

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN  
PARA EL CONTROL DEL TOOLING EN EL  
ÁREA DE CONECTORES DE SAMTEC,  
COSTA RICA DURANTE EL PRIMER  
SEMESTRE DEL 2020**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA  
OPTAR POR EL BACHILLERATO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIANTE: JOSHUA ARIAS ESPINOZA  
TUTOR: LIC. ING. JUAN ALONSO MATAMOROS  
LEÓN**

**HEREDIA, JUNIO 2020**

## DECLARACIÓN JURADA

Yo Joshua Arias Espinoza, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 402390520 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: \_\_\_\_\_

DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL CONTROL DEL TOOLING EN EL ÁREA DE CONECTORES DE SAMTEC, COSTA RICA DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DEL 2020, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los ventiseis días del mes de Julio del año dos mil veinte.



\_\_\_\_\_  
Firma del estudiante

Cédula 402390520

## CARTA DEL TUTOR

Heredia, 27 de julio de 2020

**A quien interese**  
**Escuela de Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana, sede Heredia**

Estimado señor(a):

El estudiante Joshua Arias Espinoza, cédula de identidad número 402390520, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL CONTROL DEL TOOLING EN EL ÁREA DE CONECTORES DE SAMTEC, COSTA RICA DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DEL 2020", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería industrial.


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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	9%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	30%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		97%

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

Atentamente,



Lic. Ing. Juan Matamoros Leon  
Cédula identidad N: 4-0191-0095  
Ingeniero de procesos, Samtec Inc  
Carné Colegio Profesional N: II-26249  
Email / Telefono: [juan.matamoros@samtec.com](mailto:juan.matamoros@samtec.com) / 89925902

## CARTA DEL LECTOR

San José 30 de agosto de 2020

**Señores**  
**Departamento de registro**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

En mi calidad de lector del proyecto de graduación presentado por el estudiante Joshua Arias Espinoza, titulado "Diseño de un sistema de gestión para el control del tooling en el área de conectores de Samtec, Costa Rica durante el primer semestre del 2020", para optar por el grado académico de bachillerato en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

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

Atentamente,

**ROLANDO** Firmado digitalmente  
por ROLANDO JOSE  
**JOSE MOLINA** MOLINA SOLIS (FIRMA)  
**SOLIS (FIRMA)** Fecha: 2020.08.30  
09:39:37 -06'00'

**Rolando José Molina Solís**  
**Cédula identidad 1-0957-0454**

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

San José, 17 de setiembre del 2020

Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **Joshua Arias Espinoza** con número de identificación **402390520** autor (a) del trabajo de graduación titulado **Diseño de un sistema de gestión para el control del tooling en el área de conectores de Samtec Costa Rica durante el primer semestre del 2020** presentado y aprobado en el año **2020** como requisito para optar por el título de **Bachillerato en Ingeniería industrial**; ( **SI** ) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,



**402390520**

Firma y Documento de Identidad

## **DEDICATORIA**

A Dios por dejarme llegar a esta etapa, a mis abuelos por ser el soporte necesario en mi vida, a mis padres y hermana por siempre apoyarme, a mi hijo por ser el motor que impulsa mis ideales, a mi novia por ser mi consejera y confidente, a mi tutor y a todas las personas que han formado parte de mi crecimiento profesional.

- Joshua Arias Espinoza

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme llegar hasta esta etapa y darme muchas oportunidades para construir mi vida.

A mis abuelos (Maria de los Angeles y Victor) por ser mis segundos padres, llenándome de amor desinteresado cada día.

A mis padres (Yessenia y Mario) por darme la educación necesaria para ser quien soy, darme los valores y herramientas necesarias para superar las distintas facetas de la vida con amor y dedicación junto a mi hermana (Nicole).

A mi hijo (Yeshua) porque a su corta edad me ha enseñado lo maravillosa que es la vida y que todo se puede resolver con una dosis de amor.

A mi novia (Mariam) por apoyarme, aconsejarme y ser mi confidente, mostrándome que la vida con sonrisas es mejor.

A mi tutor (Juan Matamoros) por ser mi “padre en la ingeniería” por no solo guiarme en el proceso de esta investigación, sino ayudarme en el desarrollo de mi crecimiento profesional.

Por último, a la empresa Samtec Costa Rica por darme las facilidades para realizar la investigación en sus instalaciones y sus colaboradores por ayudarme en todo el proceso de esta.

A todos ellos, muchas gracias.

- Joshua Arias Espinoza

# Índice

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción general del proyecto .....	2
1.2 Descripción general de la empresa .....	4
1.2.1 Misión.....	5
1.2.2 Visión .....	6
1.2.3 Ubicación .....	6
1.2.4 Líneas de productos .....	7
1.2.5 Mercado .....	7
1.2.6 Clientes .....	7
1.2.7 Antecedentes de la empresa .....	8
1.2.8 Estructura organizativa .....	8
1.3 Planteamiento del problema.....	9
1.3.1 Idea del problema .....	9
1.3.2 Definición del problema.....	10
1.3 Justificación .....	11
1.4 Objetivos de la investigación .....	12
1.4.1 Objetivo general.....	13
1.4.2 Objetivos específicos .....	13
1.5 Alcances y limitaciones .....	14
1.5.1 Alcances .....	14
1.5.2 Limitaciones .....	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Marco conceptual general .....	16
2.1.1 Ingeniería Industrial.....	16
2.1.2 Inventarios.....	17
2.1.3 Administración de inventarios .....	18
2.1.3.1.1 Análisis ABC .....	19
2.1.3.1.2 Determinación del punto de reorden.....	21
2.1.3.1.3 Existencias de reserva o seguridad de inventarios .....	23
2.1.3.1.4 Control de inventario justo a tiempo (JAT) .....	23

2.1.3.2 Costos del Inventario. Métodos de costeo .....	24
2.1.3.2.1 Método de “identificación específica” .....	25
2.1.3.2.2 Método del promedio simple .....	25
2.1.3.2.3 Método del promedio ponderado .....	26
2.1.3.2.4 Método del promedio móvil o movable.....	27
2.1.3.2.5 Método PEPS (Primero en entrar, primero en salir).....	28
2.1.3.2.6 Método UEPS (último en entrar, primero en salir). .....	29
2.1.3.3 Control interno de los inventarios.....	30
2.1.4 Diagrama de recorrido .....	31
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto.....	32
2.2.1 Manufactura esbelta .....	32
2.2.1.1 Kanban .....	35
2.2.1.2 5S .....	35
2.2.1.3 Kaizen.....	37
2.2.1.4 Indicadores de gestión KPI .....	38
2.2.2 Seis sigma.....	38
2.2.3 Herramientas utilizadas en la metodología DMAIC.....	41
2.2.3.1 Diagrama de Gantt.....	41
2.2.3.2 Diagrama de Pareto.....	43
2.2.3.3 Diagrama de Causa – Efecto o Ishikawa .....	45
2.2.3.4 Los cinco porqués.....	47
2.2.3.5 Poka Yoke .....	49
2.2.3.6 Luvia de ideas.....	50
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto .....	51
2.3.1 Códigos QR.....	51
2.3.2 Control visual .....	52
2.3.3 Costo – Beneficio.....	52
2.4 Antecedentes del proyecto o experiencias semejantes.....	54
2.4.1 Caso Walmart .....	54
2.4.2 Propuesta de mejora para la gestión de inventarios de sociedad repuestos España Limitada, Chile .....	55
CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO.....	57
3.1 Metodología para la definición del problema .....	58

3.1.1 Tipo de investigación .....	58
3.1.2 Definición del problema.....	58
3.1.2.1 Enfoque cualitativo.....	59
3.1.2.2 Enfoque cuantitativo .....	59
3.1.3 Sujetos de investigación .....	60
3.1.4 Determinación del tamaño de la muestra.....	60
3.1.5 Fuentes de información.....	61
3.1.6 Aplicación de Seis Sigma.....	62
3.1.7 Herramienta “anotaciones para la definición del problema” .....	65
3.1.8 Diagrama SIPOC. ....	65
3.2 Metodología para la medición y el respaldo cualitativo del proyecto .....	67
3.2.1 Determinación de costos por centro de trabajo.....	68
3.2.2 Determinación de piezas con mayor pérdida o daños. ....	69
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o implementación de un nuevo proceso, producto o servicio .....	71
3.3.1 Análisis multivoto .....	73
3.4 Metodología para la implementación del proyecto .....	76
3.4.1 Metodología para la aplicación de prueba piloto .....	77
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento del proyecto .....	78
<b>CAPÍTULO 4. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS .....</b>	<b>80</b>
4.1 Diagnóstico de la situación actual. ....	81
4.2 Determinación de las causas que generan los problemas en la gestión de inventarios del tooling en el área de conectores, Samtec Costa Rica.....	82
4.2.1 Diagrama SIPOC .....	82
4.2.2 Diagrama de recorrido del proceso.....	86
4.2.3 Diagrama de ishikawa o causa y efecto.....	89
4.2.3.1 Medio ambiente .....	91
4.2.3.1.1 Problemas de layout. ....	91
4.2.3.2 Medición .....	92
4.2.3.2.1 No existen KPIS que den información sobre el tooling .....	92
4.2.3.3 Método.....	93
4.2.3.3.1 No se reportan las salidas del material .....	93

4.2.3.3.2 El método de almacenamiento de datos no es el correcto .....	93
4.2.3.3.3 No existe un sistema de inventario para el tooling.....	94
4.2.3.3.4 Falta de stock adecuado .....	95
4.2.3.3.5 Falta de estandarización del etiquetado .....	95
4.2.3.4 Mano de obra.....	96
4.2.3.4.1 Personal con entrenamiento inadecuado.....	96
4.2.3.4.2 No se dan reportes de daños por negligencia .....	97
4.2.3.5 Máquina .....	97
4.2.3.5.1 Según la configuración de la máquina se puede dañar el tooling ....	97
4.2.3.5.2 Problemas de mantenimiento .....	98
4.2.3.5.3 Equipos sin calibrar.....	99
4.3 Clasificación de las causas que representan costos por reposición de tooling por descontrol de inventario según el impacto .....	99
4.3.1 Análisis multivoto .....	100
4.3.2 Diagrama de Pareto .....	104
4.3.3 Los cinco porqués .....	106
4.4 Conclusiones del diagnóstico .....	110
<b>CAPÍTULO V. PROPUESTA DE SOLUCIÓN .....</b>	<b>112</b>
5.1 Diseño de la propuesta .....	113
5.1.1 Propuesta 1. Causa: Problemas de layout.....	114
5.1.2 Propuesta 2. Causa: Falta de estandarización del etiquetado.....	117
5.1.3 Propuesta 3. Causas: No existe un sistema de inventario para el tooling y el almacenamiento de datos no es el correcto.....	120
5.1.4 Propuesta 4. Causas: No existen KPI'S que otorguen información del tooling y falta de stock adecuado.....	130
Sección 1. Consulta sobre el tooling adecuado para cada producto. ....	132
Sección 2. Consulta sobre las partes que componen el tooling y los productos que se pueden producir con el mismo. ....	133
Sección 3. Movimientos de tooling en tiempo real.....	135
5.2 Estrategias de control para las propuestas de mejora. ....	136
5.3 Análisis costo beneficio de las propuestas.....	138
5.3.1 Retorno de la inversión .....	144
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>146</b>
6.1 Conclusiones.....	147

6.2 Recomendaciones.....	149
BIBLIOGRAFÍA .....	152
APÉNDICES.....	156
ANEXOS .....	160

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Tipos de inventario y su manejo -----	19
Ilustración 2. Representación gráfica del análisis ABC -----	21
Ilustración 3. Fórmula para calcular el pronóstico mediante el método del promedio simple -----	26
Ilustración 4. Fórmula para calcular el promedio móvil o movable para el costo de los inventarios. -----	28
Ilustración 5. Control interno de los Inventarios-----	31
Ilustración 6. Ejemplo de diagrama de recorrido -----	32
Ilustración 7. Esquema del funcionamiento del Kanban -----	35
Ilustración 8. 5s de manufactura lean. -----	37
Ilustración 9. Objetivos de las etapas del DMAIC. -----	40
Ilustración 10. Diagrama de Gantt. -----	42
Ilustración 11. Diagrama de Pareto -----	45
Ilustración 12. Diagrama de causa – efecto. -----	47
Ilustración 13. Ejemplo de la utilización de los cinco porqués. -----	48
Ilustración 14. Código QR -----	51
Ilustración 15. Diagrama SIPOC según los procesos de Samtec Costa Rica -----	66
Ilustración 16. Formato para realizar el análisis multivoto. -----	75
Ilustración 17. Diagrama SIPOC según los procesos de Samtec Costa Rica -----	85
Ilustración 18. Distribución de máquinas y estantes de almacenamiento del tooling del área de micro, conectores Samtec Costa Rica -----	87
Ilustración 19. Diseño de etiqueta con código QR -----	119

Ilustración 20. Demostración de los movimientos del tooling a través del sistema de inventarios, interfaz “Parcel Inquiry” -----	126
Ilustración 21. Demostración del reporte del total de las piezas de tooling según el parcel a través del sistema de inventarios, interfaz “Parcel Inquiry”. -----	127
Ilustración 22. Pasos a seguir para realizar los movimientos del tooling a través del sistema de inventarios, interfaz “Move Parcel”. -----	128
Ilustración 23. Ubicación del tooling en tiempo real a través del sistema de inventarios, interfaz “Area Inquiry”-----	129

## Índice de figuras

Figura 1: Organigrama de Samtec Costa Rica-----	9
Figura 2. Fórmula para la determinación del tamaño de la muestra de una población finita.-----	61
Figura 3. Ejemplo de pasos del DMAIC-----	63
Figura 4. Diagrama de Pareto según el tooling de más daño o pérdida según los reportes realizados a noviembre del 2019 -----	69
Figura 5. Diagrama de Pareto según las piezas dañadas o perdidas en el área de micro, conectores, Samtec Costa Rica -----	70
Figura 6. Diagrama de causa y efecto según las causas encontradas que provocan los costos por reposición de tooling.-----	90
Figura 7. Diagrama de Pareto según las causas que provocan los costos por reposición de tooling. -----	105
Figura 8. 5 porqués relacionado a temas de inventario.-----	107
Figura 9. 5 porqués relacionado a temas de layout -----	109
Figura 10. Plataforma para consulta del tipo de tooling por centro de trabajo, producto y proceso -----	133
Figura 11. Plataforma para consulta por número de serie de tooling para saber las partes que componen el ensamble, cantidad disponible y productos que se pueden elaborar con esa herramienta.-----	134
Figura 12. Plataforma para consultar la ubicación del tooling en tiempo real ----	135

## Índice de tablas

Tabla 1. Costo por compra de bins para almacenamiento del tooling.....	139
Tabla 2. Costos por capacitación para prueba piloto en personal de los tres turnos .....	139
Tabla 3. Costos por concepto de salario anual para la persona que administre los movimientos del tooling según el turno .....	140
Tabla 4. Costo por concepto de salario de técnico especializado para el diseño de plataforma a través de POWER BI.....	141
Tabla 5. Compras generales de tooling en el periodo 2017 – 2019 según el departamento de compras, Samtec Costa Rica .....	141
Tabla 6. Ordenes de compra por tooling en el área de micro a junio del 2020 según departamento de compras, Samtec Costa Rica.....	142
Tabla 7. Potenciales ahorros al utilizar el personal actual para el desarrollo de la propuesta en el área de micro, conectores, Samtec Costa Rica.....	143
Tabla 8. Potenciales ahorros al contratar personal para el desarrollo de la propuesta considerando un 50% de compras anuales de tooling, conectores, Samtec Costa Rica .....	144
Tabla 9. Cálculo del retorno de la inversión en caso de que se implemente la propuesta con el personal actual en el área de micro, conectores, Samtec Costa Rica .....	144
Tabla 10. Cálculo del retorno de la inversión en caso de que se implemente la propuesta contratando personal y tomando en cuenta las compras generales de tooling durante el año, Samtec Costa Rica .....	145

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Herramienta “anotaciones para la definición del problema” -----	65
Cuadro 2. Reporte de tooling dañado o perdido por centro de trabajo según reportes de inventario, Samtec, Costa Rica a noviembre del 2019 -----	68
Cuadro 3. Cantidad de tooling dañado o perdido en el área de micro, conectores, Samtec Costa Rica -----	70
Cuadro 4. Formato para el cálculo de las frecuencias según elecciones del análisis multivoto. -----	76
Cuadro 5. Simbología utilizada en la distribución de máquinas y estantes de almacenamiento del tooling del área de micro, conectores Samtec Costa Rica---	87
Cuadro 6. Distancias de las máquinas con respecto a los estantes de almacenamiento del tooling y el tiempo que se demora en llegar a estos.-----	88
Cuadro 7. Formato para el análisis multivoto según las causas encontradas que provocan los costos por reposición de tooling -----	102
Cuadro 8. Sumatoria de votos realizados por los colaboradores de Samtec Costa Rica con referencia a las causas que provocan los costos por reposición del tooling. -----	103
Cuadro 9. Frecuencia absoluta y porcentaje de las causas que provocan los costos por reposición de tooling en Samtec Costa Rica -----	113
Cuadro 10. Estrategias de control para propuestas de mejora. -----	137

## Índice de apéndices

Apéndice 1. Diseño de los estantes de almacenamiento del tooling-----	157
Apéndice 2. Pantalla principal del programa P-Touch Editor para la realización de etiquetas y códigos QR-----	158
Apéndice 3. Diseño de etiquetado del tooling-----	158
Apéndice 4. Ejemplo del número de serie del tooling-----	159
Apéndice 5. Diseño de estación de trabajo para la propuesta del sistema de inventarios-----	159

## Índice de anexos

Anexo 1. Problemas ocasionados por el irrespeto del layout -----	161
Anexo 2. Falta de estandarización del etiquetado -----	162
Anexo 3. Combinación de tooling en buenas condiciones con dañado -----	162
Anexo 4. Diseño de la rotulación de los bins para el almacenamiento del tooling -----	163
Anexo 5. impresora de etiquetas Brother -----	163
Anexo 6. Formato de escritura de los parcels para códigos QR -----	164

## ACRÓNIMOS Y SIGLAS

Bin: recipientes de almacenamiento.

J.A.T: justo a tiempo.

KPI: Key Performance Indicator, 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

Tooling: En las áreas de ingeniería y manufactura se refiere a los moldes, dados troqueles y otros dispositivos para aplicaciones como moldeado de plásticos, termoformado, estampado, fundición, etc. Esta herramienta puede ser fabricada en varios materiales, como acero, aluminio, madera, cera, etc.

Power BI: es un servicio de análisis empresarial de Microsoft, su objetivo es proporcionar visualizaciones interactivas y capacidades de inteligencia empresarial con una interfaz lo suficientemente simple como para que los usuarios finales creen sus propios informes y paneles

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación implica la mejora en el control y gestión del tooling en el área de conectores de Samtec, Alajuela, Costa Rica. El objetivo de esta investigación es el diseño de un sistema de gestión de inventarios mediante herramientas de administración de inventarios para reducir los costos ocultos de reposición de tooling.

Para la recolección de la información se realizaron múltiples reuniones con supervisores, encargados de compras e inventarios y gerentes para proporcionar bases fuertes que posteriormente brindaran mejoras al área de cada uno.

