impacto directo que tiene la operación [ ] a saber, un peso [ ] de impacto vinculado a tiempos muertos; de este modo, es la operación que más impacta en la división.
- Mediante la implementación de un análisis estadístico, se identificó que la desviación estándar de la impresora SATO es mayor que la de ZEBRA, con un [ ] menor al nivel de significancia de 0.05. Además, la mayor variabilidad se asocia a la impresora SATO.
- Se realizó un análisis de correlación y se obtuvo un valor de coeficiente de correlación de -0.849. De esta manera, hay una relación estrecha entre el porcentaje FPY y los tiempos muertos de producción en la operación de empaque IGTD. Por lo tanto, a medida que los tiempos muertos aumentan, el porcentaje de FPY disminuye.
- Al implementar una matriz multivoto, se observó cómo las causas de mayor peso se asocian a máquinas y método; también, se definieron como causas críticas para poder solventar el problema de tiempos muertos de la operación de empaque IGTD. En cuanto a esto, el 20 % de las causas brindadas por el diagrama de Pareto son: obsolescencia de equipos, ajuste de parámetros, fallo por ilegibilidad, corrección de márgenes, atasco de etiquetas, mala calibración del equipo y falta de entrenamiento del personal.
- Se determinó que las causas ajuste de parámetros, ilegibilidad, calibración de la máquina, atasco de etiquetas y corrección de márgenes representan el 86.6 % de las horas relacionadas a tiempos muertos en la operación de empaque IGTD.
- A partir del análisis de tiempos vinculados a fallos en las impresoras, se obtuvo que [ ] se relacionan a máquinas. En el año analizado, se comprobó que las causas ajuste de parámetros, ilegibilidad, calibración de la

máquina, atasco de etiquetas y corrección de márgenes estuvieron 100 % asociadas a fallo por máquinas.

- Se planteó e implementó una propuesta de sustitución de las impresoras SATO por ZEBRA, la cual ataca directamente las causas críticas de obsolescencia de equipos, ajuste de parámetros, fallo por ilegibilidad, corrección de márgenes y atasco de etiquetas. A partir de esta implementación, se generó una simulación de reducción esperada en tiempos muertos de un 80 %; de esta manera, se proyectó una reducción anual  en promedio.
- Como segunda propuesta, se implementó una metodología de entrenamiento y mantenimiento basada en TPM, la cual pretende mantener a los equipos capacitados al 100 % en el proceso para ser capaces de solventar problemas de forma autónoma. La reducción esperada en horas con la implementación de esta propuesta de mejora es del 80 %,
- Con la correlación directa existente entre los tiempos muertos y el FPY, se proyectó un aumento del 3 % para el año 2025, tomando en cuenta la reducción  con las mejoras.
- Al efectuar un análisis de costos, se concluyó que la totalidad de inversión por  y el retorno de la inversión esperado al implementar las propuestas

## Recomendaciones

- A la empresa, generar un plan de comunicación en el que se comunique la existencia de un equipo TPM especializado en la resolución de eventos relacionados con la operación de empaque IGTD.
- Utilizar el programa de disposición de equipos para desechar las impresoras SATO que quedaron obsoletas para el proceso productivo. No obstante, al ser aún funcionales, podrían donarse a un instituto técnico dentro del país.
- Revisar y analizar, junto con el Departamento de Mantenimiento, la frecuencia de los mantenimientos preventivos actuales de las impresoras, para evitar su desgaste prematuro y garantizar su óptimo funcionamiento.

- No adquirir ni utilizar repuestos genéricos en los equipos, incluso si son más económicos, ya que pueden provocar un desgaste prematuro. Además, su uso anula por completo la garantía del equipo.
- Realizar anualmente una actualización de la capacitación sobre la manipulación y mantenimiento de las impresoras ZEBRA, con el fin de evitar malas prácticas que pongan en riesgo la funcionalidad del equipo.