Entre las soluciones que se describen para el objetivo planteado es la visualización de causas de la problemática como un conjunto para el diseño de la propuesta, tomando en cuenta acciones como el diseño estandarizado de etiquetas, utilización de códigos QR, y un diseño adecuado de almacenamiento de tooling dentro de la planta de producción. Esto para poder llevar a cabo la utilización de un sistema computarizado integral que permita visualizar la trazabilidad del tooling en tiempo real, a través de una serie de interfaces que proporcione no solo información del inventario sino indicadores de producción para ver la factibilidad de la propuesta a lo largo del tiempo.

Con la implementación de la propuesta se pretende mejorar la gestión del tooling en las distintas áreas de la compañía y proporcionar a la empresa las herramientas necesarias para dejar de generar costos por reposición de tooling.

# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Descripción general del proyecto

Las grandes compañías de manufactura tienen como meta satisfacer las necesidades del cliente, para esto es necesario que dentro de sus procesos exista la organización adecuada de los pasos a seguir para cada artículo, pieza o producto de interés, así como un buen control de los activos que se utilicen para la fabricación de éstos.

Samtec, Costa Rica se incluye en las empresas que tienen como finalidad crear una experiencia de satisfacción en el consumidor final de sus productos. Se debe tomar en cuenta que para crear los distintos bienes se utilizan varios tipos de tooling según la especificación de la orden de compra.

El tooling representa un insumo muy importante para la compañía ya que para poder fabricar las distintas clases de conectores que se ofrecen a los clientes, se deben de ingresar a una máquina para realizarle los procesos necesarios de acuerdo con la orden de pedido, para que se puedan hacer esos procesos, las piezas deben estar situadas en el tooling para que la máquina haga los pasos necesarios. La importancia estas herramientas se encuentra en que, si no está el tooling, el producto no se puede finalizar, por lo que se pueden incurrir en gastos innecesarios para cumplir con lo establecido por el cliente.

Lo que está pasando actualmente es que existe un descontrol en la administración del tooling provocando pérdidas y daños en este, lo que a su vez genera costos ocultos para la compañía, en el último año el costo de las perdidas fue de \$34 035,58.

El proyecto pretende crear un sistema de gestión para el control del tooling en el área de conectores en Samtec, Costa Rica buscando mejorar el flujo continuo en los procesos que lo requieran y evitar gastos innecesarios para la organización por el descontrol de éstos, ya que al ser herramientas de uso diario, la manipulación se presenta en demasía, lo que ocasiona daños o pérdidas en estas piezas importantes en las diferentes etapas de fabricación del producto ocasionado por factores como máquinas, humano u otros que se ampliarán a lo largo de la investigación.

Este proyecto se basa en la línea de investigación “operaciones industriales” que promueve la mejora u optimización en sistemas de control de producción, sistemas de mejora de eficiencia y eficacia de operaciones industriales, logística industrial, gestión de cadena de suministros, gestión de almacenamiento, inventario, distribución y logística de abastecimiento, logística de operaciones, logística de proyectos y logística de residuos, entre otros.

Para el desarrollo del proyecto se contemplan seis capítulos, los cuáles muestran lo siguiente:

- ✓ Capítulo 1 (introducción): en este apartado se muestra la descripción general del proyecto, la identificación de la compañía beneficiada con la investigación, el planteamiento del problema encontrado, así como los objetivos, alcances y limitaciones que se encontraron.
- ✓ Capítulo 2 (marco teórico): se dan a conocer los principios teóricos que ayudarán para el respaldo y desarrollo de la investigación, mostrando aportes de libros de ingeniería industrial, sitios web u otras fuentes de información requeridas.

- ✓ Capítulo 3 (marco metodológico): se explicarán las diferentes herramientas ingenieriles para definir, medir y analizar la problemática de interés, con el fin de darles el uso correcto para que la mejora que se realice sea lo más efectiva posible.
- ✓ Capítulo 4 (línea base y análisis de causas): corresponde a lo que comúnmente se le llama “diagnóstico”, se desarrollan las etapas de medición y análisis del proyecto donde se muestran las causas que provocan la problemática que se desea mejorar.
- ✓ Capítulo 5 (Diseño e implementación de la solución): esta sección es el núcleo principal de la investigación, se da a conocer la propuesta de mejora y la estrategia para la implementación de esta. Constituye la base de los capítulos “implementar” y “controlar” en la metodología DMAIC.
- ✓ Capítulo 6 (conclusiones y recomendaciones): en esta fase se explican los principales aportes de la investigación, los objetivos alcanzados, los beneficiarios directos e indirectos, así como un estimado de beneficios económicos. Por otra parte, se nombran ciertas recomendaciones de acuerdo a lo que se presente en el desarrollo del proyecto.

## **1.2 Descripción general de la empresa**

Samtec Interconnect Assembly, Cía es una empresa privada de capital estadounidense con casa matriz en New Albany, Indiana, Estados Unidos, dedicada a la manufactura de conectores electrónicos para clientes a nivel mundial de industrias como electrónica, espacial, automotriz entre otras. Actualmente cuenta con 11 subsidiarias distribuidas en diferentes países alrededor del mundo (Estados

Unidos, Singapur, Malasia, China, Costa Rica, Escocia, Alemania, Francia, Italia, Japón, China y Taiwán) y con ventas diarias promedio de 4 millones de dólares.

La empresa es certificada ISO/TS 16949:2002, ISO 9001:2000 e ISO 14001:2004 registrada con la a 5-A1 en la clasificación Dun & Bradstreet, lo más alto alcanzable para una empresa de este tamaño.

Samtec es reconocida como líder en la industria de los conectores. Ha estado en el puesto # 1 por 12 años seguidos en la encuesta Bishop & Asociados (Encuesta a los clientes de la Industria de conectores electrónicos)

Algunas razones:

- Muestras vía aérea con un tiempo de respuesta de 24 horas.
- Solicitudes de presupuesto listos en 24 horas desde la hora de solicitud.
- Valoración de opciones de compra vs reducción de costos.
- Precios flexibles para clientes selectos.

(Documentación interna, Samtec Costa Rica)

### **1.2.1 Misión**

Ser ejemplo corporativo en la manufactura y servicio de soluciones de interconexión electrónica, comprometidos con la excelencia operacional, la pasión por el servicio y el bienestar de nuestra gente.

En relación con el servicio, se cuentan con una serie de principios que forman parte del ADN Samtec (Que todos los colaboradores deben de seguir) estos son:

- ✓ Servicio es la distinción de Samtec. Es lo que los diferencia de la competencia.
- ✓ La Percepción del cliente de Samtec es la realidad. Sus experiencias con Samtec determinarán si el cliente regresa a comprar sus productos.
- ✓ La importancia del seguimiento. Para evitar errores, la mejor guía es no suponga nada.
- ✓ La importancia de recobrar. En caso de que un error suceda, se debe encontrar junto con los clientes la manera de hacer las cosas correctamente para ellos.
- ✓ Un cliente insatisfecho es un problema de calidad. Debido a que la percepción del cliente es la realidad, la calidad está finalmente determinada por sus expectativas sobre Samtec.
- ✓ La importancia de limpiar y organizar. La organización es la clave de la eficiencia del servicio, la limpieza es parte de esta, los clientes esperan y exigen limpieza de Samtec.

### **1.2.2 Visión**

La empresa no tiene una visión.

### **1.2.3 Ubicación**

La empresa donde se realiza la investigación actualmente se ubica en zona franca Z, en Montecillos, Alajuela, Costa Rica. La casa Matriz se encuentra en New Albany, Indiana, Estados Unidos.

### **1.2.4 Líneas de productos**

De manera general, la empresa manufactura una gran cantidad de componentes electrónicos llamados "De tabla (ProtoBoards) a tabla (ProtoBoards)", "De cable a tabla (ProtoBoards)", conectores, también se dedica a la fabricación de cables para alta velocidad de datos, productos para radio frecuencia, I/O (Input/Output), sistemas de sellado circular, etc

### **1.2.5 Mercado**

La empresa se caracteriza por su flexibilidad y trabajar con base en los requerimientos del cliente, para ello se tiene un tipo de productos especiales llamados ASP (Application specific products) por sus siglas en inglés, estos son productos estándar a los que un cliente pide hacer una modificación ya sea de empaque, de materiales, de medidas, entre otros.

Otro ejemplo más es que la empresa no tiene un requerimiento mínimo de cantidad para sus clientes, es decir, si un cliente necesita un conector, un conector se le vende.

Por ende, el mercado de la compañía está dirigido a todo aquel cliente que necesite recursos electrónicos que Samtec pueda manufacturar, claro está, existen excepciones según acuerdos realizados con Estados Unidos con el fin de que los productos no sean utilizados con fines de atentados terroristas o criminales.

### **1.2.6 Clientes**

Samtec cuenta con clientes a nivel mundial, entre los cuales figuran empresas de la categoría de Hewlett-Packard, Nokia, Siemens, Unigen, Jabil, Hon Hai, Alcatel, Harris, Google, Huawei, entre otros generando ventas diarias en promedio de 4 millones de dólares a nivel mundial, para venderle a clientes de esta envergadura y por lo exigentes que son, inmediatamente eso convierte a la empresa en una compañía de categoría mundial.

### **1.2.7 Antecedentes de la empresa**

Samtec es una empresa manufacturera de industria electrónica. La empresa se creó con el sueño de ofrecer un servicio excepcional que abriera las puertas a un mercado ya saturado, por lo que se pensó que una compañía puede ser construida a base de servicio al cliente. Esos principios de servicio ágil son la base detrás de lo que Samtec representa y ha continuado ofreciendo por más de 38 años. En Costa Rica se estableció el 25 de septiembre del 2006, siendo nuestros principios de flexibilidad, velocidad, ganar-ganar e innovación, unido a un excelente equipo de trabajo las bases que sustentan el crecimiento y éxito de Samtec en Costa Rica.

### **1.2.8 Estructura organizativa**

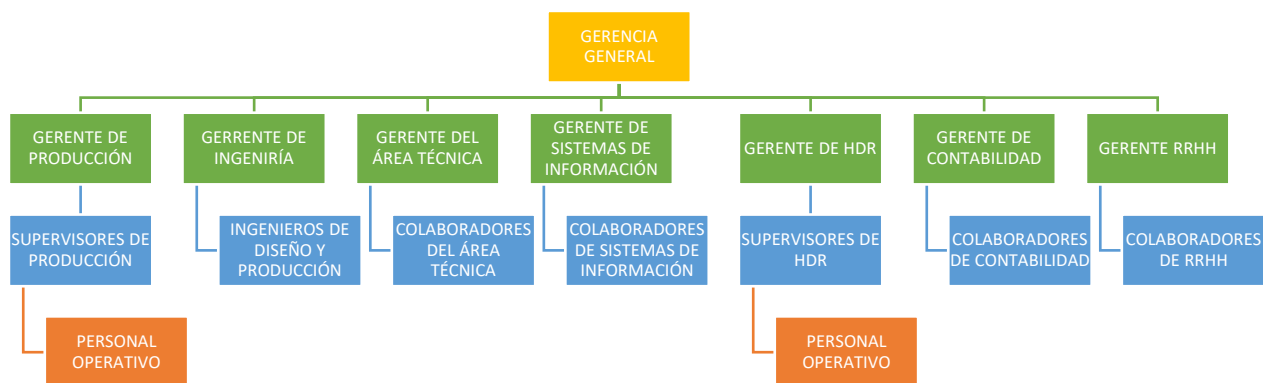


Figura 1: Organigrama de Samtec Costa Rica

Fuente: elaboración propia

## 1.3 Planteamiento del problema

### 1.3.1 Idea del problema

Samtec, Costa Rica carece de un sistema o método efectivo que permita tener control del tooling utilizado en los procesos que se llevan a cabo diariamente, no existen métricas que indiquen cuanto se debe gastar mensualmente en reposiciones o en nuevas herramientas. Al ser un tipo de herramientas para ensamblar existe mucha manipulación, lo que ocasiona pérdidas o daños y al no ser reportados, provocan que exista una diferencia con respecto al inventario inicial.

El descontrol de estos implementos ha provocado que algunas veces se tenga que incurrir en un gasto más alto al que normalmente se hace, debido a que si se necesita un tooling para manufacturar un producto y éste no se encuentra o no se

ha solicitado con antelación, se debe proceder a comprarlo al menor tiempo posible, lo que ocasiona que el costo sea de 30% a 40% más según colaboradores del departamento de compras.

Así mismo, se encuentra que los registros acerca de las pérdidas o daños de tooling son escasos por lo que hay que investigar más a fondo acerca de esta problemática. Es importante destacar que, aunque esta situación sucede desde hace tiempo atrás no se le ha tomado la importancia del caso, ya que al no existir métricas claras, las compras se realizan muchas veces sin ningún cuestionamiento. Y esto se convierte en un costo oculto para la empresa.

### **1.3.2 Definición del problema**

Actualmente uno de los problemas en Samtec es la tenencia de tooling dañado o en otros casos las diferencias de inventario por implementos perdidos, esto ocasiona que la compañía realice gastos innecesarios por la compra de éstos en tiempos más cortos o en el peor de los casos que ocurra algún error de calidad por utilizar un tooling estropeado, motivo de que no existen reportes por parte del personal acerca de cómo se encuentran los implementos que se utilizan diariamente.

Durante las visitas, entrevistas iniciales se ha observado que hay una, carencia de registros sumado a la cultura de no reportar los daños hasta que se necesite el implemento de interés, esto provoca que las diferencias con el inventario inicial estén presentes y no se tenga un control claro de lo que se tiene, esto hace que sea

complicado tener datos precisos para realizar pronósticos y con esto otorgar a la empresa métricas válidas para no realizar gastos innecesarios, aportándoles un ahorro o que puedan invertir en otras problemáticas.

Uno de los reportes realizados por el encargado del manejo de tooling en el área de conectores, refleja que existen pérdidas y daños en los cuatro centros de trabajo que conforman este departamento, para el año 2019, son cercanas a la cifra de \$30 000.

Debido a lo anterior, el proyecto se centra en el estudio del manejo de tooling en la compañía, el análisis del costo de estas piezas y cuál es la parte que más se daña, ya que esto promueve el descontrol y los gastos de la empresa.

Por medio del proyecto se desean tener datos lo más exactos posibles y confiables que permitan realizar un sistema de gestión para el control de tooling, esto con el fin de brindar la información para que se tomen buenas decisiones, promover la fluidez del proceso y regalar a la empresa una estrategia más en sus ventajas competitivas. Ya que el tooling es utilizado para elaborar los productos que la empresa ofrece, afectando a todas las partes que se beneficien con la producción de Samtec. Por ejemplo: producción, ingeniería y gerencia.

### **1.3 Justificación**

El presente proyecto nace debido a la necesidad de Samtec de tener un control en el tooling correspondiente a las áreas de producción, ya que los desórdenes en

estas herramientas pueden proporcionar daños en el producto o gastos innecesarios en las compras de estos utensilios a un tiempo más corto, con el fin de completar las órdenes de compra solicitadas por el cliente. Debido a las circunstancias surge la necesidad de crear un sistema de gestión con el fin de brindar una herramienta útil a la compañía que mejore este proceso.

Samtec, es una empresa comprometida no solo en satisfacer las necesidades del cliente, si no, que también tiene como meta estar en mejora continua, utilizando diversas herramientas que optimicen los procesos, cuiden al personal y garanticen la fluidez en las actividades que se requieran para cumplir con los distintos retos productivos. Por ende, la propuesta será analizada con el fin de mejorar el proceso y ayudar al operario en sus actividades, como en la compañía le llaman se pretende un método ganar-ganar, donde la empresa mediante el proyecto pueda tener métricas claras evitando desperdiciar recursos y el colaborador por su parte se sienta seguro de que no se le darán herramientas en mal estado para producir su trabajo.

Para tener una idea clara, se hizo un análisis de los cuatro centros de trabajo que presenta el departamento de conectores, estudiando sus faltantes llegando a determinar un costo por área en reposiciones de \$30 000 correspondientes a daños o perdidas según los registros del 2019. De ahí que, se considera necesario diseñar un sistema que permita el control de estos instrumentos de producción.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema de gestión mediante herramientas de administración de inventarios para reducir los costos ocultos de reposición de tooling en el área de conectores de la empresa Samtec, Costa Rica durante el primer semestre del 2020.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- ✓ Diagnosticar proceso actual de gestión en el tooling buscando un mejor entendimiento de la problemática y las áreas donde sucede.
- ✓ Establecer las causas de mayor impacto en el proceso actual de la compañía mediante un diagrama causa y efecto.
- ✓ Definir el centro de trabajo que tiene más descontrol en el tooling para dar inicio al proyecto en dicho lugar a través de los datos suministrados por el departamento de compras de Samtec.
- ✓ Medir el impacto económico provocado por los daños y pérdidas de tooling en los distintos centros de trabajo del área de conectores.
- ✓ Descubrir cuál es el tooling que presenta más daño o pérdida con el uso del diagrama de Pareto para otorgar un enfoque a la compañía y al proyecto.
- ✓ Disminuir la problemática a través del diseño de un sistema de inventarios que pueda dar la trazabilidad de las piezas a la compañía.

## **1.5 Alcances y limitaciones**

### **1.5.1 Alcances**

El proyecto de investigación tiene como finalidad beneficiar en general al área de conectores de Samtec, Costa Rica, sin embargo, se debe tomar en cuenta que esta área se subdivide en centros de trabajo y cada uno usa sus propios tipos de tooling para los procesos de producción de la compañía por lo que se van a realizar el análisis en el área denominada micro ya que esta presenta los mayores costos en cuanto a reposición del tooling, se trabajará en esta durante un periodo de cinco meses basándose en el tooling utilizado en el área, este será documentado y tomado como referencia para extrapolar la iniciativa a los demás centros de trabajo en un futuro

### **1.5.2 Limitaciones**

Para este proyecto se deben tomar en cuenta limitaciones como:

- ✓ Pocos registros acerca de las pérdidas de tooling anuales.
- ✓ La inversión para realizar el proyecto debe ser mínima.
- ✓ No se han hecho estudios anteriores sobre el tema.
- ✓ El periodo de recolección de los datos actuales con respecto a las pérdidas se realizó en noviembre del 2019.
- ✓ Durante el desarrollo de la investigación Costa Rica estuvo pasando por la pandemia del Covid-19, lo que afectó en cuanto a tiempos establecidos y reuniones con personal por directrices del Ministerio de Salud.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Marco conceptual general**

### **2.1.1 Ingeniería Industrial**

La ingeniería industrial es la rama de la ingeniería enfocada en buscar soluciones a los problemas que se presentan en las organizaciones de cualquier índole de manera óptima, promoviendo reducción en los tiempos, diseño adecuado de espacios de trabajo, estudios de movimiento, análisis de costos y beneficios, entre otras funciones que el ingeniero realiza con el fin de encontrar un balance entre los costos y los recursos de la compañía con el fin, claro está, de brindar la mejor solución al defecto presentado.

Según (Vaughn, 1990) la ingeniería industrial se preocupa del diseño, la mejora y la instalación de sistemas integrados por personas, materiales, equipos y energía. Aplica sus conocimientos y técnicas especializadas basadas en las matemáticas, la física, las ciencias sociales, junto con principios, métodos de análisis y el diseño de la ingeniería, para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de dichos sistemas.

Por lo tanto, siguiendo la definición anterior la ingeniería industrial es una profesión que presenta mucha versatilidad en sus funciones, ya que se presentan circunstancias en diferentes departamentos o áreas de trabajo que requieren mejoras en sus distintos procesos. El profesional en esta ingeniería tiene como meta buscar que las propuestas de mejora sean las óptimas con el fin de que la organización mantenga la calidad, fluidez en los procesos diarios y comodidad en sus colaboradores.

## 2.1.2 Inventarios

Los inventarios son los registros de todos aquellos activos de la empresa que se utilicen para la comercialización, pueden ser artículos terminados o materia prima para ser utilizada en el proceso de producción almacenados en los sistemas de información de la compañía con el fin de encontrar los datos de manera sencilla y saber con lo que se cuenta para cubrir con los requerimientos del cliente.

Según (*Durán, Yosmary, s. f.*) el inventario es el conjunto de mercancías o artículos que tiene la empresa para comerciar, permitiendo la compra y venta o la fabricación para su posterior venta, en un periodo económico determinado. Su propósito fundamental es proveer a la empresa de materiales necesarios para su continuo y regular desenvolvimiento, este tiene un papel primordial en el funcionamiento del proceso de producción que permite afrontar la demanda.

Se debe tomar en cuenta que para cubrir con la demanda de los clientes el inventario se debe de controlar de la manera más efectiva posible, ya que esto es importante para tener pronta respuesta, agilizar los procesos productivos de la compañía y, por ende, facilitar la competencia.

El inventario debe de ser controlado, administrado y chequeado de manera eficiente para garantizar con el inventario disponible la operatividad de la empresa y conservar los niveles de manera óptima que permita reducir los costos totales (de pedido y almacenamiento). Un inventario bajo hace aumentar los costos de pedido y por su parte, un inventario alto incrementa los costos de almacenamiento. (*Durán, Yosmary, s. f.*).

### **2.1.3 Administración de inventarios**

La administración de los inventarios es de vital importancia para las distintas organizaciones a nivel mundial, ya que tener un balance sobre éstos proporciona a la empresa directamente un ahorro o un gasto de sus finanzas, ya que no solo forman parte los activos tangibles si no, sus instalaciones, colaboradores y procesos.

La administración de los inventarios es un tema presente en muchas discusiones en la actualidad, una de las razones por las que capta la atención de los gerentes de las compañías, obedece a que los costos de los inventarios representan porcentajes altos del capital que se invierte anualmente (de un 20% a un 40%), por lo que sin duda, se habla de que la reducción de los inventarios presenta una estrategia para la mejora continua con el fin de reducir los costos de la empresa.

*(Negrón, 2009)*

Recientemente muchas organizaciones y empresas están adaptando distintas filosofías con el fin de reducir los inventarios de sus materiales tangibles lo que proporciona que en los procesos exista flexibilidad y a la vez adaptabilidad de sus actividades para responder a la demanda de un mercado tan cambiante sin la preocupación de que sus finanzas vayan a la baja por un mal manejo de inventario.

Para mostrar la importancia de la correcta administración de inventarios, la ilustración 1 enseña los procesos involucrados en una organización en los que intervienen los materiales requeridos o intervenidos en el inventario.

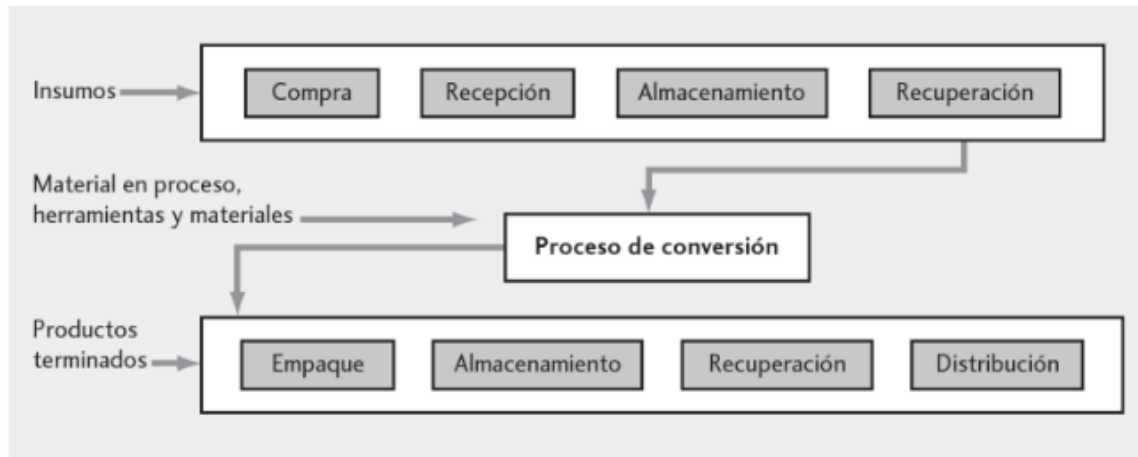


Ilustración 1: Tipos de inventario y su manejo

Fuente: (Negron, 2009)

### 2.1.3.1 Técnicas de administración de inventarios.

Como se ha mencionado anteriormente la administración de inventarios tiene valiosa importancia en el desarrollo de una empresa, ya que afecta sus finanzas de manera directa, esto ha provocado que éstas tengan la preocupación de buscar las herramientas necesarias para satisfacer las necesidades del cliente y no se vea afectada la economía de la empresa. A continuación, se mostrarán distintos métodos del control de inventarios.

#### 2.1.3.1.1 Análisis ABC.

Este método permite establecer tres categorías de productos en el inventario y cada una de estas se define en función de la cifra de negocios que representan, estas categorías se denominan: A, B y C. (Boubeta', 2010)

- ✓ Categoría A: en esta se ubican la minoría de productos en comparación con las otras categorías, en este conjunto se ubican los distinguidos “productos estrella” representan el mayor valor añadido. Representan alrededor del 15% de los artículos y entre el 70% y el 80% del coste total del inventario. (Boubeta', 2010)
  
- ✓ Categoría B: esta sección tiene un número mayor de productos que en la categoría anterior que no representa más que un porcentaje reducido de las ventas. Suelen constituir el 30% de los artículos y entre el 15% y el 25% del coste total del inventario.
  
- ✓ Categoría C: en esta categoría se encuentran numerosos productos de los que apenas se venden algunas unidades. Representan el 55% de productos, pero solo un 5% del coste total del inventario. (Boubeta', 2010)

Se recomienda tener claro los porcentajes de importancia de cada categoría con el fin de que el método sea eficiente cuando se aplique en los procesos de la

compañía. La ilustración 2 muestra gráficamente la relevancia de cada escalón para la aplicabilidad de esta herramienta.

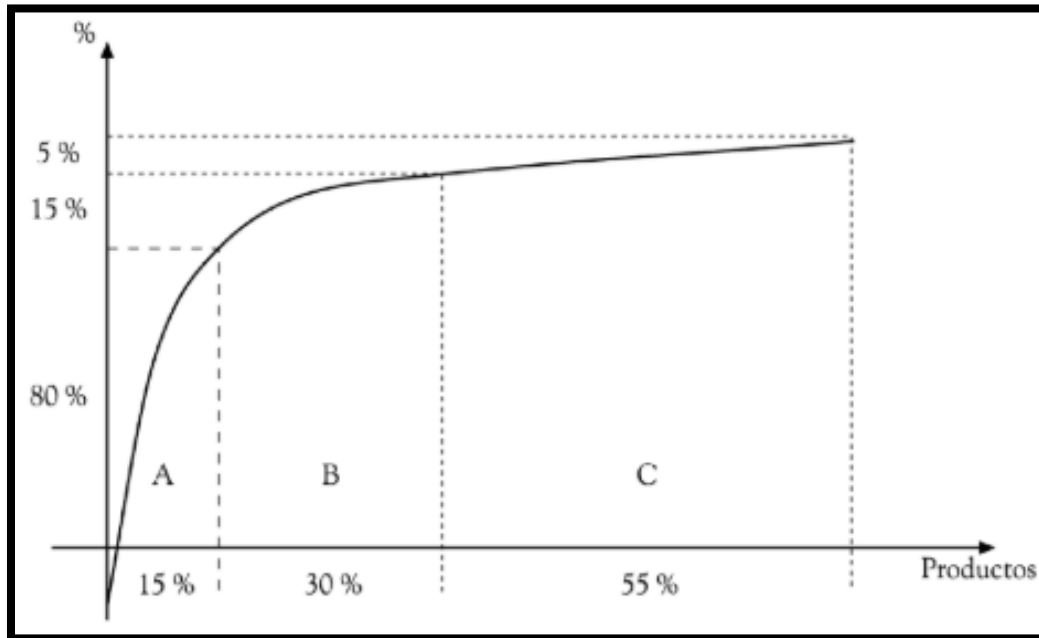


Ilustración 2. Representación gráfica del análisis ABC

Fuente: (Boubeta', 2010)

### 2.1.3.1.2 Determinación del punto de reorden

Para tener un control claro del inventario y una visión realista de lo que se tiene para producir y de la misma manera competir en la industria, la determinación del punto de reorden es una opción muy factible ya que el PDR (punto de reorden) se puede definir como la demanda promedio durante el tiempo que demora el pedido en llegar. (Fonnegra, 2018).

La importancia de esta herramienta es la sencilla utilización que ofrece y a la vez lo útil que es para las compañías, ya que no solo ayuda a la trazabilidad de los insumos

tangibles, sino a las oportunidades de negocio en un mercado tan exigente como el que se presenta en la actualidad.

(Fonnegra, 2018) menciona que el punto de reorden es el inventario disponible que se tiene para cubrir la demanda mientras que se da el nuevo abastecimiento del material, por ende, se trata de buscar un equilibrio para que no se den desperdicios o pérdidas monetarias en la empresa por un mal manejo de los recursos del inventario.

Para calcular el PDR, se deben tomar en cuenta dos elementos importantes con el fin de poder calcularlo en una expresión matemática.

$$PDR = d * L$$

Donde,

PDR = punto de reorden

d = demanda promedio por unidad de tiempo.

L = tiempo de demora del pedido en las mismas unidades que la demanda.

La misión de este método es no interrumpir las actividades productivas de la empresa o no detenerlas con el fin de no provocar la insatisfacción del cliente o en el peor de los casos la pérdida de éstos. Sin embargo, se debe de tener un buen manejo y coordinación del departamento que esté a cargo del inventario ya que la idea es promover el ahorro en el almacenaje de los artículos, ya que si se pide antes aumentan los costos y si se realiza después se provocan problemas o disgustos en los clientes.

### **2.1.3.1.3 Existencias de reserva o seguridad de inventarios**

Cuando no se tiene claro el tiempo de demora de un pedido o no se tienen registros de la demanda en la compañía, se procede con tener recursos de seguridad, es decir, tener un “colchón” de mercadería que pueda satisfacer las necesidades del cliente mientras que el pedido llega, hay que tener claro que este método puede utilizarse en las llamadas PYMES (pequeñas y medianas empresas) y por un periodo corto, ya que no es tan seguro como el PDR en comparación ya que uno utiliza variables matemáticas y otro es más subjetivo, por ende uno va a mostrar más precisión que el otro.

Al ser de cierta manera subjetivo, en las grandes empresas no es recomendable su utilización, ya que se puede dar el riesgo de no cumplir con el pedido que requiere el cliente y sin duda el control de los activos no va a hacer el correcto.

### **2.1.3.1.4 Control de inventario justo a tiempo (JAT)**

Como parte de la correcta administración de inventarios y como propulsora de la mejora continua en una organización, se presenta la filosofía de justo a tiempo (JAT) en inventarios, la cual se define como aquella herramienta que permite que los artículos o productos de interés se manejen por el sistema “pull” (tirar), para que el material llegue donde y cuando se necesita. Cuando esto no se cumple, se crea un inconveniente o problema. (*Mendoza, Edwin, s. f.*)

Esta filosofía vista desde el punto de los inventarios depende en su mayor parte de factores externos, ya que se deben tener buenas alianzas con proveedores de

calidad y de confianza para que se pueda reabastecer la planta u organización de la manera más eficiente posible que garantice fluidez en los procesos productivos.

(Mendoza,Edvin, s. f.). nombra en su publicación al autor Chase, J. (2001), que explica que el JAT, es como un conjunto integrado de actividades diseñadas para lograr un alto volumen de producción, donde se utiliza el mínimo de inventarios de materia prima, trabajo en proceso y productos terminados. Las piezas llegan a la siguiente estación de trabajo justo a tiempo, cuando se completan pasan por la operación rápidamente. El método justo a tiempo también se basa en la lógica de que solo se produce si se necesita, con el fin de evitar desperdicios y costos en almacenaje. La necesidad se crea por la demanda real de un producto. En teoría cuando un artículo se ha vendido, el mercado toma un reemplazo del último eslabón en el sistema, en este caso el ensamble final. Esto activa una orden a la línea de producción de la fábrica, en donde un colaborador pide otra unidad de una estación anterior pide a la estación que está antes que ellas y así sucesivamente hasta la liberación de las materias primas.

### **2.1.3.2 Costos del Inventario. Métodos de costeo**

Para realizar los cálculos de los costos del inventario en la empresa, se tienen distintos métodos con el fin de cuidar las finanzas de la compañía, este aspecto es muy relevante para el control desde el punto de vista contable, ya que en la gestión de los inventarios es donde nacen la mayor parte de las operaciones productivas de las distintas organizaciones a nivel mundial. A continuación, se mostrarán distintos métodos que se utilizan para obtener el costo de los inventarios.

#### **2.1.3.2.1 Método de “identificación específica”**

El método de identificación específica tiene como meta encontrar los registros de cada producto en específico para no solo identificarlos sino saber su costo respectivo con exactitud.

Según (Fuentes, 2015):

*“el método de identificación específica es usado cuando el inventario posee un gran valor por lo que generalmente la entidad posee pocas unidades, o cuando son bienes de gran tamaño, facilitando su control individual.”*

Aunque es un método que presenta un fundamento lógico, normalmente no es utilizado por las grandes compañías por motivos contables de las Normas Internacionales de Información Financiera que exigen a las compañías utilizar otros métodos de costeo, debido a que con este método se pueden manipular las ganancias. (Fuentes, 2015)

#### **2.1.3.2.2 Método del promedio simple**

Este método se utiliza para calcular el promedio de un periodo de demanda en específico con la meta de eliminar las variaciones al azar. La herramienta es muy útil cuando la demanda no se ve influenciada estacionalmente. La estimación se realiza simplemente al calcular la demanda promedio para los n periodos recientes, esto para utilizarla como pronóstico para las eventualidades futuras de la compañía del siguiente periodo. (Krajewski & Ritzman, 2000)

Una vez conocida la demanda, en el periodo siguiente la demanda más antigua incluida en el promedio anterior se hace la sustitución por la demanda más reciente

y se procede a calcular nuevamente el promedio. De esta manera se utilizan las  $n$  demandas más recientes, debido a esto es promedio se traslada de un periodo a otro. (Krajewski & Ritzman, 2000)

Para realizar el cálculo matemático del pronóstico de los siguientes periodos se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_{t+1} = \frac{\text{Suma de las } n \text{ últimas demandas}}{n} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1}}{n}$$

Ilustración 3. Fórmula para calcular el pronóstico mediante el método del promedio simple

Fuente: (Krajewski & Ritzman, 2000)

Donde;

- ✓  $F_{t+1}$  = Pronóstico para el periodo  $t + 1$ .
- ✓  $n$  = Número total de periodos incluidos en el promedio.
- ✓  $D_t$  = Demanda real en el periodo  $t$ .

Con dicha herramienta, el pronóstico de la demanda en el siguiente periodo será igual al promedio calculado al final de este periodo. (Krajewski & Ritzman, 2000)

#### **2.1.3.2.3 Método del promedio ponderado**

Otro de los métodos utilizados para estimar el costo del inventario es el del promedio ponderado, el cual se utiliza en muchas ocasiones, éste calcula un costo unitario al

dividir el costo total de lo que se adquiriere de todos los bienes con los que se cuente para la venta entre el número de unidades de los artículos disponibles para la venta. (Horngren et al., 2000)

El cálculo del promedio ponderado se calcula mediante la fórmula:

$$\checkmark \text{ Promedio ponderado} = \text{costo de bienes para venta} / \text{unidades disponibles para la venta.}$$

Es decir, si se tienen tres botones uno con precio de \$3, el otro de \$4 y el siguiente de \$5 y se quiere realizar este método con estos botones, se procede de la siguiente manera:

$$\checkmark (\$3 + \$4 + \$5) / 3 \text{ unidades} = \text{promedio ponderado de los botones}$$
$$\checkmark \$4 = \text{promedio ponderado de los botones}$$

Como se puede observar en el cálculo anterior, la ejecución de este método es relativamente sencilla, debido a esto es que los encargados de la gestión de inventarios en las empresas lo utilizan a menudo para la realización de pronósticos.

#### **2.1.3.2.4 Método del promedio móvil o movable.**

Este método involucra mucho al analista de los datos de manera subjetiva, al determinar la importancia de los promedios más recientes y antiguos según los recursos empleados en la compañía en un periodo determinado.

El promedio móvil o movable de la demanda se puede calcular multiplicando cada periodo por un factor de ponderación y dividiendo el resultado entre la suma de todos los factores ponderados. (Contreras Juárez et al., 2016)

$$\dot{X}_t = \frac{\sum_{t=1}^n C_i * X_{t-1}}{\sum_{t=1}^n C_i}$$

Ilustración 4. Fórmula para calcular el promedio móvil o movable para el costo de los inventarios.

Fuente: (Contreras Juárez et al., 2016)

La Ilustración 4 refleja la fórmula para el cálculo del promedio móvil, donde se tiene que contemplar lo siguiente:

- ✓  $X_t$  = Promedio móvil ponderado de la demanda en unidades en el periodo t.
- ✓  $C_i$  = Factor de ponderación.
- ✓  $X_{t-1}$  = Demanda real en unidades de los periodos distintos a t.

(Contreras Juárez et al., 2016)

#### **2.1.3.2.5 Método PEPS (Primero en entrar, primero en salir).**

Esta herramienta de costeo de inventarios se rige bajo la premisa “primero en entrar, primero en salir”, es decir el artículo, materia prima o insumo de interés que ingrese de primero por fecha en comparación con otros, va a ser el primero que salga ya sea a producción, a la venta o al departamento de interés del producto.

Para efectos de la gestión de los inventarios la mercadería debe estar situada en un lugar adecuado con el fin de darle la rotación correcta y no generar desordenes en la trazabilidad del producto.

Según (*Universidad Militar de Nueva Granada DM*, s. f., p. 12) el método PEPS pretende que la dinámica de inventarios funcione así:

- ✓ En cuanto se agota el saldo más antiguo de inventarios, se utiliza la siguiente partida con su costo de adquisición.
- ✓ El inventario queda valorado al costo de compra más reciente.
- ✓ Los saldos de inventarios reflejan las compras más recientes.

#### **2.1.3.2.6 Método UEPS (último en entrar, primero en salir).**

Contrario al método anterior, el método UEPS persigue la frase “último en entrar, primero en salir”, lo que fácilmente se deduce que la mercadería que entra de último a la compañía es la primera en trasladarse a la venta o al lugar donde se necesite.

De igual forma en cuanto a la administración del inventario se deben tener claro los lugares en los cuales debe estar ubicado el producto, con el fin de que haya fluidez en el proceso productivo de la organización.

Según (*Universidad Militar de Nueva Granada DM*, s. f., p. 15) la herramienta UEPS presenta las siguientes ventajas y desventajas:

- ✓ El valor del inventario final es menor ya que se está utilizando precios más bajos.