## REFERENCIAS

## Trabajos de investigación

- Araya, J. A., Jara, E. Z. y Pastrana, G. (2020). *Diseño de un plan estratégico de mantenimiento basado en la filosofía TPM, para el área de planta de complejos en la empresa FERTICA S. A., Costa Rica. En el periodo 2019-2020.* [Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial, Universidad Técnica Nacional]. <https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams/1a24749d-557d-447d-bc6b-defbe17091f1/content>
- Barrantes, L., Morera, P. y Velásquez, F. (2022). *Diseño de un sistema de planificación y control en los procesos que impactan la eficiencia operativa de la empresa Tecno Carrocerías.* [Proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad de Costa Rica]. <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/a8f493d4-bc2a-4199-84a8-47a559ca19b9/content>
- Camargo, J. (2022). *Manejo eficiente de información técnica para minimizar tiempos muertos en líneas de producción.* [Tesis de Maestría en Sistemas de Información: Gestión y Tecnología, Universidad Autónoma de Querétaro]. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/3698/1/RI006721.pdf>
- Garcés, D. A. (2017). *Diseño de una metodología basada en una técnica inteligente para el análisis de los tiempos muertos de una línea de producción. Aplicación en una empresa del sector alimenticio de la zona centro de Colombia.* [Tesis de Maestría de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/60185/1053792930.2017.pdf>
- Hernández, L. Á. (2021). *Análisis y propuesta de mejora en la productividad de una empresa de impresión de etiquetas.* [Tesis para optar por el grado de Maestría en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/jspui/bitstream/20.500.14330/TES01000815027/3/0815027.pdf>
- Licks, A. (2024). *Diseño de un modelo de gestión operativa del Departamento de Moldes y Herramientas de la empresa Hultec por medio de la metodología DMAIC con el fin de mejorar el OEE del proceso productivo.* [TFG de Maestría

Profesional en Ingeniería Industrial con énfasis en Administración Industrial, Universidad de Costa Rica]. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/56af2a81-abbe-42c4-a005-20218a370e61/content>

- Sánchez, L. (2016). Análisis de manejo de inventarios y herramientas de control en empresas pequeñas y medianas en Costa Rica. *Gaudeamus*, 8(1), 69-94. <https://revistas.ulatina.ac.cr/index.php/gaudeamus/article/download/179/175/392>
- Soto, M. A. (2006). *Estudio de tiempos muertos y evaluación de la eficiencia del proceso de moldeo convencional de plástico por medio de la eficiencia global del equipo (OEE) en la empresa Hospira Holdings LTDA*. [Proyecto de Graduación de Licenciatura en Ingeniería de los Materiales con énfasis en Procesos Industriales, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/622/Informe%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tapia, J. A. (2016). *Propuesta de mejora para la reducción de tiempos muertos en Área Tornos Planta Paneles Arauco S. A.* [Informe para optar por el título de Ingeniería Civil Industrial, Universidad Católica de la Santísima Concepción]. <https://tesis.ucsc.cl/server/api/core/bitstreams/fcfa39e9-7a40-45ad-9da4-1d471b1973fb/content>
- Xitumul, A. (2009). *Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas*. [Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2151\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2151_IN.pdf)

### **Fuentes de Internet**

- Abreu, R. (2023). *Paso a paso para realizar el gemba walk en tu fábrica*. <https://es.checklistfacil.com/blog/gemba-walk/>
- Aiteco Consultores. (2019). *Multivotación: instrumento para seleccionar las mejores ideas*. <https://www.aiteco.com/multivotacion-seleccionando-las-mejores-ideas/>

- Alonso, C. (2023). *Mapa de procesos de una organización, ¿qué es y cómo se elabora?*  
<https://www.globalsuitesolutions.com/es/que-es-mapa-de-procesos-y-como-se-elabora/>
- Alquicira, J. (2017). *Análisis de correlación*. <https://conogasi.org/articulos/analisis-de-correlacion-2/>
- ASQ. (2025). *What is Root Cause Analysis (RCA)?* [https://asq.org/quality-resources/root-cause-analysis?srsId=AfmBOop7WkAIYfrM21ZeerDiysa-Oddy\\_g\\_JRtleult0nXfN-XbAltNd](https://asq.org/quality-resources/root-cause-analysis?srsId=AfmBOop7WkAIYfrM21ZeerDiysa-Oddy_g_JRtleult0nXfN-XbAltNd)
- Blanco, M. P. (2017). *KPIS, ¿qué son, para qué sirven y por qué, y cómo utilizarlos?*  
<https://blog.es.logicalis.com/analytics/kpis-qu%C3%A9-son-para-qu%C3%A9-sirven-y-por-qu%C3%A9-y-c%C3%B3mo-utilizarlos>
- Editorial Etecé. (2022). *Lluvia de ideas*. <https://concepto.de/lluvia-de-ideas/>
- Editorial Etecé. (2024). *Fuentes de información*. <https://concepto.de/fuentes-de-informacion/>
- Faria, C. (2023). *Causa y diagrama de efecto*.  
[https://www.infoescola.com/administracao\\_/diagrama-de-causa-e-efeito/](https://www.infoescola.com/administracao_/diagrama-de-causa-e-efeito/)
- Fragoso, D. (2023). *¿Necesitas ayuda? Contáctanos para asesoría y cotizaciones*.  
<https://blog.boltronic.com.mx/que-es-un-fixture>
- GETT. (2020). *Cómo detectar y eliminar tiempos muertos en tu PYME*.  
<https://gett.mobi/eliminar-tiempos-muertos/>
- González, F. (2023). *Diagrama de Pareto: una herramienta esencial para la identificación de problemas y la toma de decisiones informadas*.  
<https://es.linkedin.com/pulse/diagrama-de-pareto-una-herramienta-esencial-para-la-y-gonz%C3%A1lez>
- Hammond, M. (2024). *Escala de Likert: qué es y cómo utilizarla (incluye ejemplos)*.  
<https://blog.hubspot.es/service/escala-likert>
- HPRT. (2023). *Cómo elegir el DPI correcto para la impresora de etiquetas de transferencia térmica*. <https://es.hpert.com/blog/How-to-Choose-the-Right-DPI-for-Your-Thermal-Transfer-Label-Printer.html>
- Laoyan, S. (2025). *Metodologías de mejora de procesos y cómo hacer una propuesta*.  
<https://asana.com/es/resources/process-improvement-methodologies>