- ✓ Al tener un costo de ventas mayor, por la valoración con los últimos precios, esto genera una utilidad menor y por ende disminuye la base en el impuesto de renta.
- ✓ Exige un mayor control por cada línea de producto.
- ✓ La compañía puede presentar un saldo en sus inventarios que no sea real o este alejado de las condiciones reales del mercado.

### **2.1.3.3 Control interno de los inventarios.**

Como ha sido mencionado anteriormente, los inventarios forman parte importante de la compañía ya que de ellos nace el proceso productivo de muchas compañías a nivel mundial, para esto es importante seguir una serie de pasos o tener un flujo definido del camino por donde van a pasar los materiales o insumos de interés en la empresa.

Ya que los inventarios afectan directamente en la mayoría de los procesos de una organización se requiere un control o un planeamiento de las actividades, que incurra en lo que va a pasar con los materiales, fechas de llegada, pedidos, entre otros. Posteriormente viene el proceso de compra u obtención de bienes para cubrir las necesidades que se tiene en cierto lapso, después entra el proceso de recepción de materiales donde forman parte la descarga de los productos, los chequeos de materiales con el fin de que todo esté completo y su organización. Luego de la recepción se continua con el proceso de almacenaje de los insumos en los lugares adecuados para que exista un orden cuando se requieran, si esto se logra el proceso siguiente es el de producción, que es llevar el material a las actividades

productivas del establecimiento. Cuando los bienes son pasados de materia prima a un bien, se deben reportar al departamento de contabilidad para hacer los reportes necesarios y nuevamente iniciar con el planeamiento. (*Administración de inventarios—GestioPolis, s. f.*)

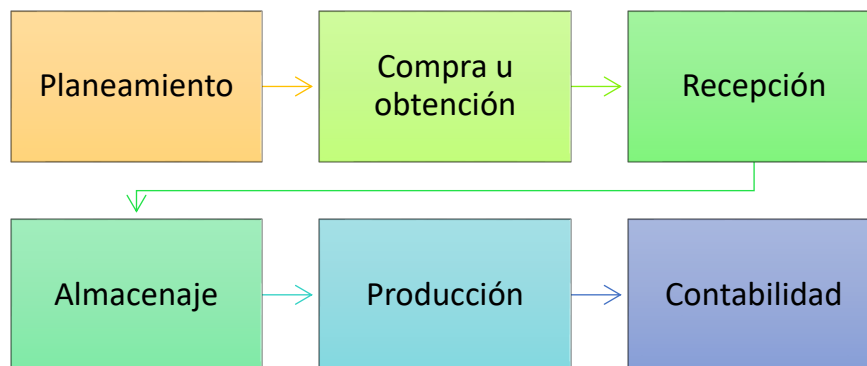


Ilustración 5. Control interno de los Inventarios

Fuente: Elaboración propia

#### 2.1.4 Diagrama de recorrido

Uno de los principios de la ingeniería industrial es mejorar los procesos dentro de una compañía, esto incluye eliminar tiempos innecesarios, minimizar los recorridos, entre muchos otros objetivos. Una de las herramientas necesarias para realizar una mejora en un lugar es tener claro el panorama actual, y el diagrama de recorrido tiene una función importante en este ámbito ya que muestra las distancias que hay entre un espacio y otro, así como los recorridos que se realizan para cualquier acción de interés en el estudio.

(Sandoval, s. f.,2013) expresa:

“El diagrama de recorrido es una representación objetiva de la distribución existente de las áreas a considerar en la planta y en donde se marcan las líneas de flujo que indiquen el movimiento del material, equipo o trabajadores de una actividad a otra.” p. (4)

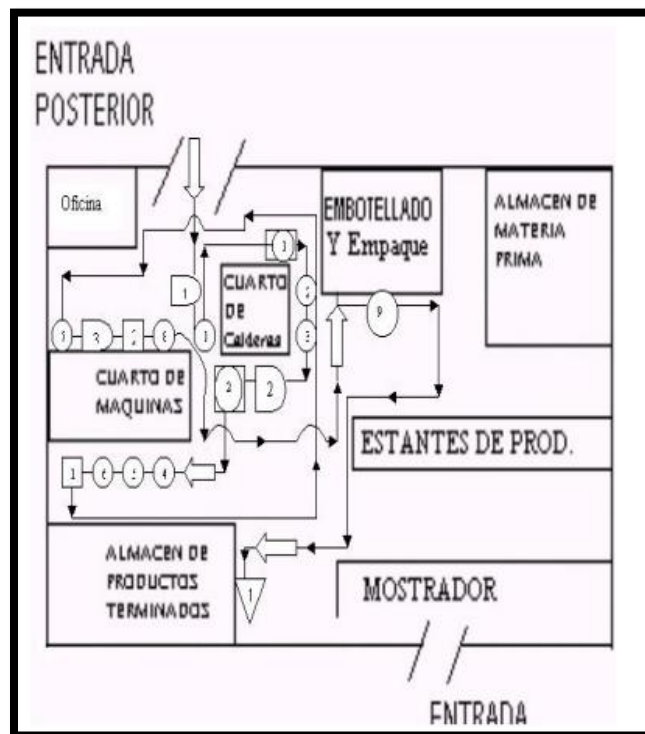


Ilustración 6. Ejemplo de diagrama de recorrido

Fuente: (Sandoval, s. f.,2013)

## 2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

### 2.2.1 Manufactura esbelta

Todas las empresas en el orbe buscan producir más, con menos o sin causar desperdicios, la manufactura esbelta es un principio que busca lo anterior por medio de herramientas, métodos o pasos que se deben seguir para lograrlo.

Es conocida como manufactura esbelta y tiene como objetivo suprimir todos los desperdicios, todas las operaciones que no den o agreguen valor al proceso productivo del producto o servicio que se ofrece. La idea es eliminar todo lo que no agregue valor al producto. (Belohlavek, 2006, p. 25)

Hay que tener claro que la definición de valor agregado es muy amplia ya que, en la mayoría de las ocasiones, el cliente y sus requerimientos son las que definen el valor agregado de un proceso o un producto deseado según sus necesidades.

La manufactura esbelta pretende satisfacer las necesidades del cliente con la idea de no generarle pérdidas a la compañía, al contrario, esta filosofía permite competir en el mercado y ganar la atención del cliente y por ende, venderle el producto, dándole la oportunidad de escogerlo y producirlo como él lo desea brindándole un excelente servicio.

Resumiendo, la misión de esta filosofía es dar al cliente un producto o servicio cuidando las finanzas, manteniendo la calidad en un tiempo reducido. Es decir, optimizar el proceso, para llegar a cumplir con estos requerimientos se debe de estar revisando los procesos de la compañía, por eso se le conoce como una herramienta que fomenta la mejora continua de cualquier organización.

La manufactura esbelta tiene los siguientes objetivos:

- ✓ Defectos y desperdicios: eliminarlos o minimizarlos, así como eliminar cualquier característica innecesaria del producto que no sea requerimiento del cliente, suprimir cualquier exceso en el uso de materias primas, prever y evitar defectos y sus costos asociados por reproceso. (Calva, 2014, p. 12)
  
- ✓ Tiempo de ciclo: reducir los plazos de entrega y los ciclos de tiempo de producción mediante la disminución de los tiempos de espera, reparación, preparación y conversión del producto. (Calva, 2014, p. 12)
  
- ✓ Niveles de inventario: minimizar los inventarios de materia prima, producto terminado y en todas las etapas de producción, dar enfoque en los trabajos en progreso entre las etapas de producción, ya que inventarios más bajos requieren menor capital de trabajo y se tendrá un mejor flujo de efectivo. (Calva, 2014, p. 12)
  
- ✓ Productividad laboral: mejoramiento mediante la reducción de tiempo ocioso de los operadores asegurándose que su trabajo les produzca la satisfacción y beneficios que cumplan con sus expectativas en función de que se involucren, se consigan resultados y participen en la búsqueda de la mejora continua. (Calva, 2014, p. 12)

Para lograr implementar manufactura esbelta en un lugar de interés, existen diversas herramientas o facilitadores para conseguirlo, a continuación se detallan:

### 2.2.1.1 Kanban

Como parte de la manufactura esbelta se encuentra el Kanban que va unido a la filosofía de justo a tiempo (JAT) en los requerimientos de los materiales, el mismo va de la mano con ésta filosofía de tener lo que se necesita, cuando se necesita y en el momento en que se necesita por lo que debe existir un control estricto, para alcanzar los objetivos de mantener bajos los niveles de inventario.

Sencillamente este método se conoce como un sistema o una tarjeta que permite registrar los movimientos de material con el fin de reponerlos para generar la fluidez en el proceso. Dicha tarjeta tiene la función de solicitar el material del proceso o suministro anterior, siendo más exacto la cantidad de piezas o material que se requieren para reponer las que ya se consumieron generando facilidad para poner en práctica el JAT. (Arbós, 2012, p. 202)

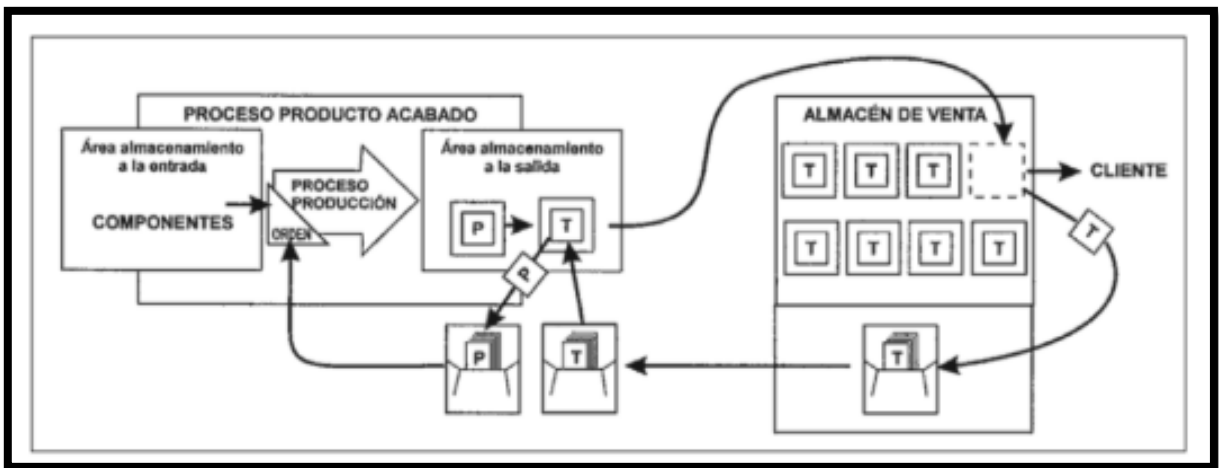


Ilustración 7. Esquema del funcionamiento del Kanban

Fuente: (Arbós, 2012, p. 203)

### 2.2.1.2 5S

Las 5s es una herramienta de calidad japonesa que promueve la reducción de desperdicios, la identificación de lo necesario, lo que no es útil y como manejar todos los espacios de manera que se garantice el balance de la producción con un área limpia, ordenada y mostrando disciplina como parte de la rutina. Las 5s son:

- ✓ Seiri (Clasificar): consiste en separar las cosas que sirven de las que no. Identificar lo que es necesario e innecesario para el proceso.
- ✓ Seiton (Orden): una vez separados los objetos necesarios, se deben ordenar en un lugar de fácil acceso y con la rotulación adecuada para mantener el orden de éstos.
- ✓ Seiso (Limpieza): promueve que la limpieza forme parte de las rutinas de trabajo, eliminando toda clase de contaminación en el área de trabajo.
- ✓ Seiketsu (Estandarización): este apartado tiene como objetivo principal mantener las tres anteriores por medio de manuales, instrucciones e ilustraciones claras para que se estandarice la filosofía en toda la compañía y sea de fácil entendimiento para cualquier persona.
- ✓ Shitsuke (Disciplina): esta sección trata de establecer una cultura de respeto por parte de los que forman parte de la organización para mantener la limpieza, el orden y la clasificación.



Ilustración 8. 5s de manufactura lean.

Fuente: («Las 5S de la Filosofía Japonesa Lean | Mantenimiento Integral», 2018)

### 2.2.1.3 Kaizen

Popularmente se dice que “en la unión está la fuerza”, pues el concepto de Kaizen lo aplica ya que promueve la implicación general de toda la compañía, desde los colaboradores hasta los procesos que se realizan, se trata de que los miembros de la organización aporten sus ideas como parte de la mejora continua, suele crearse grupos pequeños que se reúnen para discutir sobre las problemáticas existentes con el fin de analizarlas y proponer ideas para dar solución a los inconvenientes presentados. (50Minutos.es, 2016)

Por otra parte, aporta la idea de tener buzones de ideas, para que cualquier persona de la compañía sea escuchada en sus inquietudes, claro está, los inconvenientes mostrados en este buzón deben ser problemas reales de la empresa con el fin de trabajar en las potenciales propuestas de mejora.

Este método propone que si la idea es buena, presenta fundamentos viables para la compañía, se procederá a crear un proyecto con un equipo capacitado en el cual

se realicen los estudios necesarios para implementar la mejora expuesta. (50Minutos.es, 2016).

#### **2.2.1.4 Indicadores de gestión KPI**

En muchos de los proyectos que se realizan en la actualidad, se quiere tener el conocimiento de como va avanzando el proyecto o qué tanto aporte ha tenido en el desarrollo de los procesos involucrados, para esto se encuentran los indicadores de gestión KPI que por sus siglas en inglés (Key Performance Indicator) son tomados como indicador clave de rendimiento, los cuales dan una señal clave de como va funcionando el proyecto. Estos indicadores pueden variar según el proyecto o tarea a realizar.

Según (García, 2008):

*“Los indicadores de gestión se convierten en los signos vitales de la organización, y su continuo monitoreo permite establecer las condiciones e identificar los diversos síntomas que se derivan del desarrollo normal de las actividades”.*

#### **2.2.2 Seis sigma**

Para muchos de los proyectos de investigación se deben de seguir una serie de pasos con el fin de alcanzar los objetivos, seis sigma otorga al ingeniero esa serie de pasos, es llamado el método científico de la producción, ya que basicamente nos indica los lineamientos a seguir cuando se tiene una propuesta de mejora por medio del ciclo DMAIC, nombre que proviene de sus iniciales en inglés, D: define (definir),

M: measure (medir), A: analyze (analizar), I: improve (mejorar) y C: control (controlar). (Corcoba, 2009, p. 21)

Cada etapa tiene distintos objetivos dependiendo de a lo que se quiera llegar con la investigación en curso, cada investigador tiene que tener claro que situaciones o datos necesita para solventar cada paso del DMAIC, por ende es necesario conocer que se debe hacer en cada escalón.

- Definir: Es la fase inicial de la metodología, en donde se identifican posibles proyectos de mejora dentro de una compañía y en conjunto con la dirección de la empresa se seleccionan aquellos que se juzgan más prometedores. (Ocampo & Pavón, 2012, p. 2)
- Medir: Una vez definido el problema a atacar, se debe de establecer que características determinan el comportamiento del proceso. Para esto es necesario identificar cuáles son los requisitos y/o características en el proceso o producto que el cliente percibe como clave (variables de desempeño), y que parámetros (variables de entrada) son los que afectan este desempeño. (Ocampo & Pavón, 2012, p. 2)
- Analizar: En esta etapa se seleccionan y se aplican herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa de Medir y se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en el siguiente paso. Esto se hace mediante la formulación de diferentes hipótesis y la prueba estadística de las mismas para determinar qué factores son críticos para el desempeño final del proceso. (Ocampo & Pavón, 2012, p. 3)

- Mejorar: En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. Para hacer esto se requiere de una lluvia de ideas que genere propuestas, las cuales deben ser probadas usando corridas piloto dentro del proceso. La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable. (Ocampo & Pavón, 2012, p. 3)
- Controlar: en esta etapa se debe crear por medio de los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la investigación una herramienta con una estrategia que busque que la mejora implementada continúe sin afectar la efectividad de la compañía.

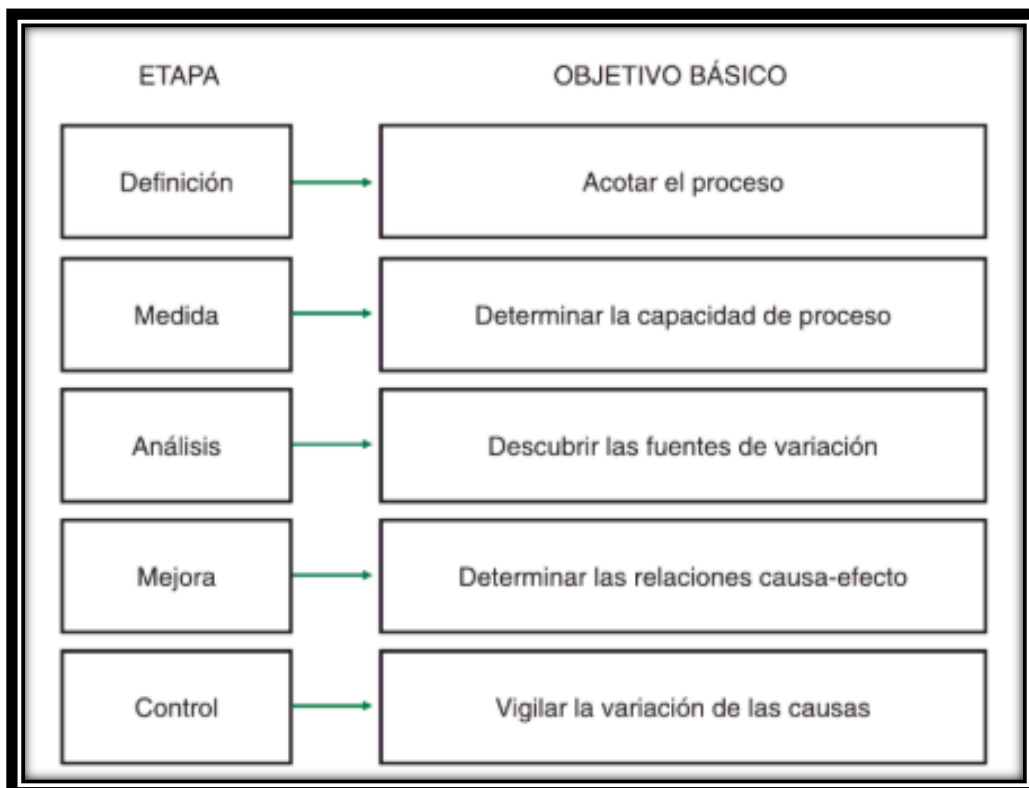


Ilustración 9. Objetivos de las etapas del DMAIC.

Fuente: (Corcoba, 2009, p. 22)

### **2.2.3 Herramientas utilizadas en la metodología DMAIC**

Para poder llevar a cabo la metodología DMAIC dentro de un proyecto de investigación existen ciertas herramientas con el fin de utilizarlas en cada etapa de ésta, como facilitadores e indicadores de la problemática que se tiene.

A continuación se van a mostrar las que se van a utilizar en esta investigación, ya que dependiendo de la necesidad de cada proyecto estas pueden variar.

#### **2.2.3.1 Diagrama de Gantt**

Como herramienta para la planeación de proyectos el diagrama o gráfico de Gantt, ofrece un método visual e ilustrativo de las acciones para realizar el proyecto y su avance por medio de fechas con el objetivo de alcanzar el objetivo según lo planeado, comúnmente se empieza a diseñar en la etapa de definición del DMAIC.

Por eso para elaborar el gráfico ya se tiene que haber diseñado un plan y en el mejor de los casos tener un aproximado de fechas para realizar las tareas, si bien es cierto éstas pueden cambiar, la idea es que todo fluya según lo planeado inicialmente por el investigador, esta herramienta relaciona lo que se hace con lo que fue hecho. Hay que prestar mucha atención a la hora de realizarlo ya que los detalles deben estar claros en el mismo para que cualquier persona los pueda comprender. (Ugalde, 1979, p. 106)

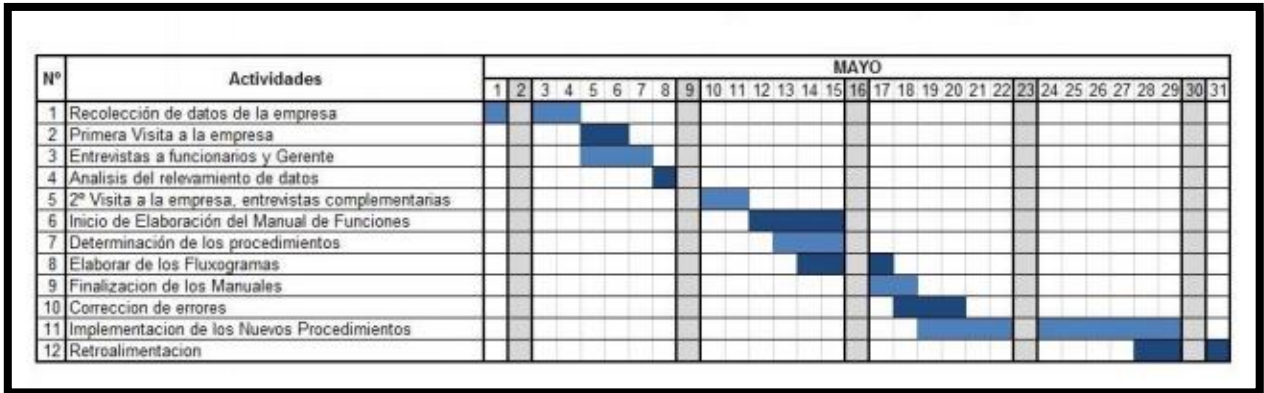


Ilustración 10. Diagrama de Gantt.

Fuente: (Handl, s. f.)

Entre las ventajas del diagrama de Gantt podemos encontrar las siguientes:

- ✓ Es fácil de entender.
- ✓ Si se tiene acceso al gráfico al verlo se puede tener una visión global del proyecto y sus tareas. (RAMÍREZ, 2018)
- ✓ Se puede estimar la duración del proyecto, generalmente se muestra en meses.
- ✓ Divide la investigación en etapas, mostradas normalmente como barras horizontales.
- ✓ Da una visión completa de las incompatibilidades según lo planeado así como las actividades dependientes de otras.
- ✓ Permite pasar la información a un gráfico para su conocimiento y aplicación. (Ugalde, 1979, p. 110)

Por otra parte como todo método de planificación, presenta una serie de desventajas que se muestran a continuación:

- ✓ No muestra las relaciones entre tareas
- ✓ No permite que se pueda mejorar el desarrollo de una tarea. Es estática.
- ✓ No separa tareas por su importancia o dificultad. (RAMÍREZ, 2018).

Esta herramienta no solo permite separar actividades para un proyecto en cuestión, sino se puede ver en gran formato, ya que permite separar proyectos, aunque no es una práctica muy recomendada, si funciona por el tipo de formato que tiene el gráfico, como el creador Gantt lo citaba si se tiene la receta, hay que combinarla con tiempos. Con esto la organización de los proyectos presenta cierto control ya que muestra las actividades a realizar para conseguir las metas en el proyecto.

### **2.2.3.2 Diagrama de Pareto**

Cuando se quiere dar una propuesta de mejora es necesario tener claro lo que está causando la problemática, y sin duda muchas veces son una serie de causas y no se cuenta con un método para darles cierto nivel de importancia para atacarlas y que la mejora sea lo más viable, para solucionar esta situación se recomienda el diagrama de Pareto, un método muy utilizado en el DMAIC.

Este diagrama se dió gracias al principio de Pareto que en términos sencillos del siglo pasado expresó:

*“ El 20% de los contribuyentes, paga el 80% de los impuestos”*

Debido a esta frase, nace lo que hoy se conoce como el famoso 80/20, aplicable a demasiadas situaciones que van desde la industria hasta el hogar. Este principio

nos aclara que el 20% de las causas provocan el 80% de los problemas.(Peña, 2007, pp. 140-141)

El gráfico se realiza por medio de frecuencias, es decir, por medio de análisis ver una vez que se tienen definidas las principales causas de los problemas, cuál o cuales son las que más se repiten con el fin de determinar cuales corresponden a ese 20% que causa el 80% de la problemática.

Comúnmente es muy utilizada en las industrias en la actualidad, ya que es una herramienta sencilla de realizar y da un aporte significativo a la investigación. En síntesis, le da un camino a seguir al investigador, le indica por medio del gráfico cuales son las causas a perseguir para concretar la mejora en el proceso de interés.

Otro de los principios que Pareto afirma en su teoría es que en toda problemática se dan “pocos vitales, muchos triviales” insistiendo que en ocasiones se tienen muchas causas pero no necesariamente van a formar parte vital del proyecto de investigación, al menos en un futuro cercano. Posteriormente si pueden ser analizadas. (Verdoy et al., 2006, p. 204)

En la ilustración 12 se puede observar que las dos primeras causas forman parte de los “pocos vitales”, es decir en estas causas está centralizado en mayor parte la problemática expuesta en el ejemplo.

Al atacar las causas vitales de la problemática se va a tener un avance lógico y factible para la persona que esté realizando la mejora y para la organización beneficiada, ya que al tener una herramienta que muestre datos y una figura clara de lo que se tiene, va a ser más sencillo poner atención a las principales falencias

con el objetivo de que no vuelvan a ocurrir o disminuir significativamente su frecuencia.

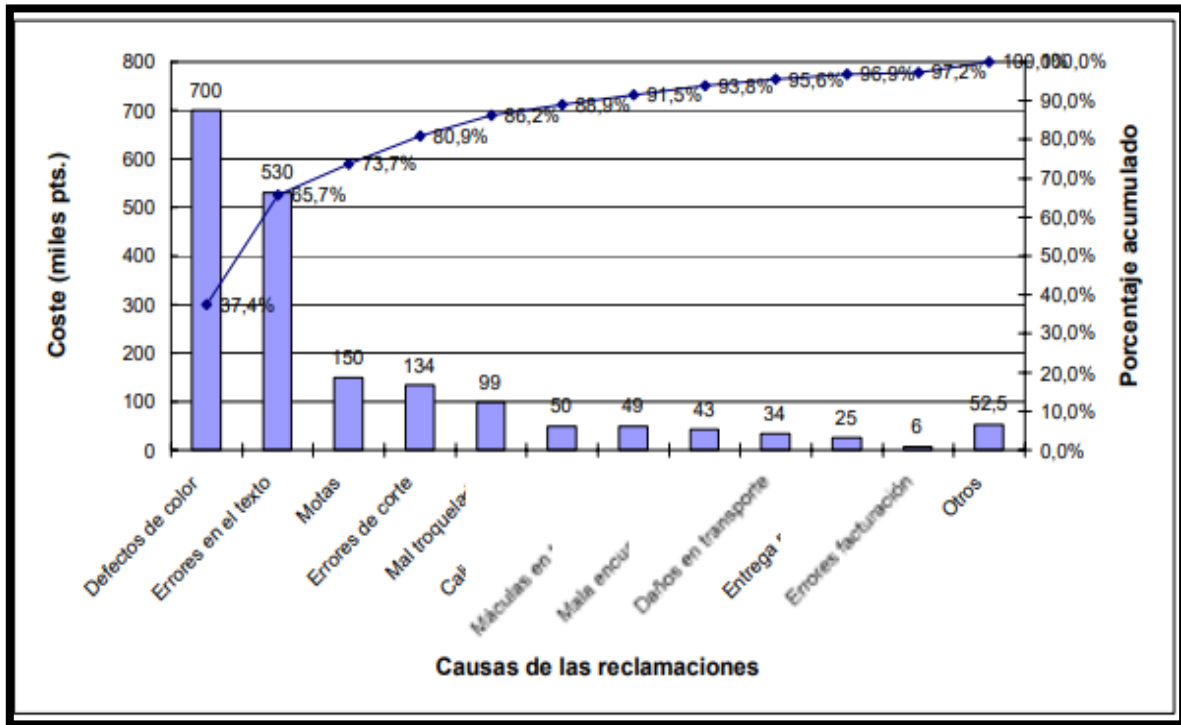


Ilustración 11. Diagrama de Pareto

Fuente: (Universidad de Vigo.pdf, s. f., p. 5)

### 2.2.3.3 Diagrama de Causa – Efecto o Ishikawa

Al analizar cualquier contratiempo como se mencionaba en el diagrama de Pareto se tienen muchas causas que lo provocan; ya que pueden ser ocasionadas por diversos departamentos o personas si fuera el caso.

La herramienta del diagrama de causa – efecto, o espina de pescado conocido así por su forma gráfica, permite ordenar las causas donde se ocasionan según las 6M aplicadas en la ingeniería industrial y en forma general al seguir este sistema.

En las 6M, se encuentran:

- ✓ Mano de obra: relaciona al operario en el caso de la industria o la persona que está involucrada en el proceso, en esta sección entran características como la aptitud del colaborador.
- ✓ Medición: se refiere a todos los procesos que se utilizan para medir en el proceso afectado, la idea es notar si se está realizando de buena manera, con el instrumento adecuado y los mantenimientos que se realizan a éste.
- ✓ Método: el objetivo de esta espina es evaluar si la metodología que se utiliza es la correcta, si se está haciendo de acuerdo a las normas internas de la compañía.
- ✓ Máquina: en esta espina se encuentran los funcionamientos de los equipos que intervienen en el proceso productivo del problema en estudio.
- ✓ Material: se refiere a la materia prima con la que se cuenta y en las condiciones que está para realizar los trabajos asignados.
- ✓ Medio ambiente: expone todas las condiciones internas y externas involucradas al proceso que tenga que ver con temperatura, iluminación, ventilación, entre otras.

Para una correcta aplicación del diagrama de Ishikawa se recomienda la participación de un grupo multidisciplinario de personas, con la idea de que la búsqueda de las causas abarquen la mayor parte de la compañía según lo establecido en las 6M. (Moreno, 2018)

Posteriormente, se aconseja apoyar las causas encontradas a un Diagrama de Pareto, para descubrir cuáles de ellas están provocando el problema encontrado.

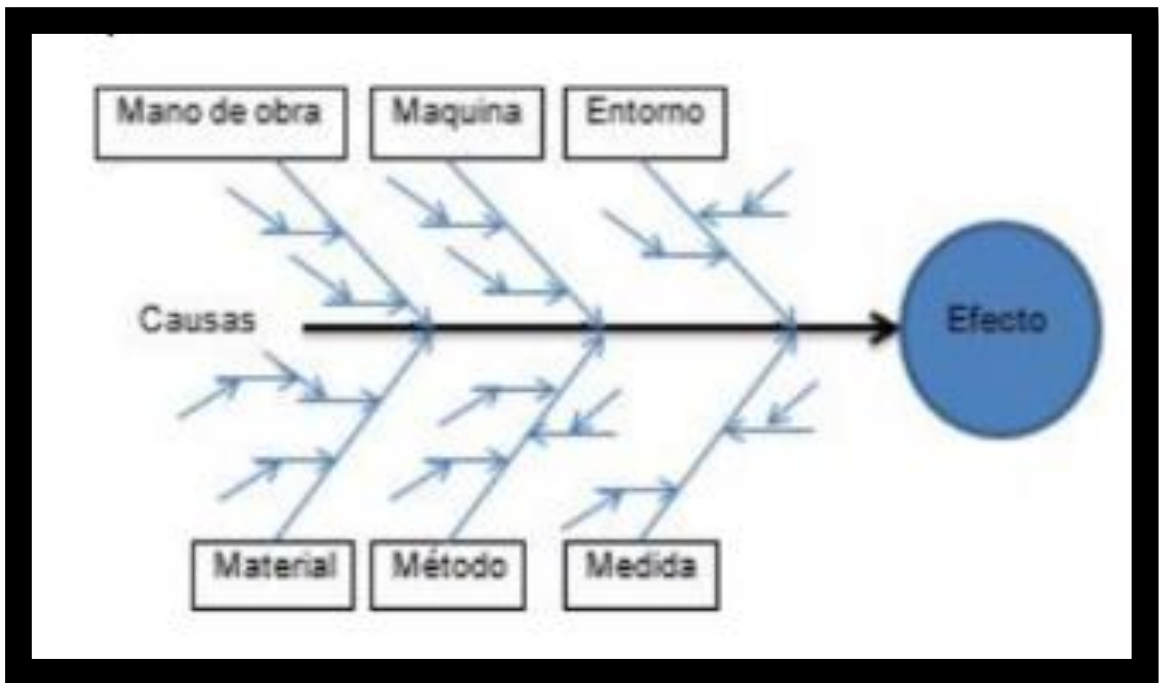


Ilustración 12. Diagrama de causa – efecto.

Fuente: (Moreno, 2018)

#### 2.2.3.4 Los cinco porqués

Básicamente los cinco porqués son utilizados como medio de análisis de las causas encontradas, tratando de evaluar que tanto es el impacto de lo que se encontró que está ocasionando el problema.

La idea de aplicar los cinco porqués es lograr dos objetivos:

- ✓ Descubrir cuál es la causa raíz de un determinado problema con el fin de suprimirlo totalmente. (Galgano, 2003, p. 84)
- ✓ Habituarse a las personas a meterse en el problema y a encontrar respuesta a las preguntas, es decir, ejercitar su propia inteligencia. (Galgano, 2003, p. 84)

La idea principal de este método es que las personas involucradas en un grupo multidisciplinario se pregunten cinco veces porqué, con el objetivo de encontrar la causa raíz del problema.

Una de las ventajas que se tiene al contar con esta herramienta es su fácil uso, ya que al contar con diversas personas enteradas de los procesos de la compañía, pueden responder las preguntas según lo que se está viviendo. Sin embargo, muchas veces el uso de este método es muy subjetivo, lo que para efectos estadísticos no es recomendable, ya que a los gerentes de las organizaciones lo que les interesa es mostrar números que validen la problemática para ver la rentabilidad de la mejora expuesta.

En conclusión, no es que esté mal su uso si no que se debe complementar con otra herramienta para darle más peso a la investigación en cuánto a números se refiere o dinero si fuera el caso. Para dar un ejemplo de la utilización de los cinco porqués, se puede observar la ilustración 14 que muestra un caso sencillo de aplicación de este método.

**Pregunta 1: ¿Por qué se averió el control principal?**  
Respuesta: La placa de conductores está defectuosa.

**Pregunta 2: ¿Por qué es defectuosa la placa?**  
Respuesta: Por mala refrigeración.

**Pregunta 3: ¿Por qué no se refrigeraba bien?**  
Respuesta: Por no llegarle suficiente aire.

**Pregunta 4: ¿Por qué no llegaba el aire?**  
Respuesta: Por falta de presión.

**Pregunta 5: ¿Por qué la presión de aire era insuficiente?**  
Respuesta: Filtro de aire muy sucio. ⇒ CAUSA RAIZ

Ilustración 13. Ejemplo de la utilización de los cinco porqués.

Fuente: (Fernando Gastón, 11:04:46 UTC)

### 2.2.3.5 Poka Yoke

Cuando en una organización o en un proyecto se quieren implementar mejoras, es necesario ser precavido y proteger a todas las personas involucradas en el desarrollo de éstas.

A raíz de esto, Shigeo Shingo quien fue el propulsor de este concepto, quería eliminar los desperdicios y eliminar las pruebas de control de calidad mediante lo que denominó inicialmente: “a prueba de tontos”, sin embargo para que los colaboradores no se vieran ofendidos su nombre varió, a hoy se le conoce como “a prueba de errores”. Lo que se pretende con lo propuesto por Shingo es respetar la inteligencia del operario o asociado y crear mecanismos para que los procesos tengan la fluidez necesaria para cumplir con lo que el cliente solicita sin la necesidad de cometer errores en el camino. (Hirano, 2017)

Existen distintos mecanismos para poner en práctica la utilización de poka yokes en los procesos rutinarios de la compañía, éstos dependen del objetivo a realizar o de la serie de pasos involucrados para conseguir el bien o el servicio ofrecido. Incluso puede variar según los requerimientos del cliente, al ajustar las estaciones de trabajo para cumplir con la orden de pedido solicitada. Entre los mecanismos se encuentran:

- ✓ Inspección en la fuente para detectar errores en donde se producen, antes de que causen defectos. (Hirano, 2017)
- ✓ Inspección al 100% de defectos utilizando un mecanismo sensible barato. (Hirano, 2017)

- ✓ Acción inmediata para parar las operaciones cuando se detecta un error.  
(Hirano, 2017)

### **2.2.3.6 Luvia de ideas**

Como su encabezado lo dice es una técnica grupal de propuestas de ideas enfocadas en conseguir los objetivos de una investigación, normalmente se usa en las primeras etapas de un proyecto, sin embargo, también se puede utilizar en la concepción de propuestas de mejora con el fin de intercambiar pensamientos con otras personas como objeto efectivo de trabajo en equipo.

Este método fomenta la creatividad del investigador y su grupo de trabajo, ya que no cuenta con ninguna clase de estructuras formalizadas para aplicarlo.

Se debe tomar en cuenta que es necesario mantener un orden adecuado, al ser realizado con un grupo de personas la parte de la comunicación es de vital importancia para desarrollar una lluvia de ideas efectiva y que en realidad le dé aporte a la investigación. Se va a presentar mediante una discusión e intercambio de pensamientos, por eso escuchar a los demás miembros del equipo y mantener el respeto por sus opiniones fomentará que se llegue a un acuerdo y se plasmen buenas ideas u objetivos a realizar. (Silva, 2006, p. 75)

Como técnicas de comunicación cuando el grupo se encuentre reunido, se sugiere la utilización de cualquier recurso didáctico que permita el desarrollo de la reunión de forma que en todo momento se mantenga la tolerancia y la participación de los miembros del grupo.

## 2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

### 2.3.1 Códigos QR

Para el desarrollo de este proyecto se tomó en consideración el aporte de la lectura de los códigos QR, los cuales son un tipo de códigos que al ser escaneados revelan información según la necesidad. Actualmente estos códigos son utilizados de diversas formas que van desde la administración de un inventario hasta para ordenar una pizza, ya que contienen variedad de información y su lectura no es tan complicada en comparación con otra clase de códigos, debido a los avances tecnológicos en los últimos años, para escanear este tipo de codificación basta solamente con descargar una aplicación en el teléfono celular y se procede a leerlo. Esto provoca que esta clase de códigos tengan mucha versatilidad en el mercado mundial. (Ramón & López, 2016) expresa lo siguiente:

*“Se trata de códigos en los que se almacena información en una matriz de puntos y dicha información puede servir desde administrar inventarios, hasta usos relacionados al consumidor final” p.163*



Ilustración 14. Código QR

Fuente: (Ramón & López, 2016, p. 163)

### **2.3.2 Control visual**

Como parte de la manufactura esbelta se encuentra el control visual, esto promueve la participación de los asociados, porque el propósito de esta táctica es que éstos puedan ver falencias del proceso y proponer ideas como aportes a la mejora continua de la organización.