Lifeder. (2020). *Enfoque de la investigación: tipos y características*.  
<https://www.lifeder.com/enfoque-investigacion/>

Lifeder. (2021). *7 técnicas e instrumentos para la recolección de datos*.  
<https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/>

Linkedin. (2023). *Qué es un diagrama de flujo y cómo se construye*.  
<https://es.linkedin.com/learning/fundamentos-de-la-gestion-de-calidad/que-es-un-diagrama-de-flujo-y-como-se-construye>

Martínez, E. (2024). *Qué es una entrevista*. <https://www.significados.com/entrevista/>

Martins, J. (2022). *Diagrama de Gantt: qué es y cómo crear uno con ejemplos*.  
<https://asana.com/es/resources/gantt-chart-basics>

Medina, G. (2021). *La técnica de los 5 ¿por qué?, análisis de la causa raíz de los problemas*. <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/la-t%C3%A9cnica-de-los-5-por-qu%C3%A9-an%C3%A1lisis-de-la-causa-ra%C3%ADz-de-los-problema>

Méndez, D. (2020). *Stakeholders*. <https://numdea.com/stakeholders.html>

Minitab. (2024). *Defectos y defectuosos*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/data-and-data-assumptions/defects-and-defectives/>

Nathan-Gerges, M. (2023). *Lean six sigma, una metodología aplicada a procesos reales*. <https://www.izertis.com/es/-/blog/lean-six-sigma-una-metodologia-aplicada-a-procesos-reales>

Niño, O. (2021). *¿Qué es el SIPOC y para qué sirve?*  
<https://www.linkedin.com/pulse/que-es-el-sipoc-y-para-sirve-oscar-ni%C3%B1o>

Ortega, C. (2024a). *Análisis estadístico: qué es, usos y cómo realizarlo*.  
<https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-estadistico/>

Ortega, C. (2024b). *Diagrama SIPOC: qué es y cómo crearlo*.  
<https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-sipoc/>

Philips. (2023). *En la última década nos hemos convertido en una empresa líder centrada en la tecnología sanitaria*. <https://www.philips.es/a-w/about.html>

Raeburn, A. (2024). *Análisis FODA: qué es y cómo usarlo (con ejemplos)*.  
<https://asana.com/es/resources/swot-analysis>

- Ramírez, J. (2023). *Cómo hacer la matriz DOFA de una empresa para el plan de marketing*. <https://www.marketingmiempresa.com/ejemplo-analisis-matriz-dofa/>
- Ricardo, R. (2020). *Six sigma: árboles críticos para la calidad (CTQ)*. <https://estudyando.com/six-sigma-arboles-criticos-para-la-calidad-ctq/>
- Rodó, P. (2020). *Diagrama de caja*. <https://economipedia.com/definiciones/diagrama-de-caja.html>
- Rodríguez, N. (2024). *Diagrama de Ishikawa: qué es, cómo hacerlo y ejemplos*. <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>
- Socconini, L. (2023). *Explicación de la metodología DMAIC de lean six sigma*. <https://leansixsigmainstitute.org/es/explicacion-de-la-metodologia-dmaic-de-lean-six-sigma/>
- Velling, A. (2020). *Poka-yoke en la fabricación*. <https://fractory.com/poka-yoke-in-manufacturing/>
- Waisberg, V. (2024). *Supera los tiempos muertos de producción con estas 8 estrategias*. <https://espacioerp.com/tiempos-muertos-produccion/>

## **APÉNDICES Y ANEXOS**

**APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS**

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

**APÉNDICE 2: MATRIZ MULTIVOTO APLICADA**

**Nombre de la posición:**

<p>Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.</p>
---

Fuente: Elaboración propia, 2025.

**APÉNDICE 3: IMPRESORAS SATO Y ZEBRA**

**SATO**

Se retira intencionalmente por cuestiones de confidencialidad.

**ZEBRA**



**ANEXO 1: COTIZACIÓN DE IMPRESORAS**