(Voehl et al., 2016) dice lo siguiente:

*“Los controles visuales son señales simples que muestran de un vistazo lo que hay que hacer. Son simplificaciones de sistemas de mejora continua. Cuando se implementa de manera efectiva, no requiere comunicación entre los empleados para indicar qué acción se debe tomar.” p.130*

Como lo indica el autor anteriormente, el control visual tiene como misión ser una herramienta de mejora continua en donde los colaboradores tienen la oportunidad de mejorar la actividad sin la necesidad del proceso escalonado de la comunicación interna entre los empleados, ya que, al tener la visualización completa del panorama, todos pueden ver el estado del objeto o actividad si se aplica de la manera adecuada.

### **2.3.3 Costo – Beneficio**

En el momento que se decide iniciar un proyecto que involucre una propuesta de mejora, se deben tomar en cuenta dos elementos de vital importancia para la presentación de este:

- ✓ Cuanto le va a costar a la empresa, es decir cuántos recursos debe de obtener para poner en práctica la mejora.
- ✓ Que beneficios va a obtener la organización con la implementación de la mejora, se trata de si es factible y rentable realizarla.

Este análisis es un paso muy serio en la investigación, ya que si la idea es mejorar el proceso se debe considerar mantener la balanza equilibrada en cuanto a finanzas se refiere.

Para poner en práctica este análisis se debe estudiar si en un lapso determinado con la nueva inversión se va a tener más beneficios que con el procedimiento actual para que sea más fácil ver la oportunidad de negocio de la mejora que se propone, hacer lo que sea necesario para implementarla y claro está, que la compañía se beneficie. (Harvard Business School, 2009, p. 46).

(Harvard Business School, 2009, p.47) expresa que el análisis costo – beneficio se puede realizar en cinco pasos, los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Identificar todos los costos asociados a la nueva oportunidad de negocio.
- ✓ Identificar el beneficio de los ingresos adicionales de la mejora.
- ✓ Mostrar el ahorro que se obtendrá.
- ✓ Planificar el cronograma de los costos estimados e ingresos esperados.
- ✓ Evaluar costos y beneficios no cuantificables.

## **2.4 Antecedentes del proyecto o experiencias semejantes**

Durante el desarrollo de las secciones anteriores, se ha venido mencionando la importancia de una correcta administración y gestión de los inventarios en las distintas empresas a nivel mundial, ya que por medio del inventario nacen muchas operaciones que generan las ganancias de éstas todos los días.

Sin duda, el control de los activos en las compañías no es sencillo y han tenido problemas que provocan insatisfacción en sus clientes y desordenes financieros. En esta sección se mostrarán dos casos que revelan la importancia de los proyectos en gestión de los inventarios.

### **2.4.1 Caso Walmart**

(Alfredo. J, 2019) expone en su publicación que Walmart cuenta con más de 11,000 tiendas en 27 países y un valor promedio de \$32 mil millones de dólares en inventario, La cadena de suministro de Walmart es un impresionante logro en materia de logística. Pero esto no ha sido suficiente para que su gestión de inventarios sea lo más eficiente posible, ya que sus problemas recientes han sido por falta de mercadería en sus estantes lo que provoca insatisfacción en sus clientes. Situación que ha sido destacado por analistas financieros y cadenas periodísticas, incluyendo Forbes y Bloomberg.

La organización afirma que cuenta con un nivel de stock para cubrir de 90% a 95% la demanda de sus clientes. Sin embargo, incluso cuando estos porcentajes parezcan impresionantes, especialmente cuando se tomen en cuenta la cantidad excesiva de operaciones realizadas en cada almacén, también significa que la

compañía puede estar perdiendo de \$1.29 a 2.58 mil millones de dólares en ventas potenciales. El estudio fue basado en el 5%-10% de su nivel de inventarios de \$25.8 mil millones de dólares declarado en su reporte anual del 2012. (Alfredo.J, 2019)

Debido a las pérdidas anteriormente mencionadas, Walmart se dio cuenta de la necesidad de gestionar de mejor manera sus inventarios por medio de manejo de personal, cálculo de punto de reorden, alianzas con proveedores y otras estrategias con el fin de que sus productos siempre estén cuando y donde el cliente los necesita, para con esto garantizar el cuidado de las finanzas junto a la satisfacción del cliente.

#### **2.4.2 Propuesta de mejora para la gestión de inventarios de sociedad repuestos España Limitada, Chile**

Al ser un problema común en las empresas, muchas tesis de grado a nivel global se han enfocado en dar propuestas de mejora a distintos establecimientos, un ejemplo de esto es la tesis de grado del Ingeniero Alex Nail Gallardo, procedente de la Universidad Austral de Chile.

Alex enfoca su tesis en la empresa de repuestos automotrices España Limitada, comercio ubicado en Benavente #930, Puerto Montt, Chile. Dicha empresa al iniciar una estrategia de expansión comenzó a operar con niveles muy altos de oferta. Claro está, esto le permitió posicionarse en el mercado, sin embargo, esto produjo varios problemas como el desorden físico y administrativo, debido al trabajo que conlleva operar con tantos productos por lo que era un blanco accesible para iniciar una propuesta ingenieril con el fin de mejorar los procesos que tenía el abastecimiento. (Gallardo, s. f.)

Por medio de métodos de análisis y medición se realizaron políticas de inventario para cada uno de los 319 productos que el establecimiento manejaba, implementación de análisis ABC y una serie de mecanismos para el cálculo de pronósticos que les permita tener el conocimiento de cuánto se debe adquirir y cuándo debe hacerlo, además de un inventario de seguridad en caso de cualquier eventualidad. Con estos datos se proponen las mejoras, lo que permite una disminución de los costos de la compañía y una herramienta que le permita de forma sencilla cubrir con la demanda de los clientes sin afectar sus ganancias. (Gallardo, s. f.)

## **CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO**

## **3.1 Metodología para la definición del problema**

### **3.1.1 Tipo de investigación**

Cuando se planea iniciar con un proyecto de investigación, el paso siguiente es tener claro a que tipo va dirigida la misma, ya que por medio de esta elección se va a dar un enfoque al proyecto, el cuál va a proporcionar las herramientas necesarias, metodología adecuada, técnicas de recolección de datos y otra serie de componentes que van ayudar a darle la magnitud que el proyecto requiere. (Narváez, 2009, p. 180)

Siguiendo la analogía de (Narváez, 2009, p. 180) este proyecto puede entrar dentro del denominado estudio exploratorio ya que el objetivo es analizar un tema poco abordado, que no presenta guías o pasos de investigadores anteriores, junto a esta clase de estudio se une la investigación cuantitativa a este proyecto, ya que se utilizaron herramientas matemáticas con el fin de evaluar datos proporcionados por la empresa y por técnicas de recolección para exponer y dar solución a la problemática planteada. Seguidamente se mostrará la metodología utilizada para esta investigación:

### **3.1.2 Definición del problema**

Conocido como el paso fundamental de la investigación, el elemento básico, se considera el punto de partida del proyecto, debido a que en esta sección se elegirá la fortuna de la investigación junto a sus argumentos. (Córdoba, 2002, p. 31)

Cuando se realiza una adecuada definición del problema, se da un avance importante en los siguientes pasos para perseguir el objetivo principal de la investigación. Dentro de esta sección se encuentran aspectos importantes a tomar en cuenta, los cuales se definirán a continuación:

### **3.1.2.1 Enfoque cualitativo**

Por medio de este enfoque, el investigador busca comprender la complejidad de los fenómenos a partir de lo que observó durante la realización del estudio. Normalmente este enfoque es muy abierto a lo que piense o lo que describa el autor ya que básicamente el plasma lo que observa por medio de un análisis inductivo, los datos son narrativos, el autor no sigue una serie de pasos definida, él lo hace según lo que considere pertinente que agregue valor y que a su vez le permita conseguir la meta de la investigación. (Silva, 2006, p. 30)

### **3.1.2.2 Enfoque cuantitativo**

La meta del investigador con la utilización de este enfoque es determinar la extensión de los fenómenos presentes en la investigación con el fin de establecer relaciones causales. Es normal que bajo el enfoque cuantitativo se de la utilización de herramientas matemáticas que permitan realizar mediciones ya que los datos son numéricos el análisis de las situaciones observadas es fundamentalmente deductivo y estadístico, casi siempre se tratan de exponer hipótesis o propuestas basadas en simulaciones estadísticas. (Silva, 2006, p. 30)

### **3.1.3 Sujetos de investigación**

Los sujetos de investigación se pueden definir como aquellos elementos, personas u objetos que se presentaron en la investigación, los cuales brindarán la información necesaria para el sustentar el desarrollo del proyecto.

(Ospino, 2004) expresa lo siguiente:

*“ Lo correlativo de este concepto es el objeto, lo estudiado, lo dado en el conocimiento o aquello hacia lo que va dirigido la investigación” p.62*

En esta investigación, el sujeto de investigación se tomó viendolo en conjunto, es decir, como población y se puede subdividir en lo siguiente:

- ✓ Población hipotética: no se tiene el dato con exactitud de la población, ya que es un evento futuro o que no ha ocurrido.
- ✓ Población finita: es aquella limitada por sector, zona geográfica u otro elemento de separación estadística que permite que los datos se puedan cuantificar. Población infinita: en este caso, la población no se puede cuantificar ya que ésta es demasiado extensa. Es decir, sus elementos son incontables.

### **3.1.4 Determinación del tamaño de la muestra**

Una vez que se conoció el tipo de población con el que se va a trabajar, se escogió una parte o un subconjunto de ésta para que fuera de soporte en el estudio a realizar. Para calcular el tamaño de la muestra, se hizo uso de distintas fórmulas matemáticas según el tipo de población.

En esta investigación, de ser necesario la fórmula que se va a utilizar es la siguiente que nos indica el tamaño de muestra para una población finita:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Figura 2. Fórmula para la determinación del tamaño de la muestra de una población finita.

Fuente: (Fernández, Pita, s. f.)

Donde:

- ✓ N = Total de la población.
- ✓  $Z_{\alpha}^2 = (1.96)^2$  si se realiza con un 95% de nivel de confianza.
- ✓ p = proporción esperada (normalmente 5% ó 0.05).
- ✓ q = 1 – p (por lo tanto sería: 1 – 0.05 = 0.95).
- ✓ d = precisión (se utilizará un 5%).

El cálculo de muestra es necesario si se requiere agrupar a una población, buscando realizar pruebas piloto, experimentos u otros análisis con el respaldo estadístico que amerita, dando a la investigación no solo validez sino credibilidad ya sea para el conocimiento o una propuesta de mejora de algún proceso.

### 3.1.5 Fuentes de información

Se refiere a todo aquel medio por el cual se pueda conseguir información útil para el proyecto de investigación o un asunto específico para una buena toma de decisiones.

Las fuentes de investigación pueden venir de diversos libros, personas u otros medios de comunicación. A continuación se detallan los tipos de fuentes existentes:

- ✓ Fuentes internas y externas: éstas normalmente se utilizan en investigaciones de las compañías y van a depender de donde venga la información si dentro o fuera de la empresa.
- ✓ Fuentes primarias: son aquellas que no están publicadas que ayudan directamente en la toma de decisiones como por ejemplo algún dato importante que el gerente de una empresa pueda ofrecer al investigador.
- ✓ Fuentes secundarias: en esta sección se ubica la información recolectada por medio de libros, revistas y resúmenes que están disponibles para ser consultadas.

### **3.1.6 Aplicación de Seis Sigma**

Retomando el tema mencionado en el capítulo dos de este documento, la filosofía seis sigma brindó una estrategia de mejora de procesos y la reducción en la variabilidad de los mismos.

Dentro de esta filosofía se encuentra la metodología DMAIC, utilizada en esta investigación, la cual otorgó una serie de pasos fundamentales para cualquier proyecto enfocado en una oportunidad de mejora junto al enfoque cuantitativo de

esta propuesta se convirtió en una herramienta de vital importancia para el desarrollo de la misma.

En la ilustración 17 se mostrará esa serie de pasos del método DMAIC que ayudan a mantener el flujo de los procesos cuando se pretende plantear una mejora.

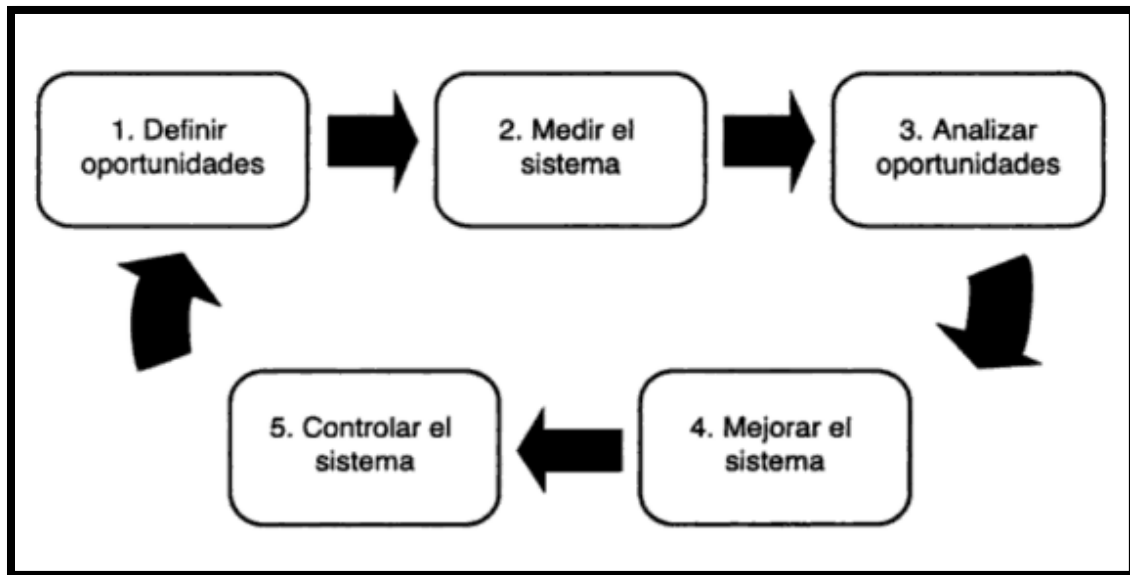


Figura 3. Ejemplo de pasos del DMAIC

Fuente: (Rivera, 2006)

Como parte del paso de la definición de oportunidades, se hicieron visitas a la compañía como oportunidad para observar el problema, tomar datos sobre la problemática con fuentes primarias como colaboradores de la organización encargados del área afectada, personal de compras, supervisores y operarios en general con el objetivo de entender el panorama de la manera más eficiente posible. Incluso se pidió la oportunidad de estar de observador en algunos de los procesos de la empresa, ya que si la idea fue mejorar un proceso y por lo tanto se debe de conocer el mismo.

Posteriormente a conocer los detalles de los procesos entró el tema de medir el sistema mediante las reuniones con el personal de compras y el encargado del inventario del tooling que fueron de vital importancia para la recolección y análisis de datos, por medio de estas secciones se pudo determinar el problema en cuestión, teniendo la oportunidad de plasmarlo gráficamente para mostrarlo a los supervisores y gerencia de Samtec para que visualizaran la magnitud de la problemática en cuanto a rentabilidad y operatividad se refiere.

Una vez que finalizó esta reunión, se enfatizó la investigación en corregir los puntos de mejora propuestos por gerencia ya que claro está se puede afirmar que conocen los procesos de muy buena forma. Seguidamente se procedió con la determinación de la pieza que más pérdida tiene y el centro de trabajo con mayor participación en esta problemática según las operaciones de la compañía.

Para perseguir la problemática se realizaron anotaciones en una plataforma de excel llamado “anotaciones para la definición del problema” y se tomaron fotografías que se mostrarán posteriormente en este documento, para que sea fácil visualizar la problemática planteada.

**3.1.7 Herramienta “anotaciones para la definición del problema”**

Anotaciones para la definición del problema	
Observaciones	Persona de referencia / área de trabajo

Cuadro 1. Herramienta “anotaciones para la definición del problema”

Fuente: Elaboración propia.

**3.1.8 Diagrama SIPOC.**

Para entender en que parte de las etapas funcionales de la compañía se realizó un diagrama SIPOC, el cual permitió observar todas las fases por las que pasan los insumos en la compañía, en este caso interesa tener el conocimiento de en qué etapa es importante el tooling, para esto el diagrama es el siguiente:

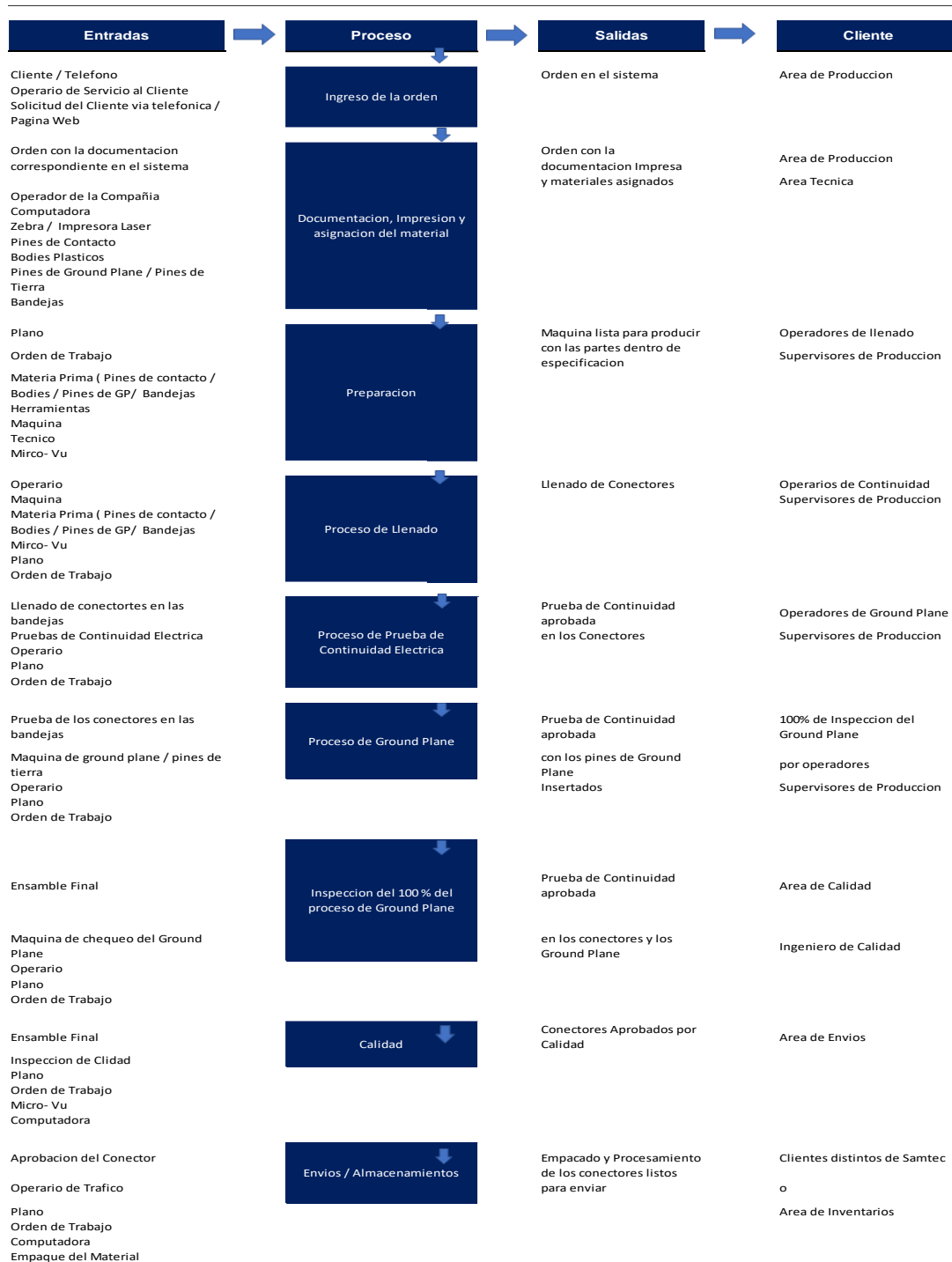


Ilustración 15. Diagrama SIPOC según los procesos de Samtec Costa Rica

Fuente: elaboración propia

Según el SIPOC anterior se pudo determinar que el proceso de enfoque es en el proceso ya que para que las máquinas funcionen y se puedan elaborar los distintos productos que la compañía ofrece, se necesita el uso del tooling.

### **3.2 Metodología para la medición y el respaldo cualitativo del proyecto**

En este apartado de la investigación se evaluaron todas aquellas herramientas de carácter cualitativo que fundamentan los estudios y pruebas realizadas durante el desarrollo de la misma por medio de la metodología DMAIC. Se analizaron los datos obtenidos por gráficos, reportes, resúmenes, anotaciones, diagramas con el fin de observar el problema de la manera más clara posible con el fin de definir el sistema de medición del proyecto.

Durante el desarrollo de esta sección las fuentes primarias mencionadas en el punto 3.1 dieron información relevante que ayudaron a esclarecer las principales causas de la problemática expuesta, por medio de reportes, entrevistas, reuniones y distintos aportes que brindaron un panorama que era fácil de entender gracias a sus contribuciones, esto permitió que se elaborarán diagramas como el de Pareto como recurso importante se tuvieron datos acerca de los costos que hicieron que la investigación tomara más importancia para la compañía, datos mostrados a continuación.

### 3.2.1 Determinación de costos por centro de trabajo

Como parte de los pasos importantes para desarrollar el proyecto fue definir el área que tenía más problemas o generaba más costos a nivel de reposiciones de tooling, para esto se realizó una reunión con el encargado de compras de Samtec, para que abasteciera con sus datos el análisis correspondiente.

Para saber que departamento tenía más inconvenientes con respecto a los demás se revisaron los datos y se obtuvo lo siguiente según los datos a noviembre del 2019:

<b>Reporte de tooling dañado o perdido por centro de trabajo según reportes en ROCK, Samtec, Costa Rica a Noviembre del 2019</b>	
<b>MICRO (80025)</b>	<b>\$15 216,00</b>
<b>QXX (80020)</b>	<b>\$12 477,00</b>
<b>STITCHERS (80023)</b>	<b>\$2 985,00</b>
<b>MICRO 2OPS (80041)</b>	<b>\$3 357,58</b>
<b>Total</b>	<b>\$34 035,58</b>

Cuadro 2. Reporte de tooling dañado o perdido por centro de trabajo según reportes de inventario, Samtec, Costa Rica a noviembre del 2019

Fuente: Departamento de compras, Samtec Costa Rica

Como se puede observar en los datos anteriores, el centro de trabajo con mayor problema en cuanto a costos por reposición de tooling es el llamado Micro (80025). Con un valor por daños o pérdidas de \$ 15 216.

### 3.2.2 Determinación de piezas con mayor pérdida o daños.

Como parte de los objetivos de esta investigación, es encontrar el tooling que más se pierde o se daña según los registros de la compañía, para que a partir de ahí se tomen decisiones en cuanto a la dirección del proyecto.

Para este apartado se analizó una serie de documentos con respecto a las compras del 2017 al 2019, en este proceso se tomó un periodo de aproximadamente dos semanas, por cuestiones de permisos y reuniones.

Cuando ya se tuvo acceso a los datos, el resultado fue el siguiente:

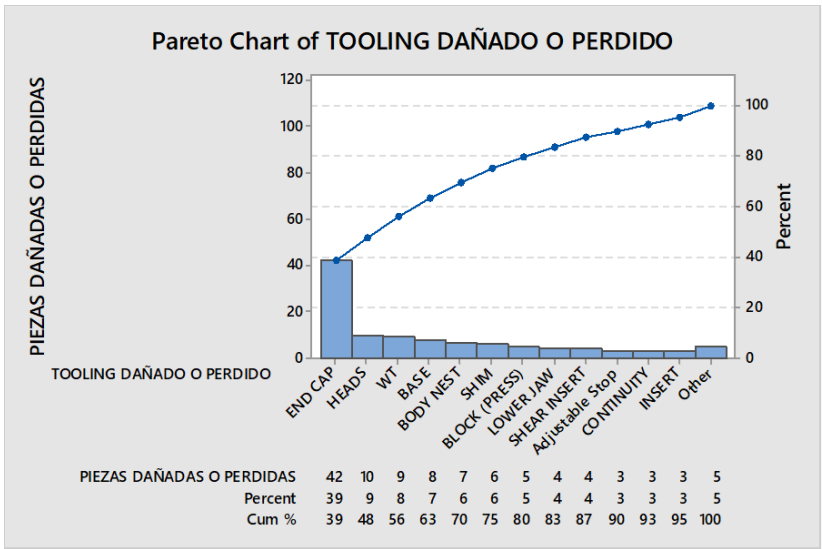


Figura 4. Diagrama de Pareto según el tooling de más daño o pérdida según los reportes realizados a noviembre del 2019

Fuente: elaboración propia

Con ayuda del diagrama de Pareto se puede notó que la pieza que más presentaba pérdida o daño con respecto a las demás, es la denominada: “End Cap”.

Con el fin de verificar si la problemática con respecto a las piezas afectaba al departamento encontrado, se buscó la serie de datos con respecto al área que se tenían hasta el momento, consiguiendo lo siguiente:

DIRECT TOOL PURCHASE					
Tooling Pareto					
Part	Assy	Serie	Missing or Required	Missing or Required	
END CAP	POSITIONAL END-CAP	AT-1272-336	LSHM-DV (2.5), (3.0), (4.0), (6.0)	1	30
	POSITIONAL END-CAP	AT-1272-493	QTH-RA PGP 1ST & 2ND ROW	1	
	END CAP	AT-2224-007	BSH-RA	1	
	END CAP	AT-1272-945	LSEM, LSHM-DV (2.5)(3.0)(4.0)(6.0)	2	
	END CAP	AT-1272-295	TEMS(4.0-7.0) ASP 187855-1892	2	
	END CAP	AT-1272-224	ST4-ST5(-1.00/-1.50/-2.50)	1	
	END CAP	AT-1272-147	LSS-DV 01-02	1	
	END CAP	AT-1272-283	ST4-L (-1.00)	1	
	END CAP	AT-1272-495	QTH-RA PGP	1	
	POSITIONAL END-CAP	AT-1272-227-C	ST4 (-1.00/-1.50)-(-2.50)	2	
	POSITIONAL END-CAP	AT-1272-387	MEC6-DV	3	
	POSITIONAL END-CAP	AT-1272-615	MEC8-EM-DV	4	
	POSITIONAL END-CAP	AT-2082-002-C	TFM-DH IRS & 2ND ROW	1	
	END CAP INSERT	AT-1272-385	LSHMVX (2.5)(3.0)(4.0)(6.0)	5	
	END CAP	AT-1274-122	MEC8/MECT-RA	2	
	END CAP	AT-1272-355	ZHRS	1	
	END CAP	AT-1148-352	SFMH STANDAR	1	
SHIMS	SHIMS	AT-1148-764-C	SFMH (STANDARD), SFMH (WT)	2	4
	SHIMS	AT-1148-764-C	SFMH (STANDARD), SFMH (WT)	2	
BODY NEST	BODY NEST	AT-1272-252-C	TEMX-4.0, 4.0-L	1	1

Cuadro 3. Cantidad de tooling dañado o perdido en el área de micro, conectores, Samtec Costa Rica

Fuente: Departamento de compras, Samtec Costa Rica

Lo anterior dio un refuerzo para realizar un diagrama de Pareto en el que se pudo visualizar la frecuencia acumulada de las piezas, y verificar si las herramientas coinciden en este departamento.

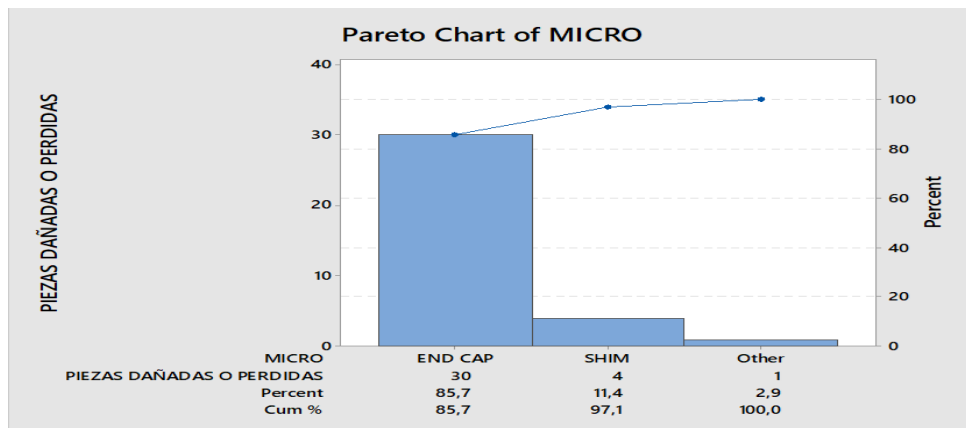


Figura 5. Diagrama de Pareto según las piezas de tooling dañadas o perdidas en el área de micro, conectores, Samtec Costa Rica

Fuente: elaboración propia

Lo anterior repercute en que la pieza con más pérdida es el “End Cap” por lo que la información recopilada anteriormente afectó a esta área también, por lo que se pudo observar que Micro es un sitio adecuado para realizar la investigación.

### **3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o implementación de un nuevo proceso, producto o servicio**

Para las investigaciones que tengan el objetivo de proponer o realizar una mejora de algún proceso o problemática se recomienda utilizar la metodología DMAIC, debido a esto y por las herramientas que ofrece en esta investigación se utilizó ésta con sus etapas y herramientas que se detallan a continuación:

- ✓ Definir: en esta etapa se utilizó los recursos como la lluvia de ideas, reuniones con personal, anotaciones según lo observado, con el fin de poder llevar estos aportes a un diagrama SIPOC, mapeo del proceso, entre otros con el objetivo de ver la oportunidad de negocio que se tuvo al resolver la problemática en cuestión.
- ✓ Medir: En esta etapa se realizaron los planes de medida y se recolectan los datos conforme a estos planes de medición. Por medio de los datos recolectados se procedió a realizar los diagramas de Pareto de ser necesarios para ofrecer una visualización clara y prioridades en términos del enfoque de la investigación.
- ✓ Analizar: con ayuda de los gráficos mencionados anteriormente, se tuvo un norte por medio del análisis de las causas de hacia dónde dirigir la

investigación, ya que al tener las causas y sus prioridades fue más sencillo no solo observarlas sino atacarlas. Por un lado, se trató de llegar a conocer mejor el comportamiento de las variables de salida considerando el rendimiento actual, la distribución y la capacidad de predicción. En esta fase se utilizó herramientas estadísticas y se establecen las relaciones entre las variables de entrada y de salida.

- ✓ Implementar y controlar: en esta sección se mostraron los resultados para montar un diseño de sistema de gestión de inventarios que tenga la función de controlar el inventario y cuidar las finanzas de la compañía. La etapa de control se medirá por medio de KPI'S o indicadores de mejora continua para ver los resultados de la mejora planteada. Principalmente en esta fase se buscó diseñar soluciones basadas en el conocimiento de la fase de análisis. Se estableció soluciones alternativas basadas en análisis costo-beneficio y se determinó la mejor solución para posteriormente pasar a la etapa de implementación de la mejor solución y su evaluación. La fase de control consistió en verificar que se han logrado las mejoras planeadas y que el proceso se ejecuta bajo condiciones predecibles. Se estimaron los ahorros de costos y el proyecto se documenta en la base de datos de proyectos. Finalmente, el resultado del proyecto se comunicó a la organización y luego se compartió y documentaron las lecciones aprendidas.

Cabe mencionar que cuando se determina la pieza de mayor daño o perdida y el lugar, se dió el análisis de las causas de esta problemática por medio de entrevistas

a los colaboradores, ya que éstos son los que manipulan las piezas diariamente para realizar su trabajo.

Al obtener la información mencionada anteriormente, se llegó a la conclusión que la problemática estaba en que por medio de las pérdidas y daños de tooling se daban descontrol en el inventario y pérdidas de dinero que se pueden evitar, dando como resultado que la presente investigación se plantee como objetivo dar una propuesta de diseño de un sistema de gestión para el control del tooling perdido.

Para la realización del diagrama de Ishikawa, se dió uso al método del análisis multivoto con la ayuda de los operarios que como se mencionó son los que utilizan los recursos que en esta investigación se van a utilizar, una vez realizado dicho diagrama se realizó un diagrama de Pareto con el fin de ordenar de manera ilustrativa las causas expuestas con el fin de encontrar las principales para perseguirlas e ir pensando posibles propuestas de mejora. Además de tener las causas por las que se originan las pérdidas o daños en el tooling que ocasionaron pérdidas de dinero innecesario. Punto que sin duda, es de interés para cualquier compañía.

### **3.3.1 Análisis multivoto**

Después de realizar un listado de causas de una problemática y plasmarlas en un diagrama de Ishikawa, se procedió con el análisis multivoto, el cual consiste en consultar a un grupo de no menos de diez personas calificadas en el proceso o en el tema en específico a votar o clasificar el problema, la característica de calidad o

limitaciones de un proceso de mejoramiento continuo con el objetivo de encontrar las principales causas que lo provocan. (Acuña, 2012, p. 221)

Se realizó un cuadro que facilitó tanto al investigador como al operario llenar para encontrar las causas principales del problema.

A su vez se eligieron a 20 personas especializadas en el proceso y se les otorgaron 20 votos, los cuales podrían distribuir a lo largo de las causas según lo que ellos pensaban y veían con respecto a las causas planteadas.

A continuación, se verán los cuadros utilizados para esta sección.

<b>ANÁLISIS MULTIVOTO (DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL CONTROL DEL TOOLING EN EL ÁREA DE CONECTORES, SAMTEC, COSTA RICA)</b>	
<b>CAUSAS</b>	<b>VOTOS</b>
Problemas de Layout (No existe ninguna organización en el almacén: no la hay, y si la hubiera no se respeta).	
No existen KPI'S que otorguen información del tooling	
Mala configuración de la máquina	
Deficiencias en los sistemas de mantenimiento	
Equipos sin calibrar	
Falta de estandarización del etiquetado	
Falta de stock adecuado	
No existe un sistema de inventario para el tooling	
El método de almacenamiento de los datos no es el correcto	
No se reportan las salidas del material	
Personal con entrenamiento inadecuado	
No se dan reportes de daños por negligencia	
<b>INDICACIONES: SE LE OTORGARÁN 20 VOTOS, USTED DEBE DISTRIBUIR ESOS VOTOS SEGÚN SU PERSPECTIVA EN CADA UNA DE LAS CAUSAS NOMBRADAS. (NO ES NECESARIO LLENAR TODOS LOS ESPACIOS)</b>	

Ilustración 16. Formato para realizar el análisis multivoto.

Fuente: Elaboración propia

Seguido a esto, se realizó un cuadro que ayudó a calcular la frecuencia de las elecciones de los operarios, elemento que se muestra a continuación:

CÁLCULO DE FRECUENCIAS	
CAUSA	FRECUENCIA

Cuadro 4. Formato para el cálculo de las frecuencias según elecciones del análisis multivoto.

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Metodología para la implementación del proyecto

En esta sección se determinaron las propuestas de mejora para las principales causas encontradas con la meta de reducir en aproximadamente \$13 000 los costos por reposición de tooling o eliminar la problemática. La idea fue presentar propuestas que mantengan los principios de Manufactura Esbelta y promueva las 5s en su implementación para no afectar la fluidez de los procesos actuales y se pueda diseñar el sistema de gestión para el control de inventarios que la compañía necesita con una inversión mínima o que sea factible para mantener las finanzas estables.

La implementación se da en el área de conectores, específicamente en el centro de trabajo denominado “micro”, por medio de herramientas como los códigos QR se

pretende mejorar el control y el adecuado registro de los inventarios para proporcionar a Samtec una herramienta para realizar pronósticos que le permitan mejorar en cuanto a planificación y manejo de recursos.

### **3.4.1 Metodología para la aplicación de prueba piloto**

Para efectos de este trabajo, es necesario la aplicación de una prueba piloto con el fin de demostrar que el diseño es eficiente o si necesita alguna mejora o variación para ser implementada, los pasos a seguir para desarrollar la prueba van desde reuniones de personal, diseño de sistemas de inventarios, capacitaciones del personal, entre otras.

Para lograr la prueba piloto se propuso un tiempo de prueba de un mes, para tomar las métricas adecuadas y llegar a una conclusión, posteriormente se procedió con llevar esa prueba a un periodo más largo para tomar en cuenta los indicadores necesarios que den la efectividad a través del tiempo.

En el caso de aplicar por el uso de plataformas informáticas, Samtec cuenta con los equipos necesarios para que sean adaptados según las herramientas o diseños que se propongan además de la metodología estandarizada a nivel mundial, pero se deben de otorgar los permisos necesarios por parte de los altos mandos para que sean utilizadas.

### **3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento del proyecto**

Según la metodología DMAIC este es el último paso para que un proyecto de mejora sea factible y eficaz.

Si bien es cierto, esta etapa no es fácil de lograr, existen herramientas que nos pueden ayudar a lograrlo.

Dentro de estas herramientas se utilizaron los KPI'S (indicadores) que muestran los avances de la propuesta. Por lo que pueden brindar información valiosa de si la propuesta mantiene la fluidez de los procesos o por el contrario da retroalimentación para optar por arreglar o modificar la propuesta planteada. En resumen, estos indicadores ayudaron a observar si la solución es sostenible en el tiempo.

Por otro lado, es necesario mantener la documentación del desarrollo de la implementación, esto lleva a otro recurso fundamental para el control como lo es el monitoreo que a su vez promueve la disciplina que nos señala las 5s.

El proceso que se va a utilizar con respecto al diseño de la mejora consistió en etapas de entrenamiento, evaluación, organización entre otros.

Para la parte del entrenamiento y capacitación se tomó un periodo de 16 horas donde se enseñaron las partes y pasos correspondientes acerca del diseño que se plantea, para controlar lo anterior se procede con evaluaciones, semanales inicialmente, cuando se haya pasado la curva de aprendizaje el periodo de pruebas se hará de manera bimensual.

Los encargados de realizar las pruebas de capacitación serán los supervisores de turno del departamento o el encargado del área de manejo de tooling.

Como indicadores se pueden implementar las técnicas de organización para ayudar al control visual, proceso de inventario en tiempos definidos, diseños estandarizados de pasos a seguir para llevar los datos de manera ordenada para no afectar el inventario.

Otra de las técnicas para fomentar el control es la implementación de etapas de seguimiento como reuniones, avances reales, informes que realizan los equipos de trabajo mediante una frecuencia especificada y a través de correos electrónicos empresariales para que los objetivos se vayan alcanzando en equipo, porque como se ha notado para el desarrollo de esta investigación el trabajo en conjunto es de vital importancia.

En caso de encontrar alguna acción que pueda dañar los intereses del proyecto, se va a tomar soporte con la siguiente metodología:

- Definir y acotar el problema.
- Recopilar los detalles que ayuden a determinar la causa raíz.
- Definir y evaluar las opciones disponibles para solucionar esta causa raíz y corregir la desviación sobre el objetivo final.
- Seleccionar la opción a aplicar en base a los resultados del punto anterior.
- Comunicar e implementar la solución seleccionada.

# **CAPÍTULO 4. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS**

## **4.1 Diagnóstico de la situación actual.**

En este capítulo se abarcarán los pasos de medir y analizar según la metodología DMAIC, donde se pretende analizar la situación actual de la compañía con respecto a la problemática mencionada en los capítulos anteriores y explicar mediante herramientas ingenieriles en conjunto con métodos cuantitativos el impacto del problema. Al evidenciar con números la problemática actual, se van a tener datos precisos para proponer oportunidades de mejora.

El problema actual en Samtec Costa Rica está en el manejo, control y gestión de inventarios en el tooling utilizado en los distintos procesos productivos de la compañía, ya que no se cuenta actualmente con un método estandarizado que otorgue las herramientas necesarias para el manejo de estos ni un sistema que otorgue información sobre lo que sucede con estos insumos. Debido a esto, los registros del tooling son escasos, se presenta diferencia entre el inventario físico y en el sistema, lo que provoca que se desconozca el valor real del inventario, planeamiento de producción y pronósticos basados en supuestos, es decir se hace de manera subjetiva.

Al no tener un control en el inventario no se tienen datos reales sobre las herramientas, como ubicación, cantidad, si están dañadas o no, etc. Uno de los datos relevantes es que al no encontrarse el tooling, se reporta como perdido y se procede con la compra.

El proceso de compra o pedidos de éstos materiales se realizan por dos motivos: por reposición o por capacidad, es decir, por daños o pérdidas en el tooling o porque

se necesiten para producir (esta última no ocurre a menudo); sin embargo, es un proceso descentralizado, ya que muchas personas pueden realizar las compras lo que en ocasiones ha causado que las compras se realicen más de una vez, gastando más dinero de la cuenta y teniendo a su vez recursos innecesarios dentro de la compañía.

Lo anterior repercute en la compañía de manera negativa, se están gastando recursos económicos innecesariamente recursos que se podrían utilizar en otros proyectos o insumos de interés para la compañía que hagan que su utilidad sea mayor.

## **4.2 Determinación de las causas que generan los problemas en la gestión de inventarios del tooling en el área de conectores, Samtec Costa Rica.**

Como parte importante para la obtención de datos en la presente investigación, se da la utilización de herramientas ingenieriles que permitan identificar, evaluar y analizar las causas que generan la problemática. Posteriormente, se evalúan las oportunidades de mejora pertinentes.

### **4.2.1 Diagrama SIPOC**

Para esta investigación, la herramienta que brinda un inicio o punto de partida, es el diagrama SIPOC, la cual muestra los factores que involucran el proceso productivo. Este diagrama se puede definir como una representación gráfica que sigue un orden lógico de una serie de procesos, mostrando elementos como proveedores, una entrada, proceso, salida y clientes.

Para explicar el proceso productivo de Samtec, cabe aclarar que todos los procesos en todas las compañías a nivel mundial de Samtec son estándar, sin embargo pueden existir variaciones en cuanto al envío de los materiales a los clientes o recepción de materia prima para producir, se va a proceder a explicar el proceso para entender lo mencionado anteriormente.

El proceso inicia cuando se recibe un pedido, una solicitud de cotización o diseño de algún conector o cable en específico. En caso de que el cliente acepte, se deben realizar las revisiones de los mínimos de material, se da el tiempo de espera al cliente y posteriormente se procede con realizar una orden de compra, ésta orden de compra se va a enviar a Estados Unidos, Costa Rica, Malasia, China o Vietnam, cada sitio deberá verificar si se cuentan con los materiales para realizar la orden estipulada, en caso de no tener los materiales, se deben solicitar para poder trabajar la orden.

Posteriormente se carga a nivel de sistema interno al centro de trabajo correspondiente donde se va a procesar la orden, es decir donde la materia prima se transforma, en este paso es donde entran las herramientas que se han mencionado a lo largo de esta investigación: el tooling. Por medio de éste, se pueden transformar las piezas a través de las distintas máquinas que tienen los centros de trabajo, si no hay tooling, no se puede procesar el material dentro de la máquina y por ende, no se puede cumplir con los requerimientos de la orden. He aquí la importancia del tooling dentro de los procesos de la compañía.

Luego, cuando se termina el proceso de transformación de materia prima, se procede con llevarlo al departamento de calidad, seguidamente al centro de tráfico

donde se empaca para ser enviado al cliente, en el caso de Costa Rica existen dos maneras de envío: directamente al cliente o enviarlo a New Albany, Estados Unidos, para que desde ahí se envíe al cliente, dichos trámites se realizan en conjunto con DHL o Fedex, los tiempos de entrega de los productos al consumidor van desde 24 a 72 horas dependiendo del lugar en el mundo, la compañía trata de cumplir con las políticas de los tiempos para satisfacer al cliente por medio de un servicio ágil y de entrega rápida, lo que hace que se pueda competir en un mercado tan exigente como el actual.

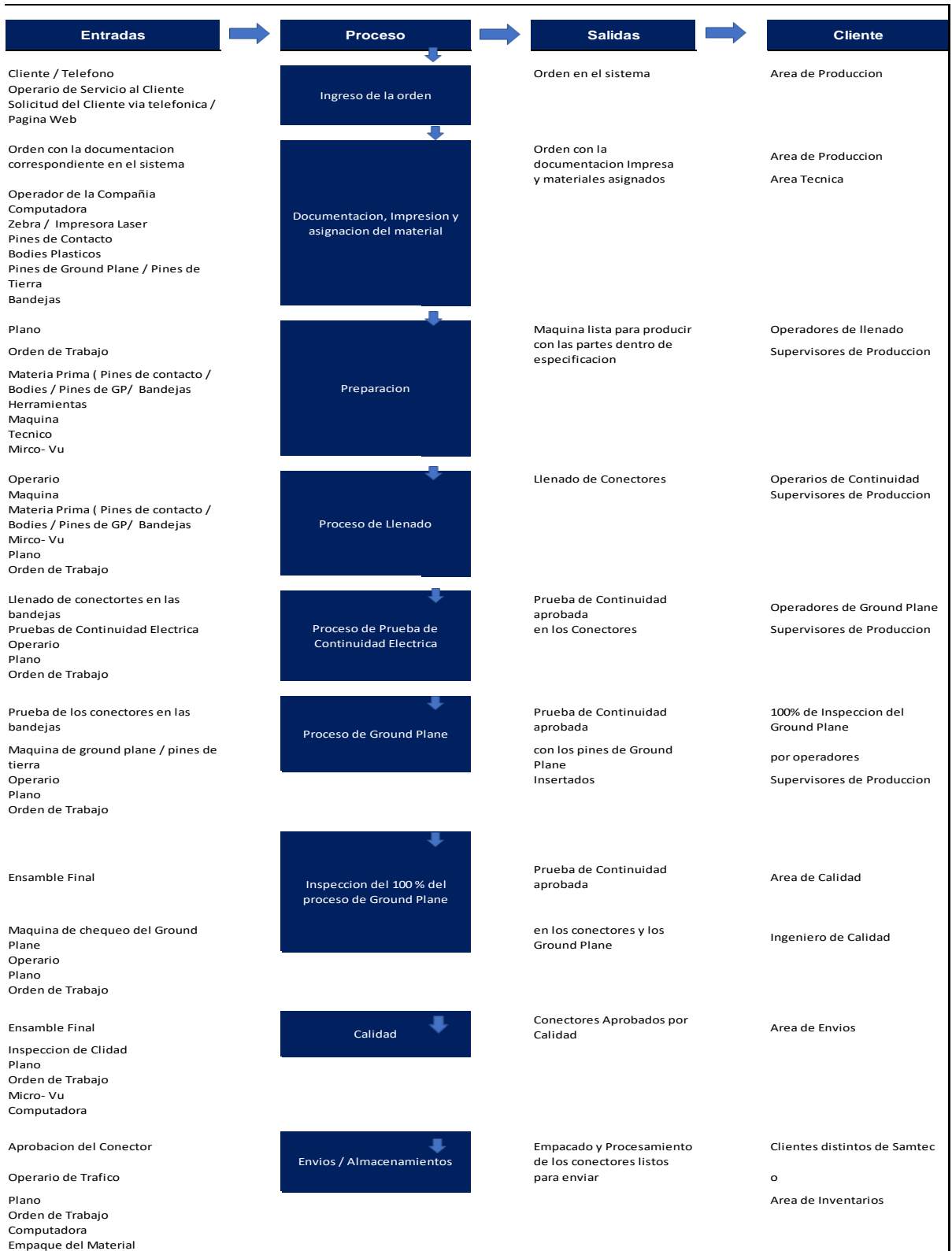


Ilustración 17. Diagrama SIPOC según los procesos de Samtec Costa Rica

Fuente: elaboración propia

## 4.2.2 Diagrama de recorrido del proceso

El diagrama de recorrido es una representación gráfica utilizada en ingeniería industrial la cual enseña la distribución de planta que muestra donde están localizadas las partes importantes dentro de los procesos productivos de la empresa, recorridos y tiempos según la necesidad del proyecto o la compañía.

Como objetivo de esta sección, se quiere observar si los recorridos afectan los movimientos del tooling, debido a que en en Samtec éstos implementos se manejan por estantes cercanos a las máquinas para minimizar los recorridos de los colaboradores.

La distribución de las máquinas se trabaja según los productos, sin embargo, muchas de las máquinas presentan versatilidad, es decir, aún cuando hay maquinas dedicadas con base en desempeño por serie, en realidad todas las máquinas de la misma plataforma pueden trabajar todos los productos, esto ocasiona que utilicen otro tooling con el fin de poder laborar otro producto. Es común, que cuando lo anterior sucede, el tooling se ubique donde no debe y cuando se necesita donde se supone que debe estar, no está disponible.

A continuación se puede observar la distribución de planta del centro de trabajo con más problemas (micro) en cuanto a control del tooling se refiere, esto da un panorama claro de una posible causa de la pérdida de los materiales.

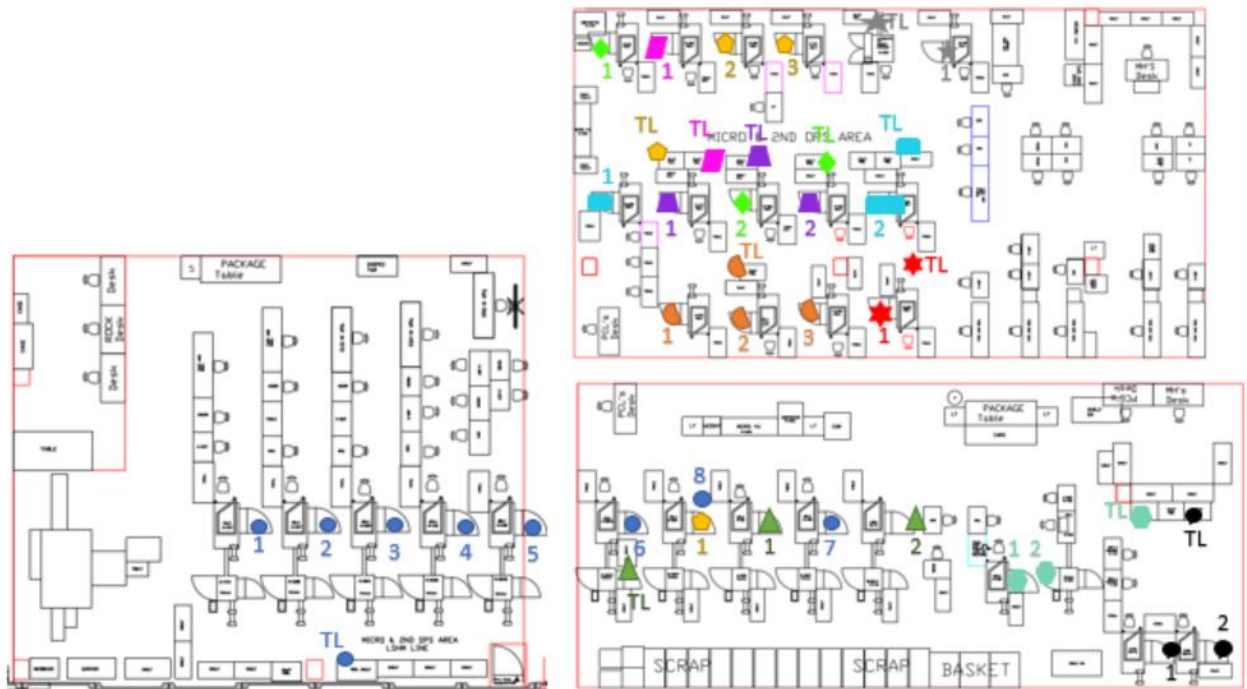


Ilustración 18. Distribución de máquinas y estantes de almacenamiento del tooling del área de micro, conectores Samtec Costa Rica

Fuente: Ingeniería Samtec Costa Rica

Seguidamente, se muestra la simbología utilizada en el diagrama anterior.

Símbolos	Significado
TL	Estantes de tooling
●	Máquinas para producto LSXM
⬠	Máquinas para producto QSH/BSH-RA
▲	Máquinas para producto MECX-DV
◆	Máquinas para producto ZF5S/ZHR5
●	Máquinas para producto SFMH
★	Máquinas para producto FX5/TEM-DH
■	Máquinas para producto TFM/TEMX
▽	Máquinas para producto FC1/FHP/HPF/SEM/ROLC
◆	Máquinas para producto STX
▬	Máquinas para producto SSX
★	Máquinas para producto T1M
●	Máquinas para producto MECX-RA

Cuadro 5. Simbología utilizada en la distribución de máquinas y estantes de almacenamiento del tooling del área de micro, conectores Samtec Costa Rica

Fuente: Elaboración propia

Para determinar las distancias que existen entre las máquinas y los estantes donde se encuentra el tooling se utilizó un medidor de distancia láser (Dimensión Master 130). Por otro lado, se tomaron los tiempos que tardan los colaboradores desde las máquinas hasta los estantes por medio de un cronómetro. Números que se muestran en la siguiente tabla.

Producto	Máquina	Distancia al estante del tooling (m)	Tiempo en llegar al estante del tooling (s)
LSXM 1	1	7,09	6,02
	2	5,18	4,3
	3	5,39	4,18
	4	6,20	5,01
	5	7,21	5,84
	6	12,52	9,14
	7	20,14	11,23
	8	18,65	10,3
QSH/BSH-RA	1	14,20	15,18
	2	3,64	3,01
	3	4,99	3,19
MECX-DV	1	5,31	4,02
	2	8,54	6,85
ZF5S/ZHR5	1	4,26	4,01
	2	4,80	4,39
SFMH	1	3,16	3,06
	2	3,40	3,47
FX5/TEM-DH	1	2,61	2,56
TFM/TEMX	1	10,01	8,86
	2	2,47	2,17
FC1/FHP/HPF/SEMX/R OLC	1	2,39	2,09
	2	3,41	2,97
STX	1	7,53	6,43
	2	3,36	3,21
SSX	1	3,20	3,08
T1M	1	3,04	2,95
MECX-RA	1	3,16	3,05
	2	2,48	2,89
	3	3,75	3,56

Cuadro 6. Distancias de las máquinas con respecto a los estantes de almacenamiento del tooling y el tiempo que se demora en llegar a estos.

Fuente: Elaboración propia

Al ver la distribución de planta se tiene el panorama claro no solo en este rubro si no también de las distancias, tiempos y mobiliario necesario para el proceso productivo, en este caso se puede observar que uno de los factores que puede ocasionar la pérdida o daño en el tooling, son los recorridos innecesarios para buscarlo debido a que muchas máquinas utilizan el mismo tooling y no necesariamente están en un mismo lugar. Por ejemplo si se tiene una fila de máquinas en un sitio con su respectivo estante y en el otro pasillo hay otra máquina que utiliza el mismo tooling, el colaborador tiende a dejar los implementos en un lugar que no es el que se tiene nombrado para esto, si no en un estante cercano a la máquina que está usando en ese momento, lo que ocasiona desorden y/o pérdidas al no poder rastrearse las piezas.

#### **4.2.3 Diagrama de ishikawa o causa y efecto.**

Utilizando las herramientas nombradas en las secciones anteriores como lluvia de ideas, reuniones y periodos de observación con colaboradores, supervisores y algunos gerente de la compañía, se lograron establecer una serie de causas que provocan la pérdida o daños en el tooling y las repercusiones que tiene esta problemática, este método utilizado comúnmente en ingeniería industrial permite clasificar las causas de acuerdo a las operaciones esenciales del trabajo: “ las 6 M’s” (método, mano de obra, materiales, máquina, medición y medio ambiente). Esto permite evaluar las causas y analizar la relación que tienen éstas con el efecto, con el objetivo de encontrar las principales causas a atacar para establecer las oportunidades de mejora adecuadas.

En el caso de ésta investigación, la realización del diagrama de causa y efecto se dio mediante una plataforma editable en Power Point, donde las causas se ubican en las espinas y el efecto al lado derecho del diagrama, seguidamente se muestra el diagrama:



Figura 6. Diagrama de causa y efecto según las causas encontradas que provocan los costos por reposición de tooling.

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura anterior, se identificaron doce causas que dan como efecto la generación de costos por reposición de tooling, las cuales se pueden dividir de la siguiente manera: una en medio organizacional, una en medición, tres en máquina, dos en mano de obra y cinco en método.

Para justificar y aclarar el porqué se eligieron esas causas, se van a describir a continuación:

### **4.2.3.1 Medio organizacional**

#### **4.2.3.1.1 Problemas de layout.**

Basándose en la premisa explicada por la página web de Nemeris Consulting (2020), un problema de Layout (distribución de planta) se puede definir como:

*“No existe ninguna organización en el almacén: no la hay, y si la hubiera no se respeta”*

En lo que respecta a esta causa, se puede decir que influye en el efecto de manera directa ya que como se pudo observar en la distribución de planta las máquinas a veces no coinciden con los estantes que se tienen actualmente para el almacenamiento del tooling lo que ocasiona que se hagan desplazamientos innecesarios y se pongan herramientas en lugares donde no se deben de colocar provocando desorden en éstas y posteriormente pérdida de tiempo productivo y de dinero. Cabe aclarar sin embargo que aunque el tema es la distribución de planta, la causa como tal no es que no se hayan hecho planteamientos con respecto al diseño de la misma sí no qué existe una organización pero no se respeta , partiendo de esta premisa, se producen las pérdidas de las herramientas o tiempo excesivo en la búsqueda de las mismas, lo que a su vez ocasiona costos para la empresa por el tooling y por tiempo muerto generado a partir de la mala gestión de estos implementos. Para explicar lo mencionado anteriormente y visualizarlo de una manera clara se tomaron ciertas fotografías de la causa planteada, básicamente lo que ocurre es que en los estantes donde tienen que estar las herramientas para manufacturar cierto producto se encuentran otras que manufacturen otro conector, por ende, cuando en ese otro producto se necesitan las herramientas, no se

encuentran, o se deben de hacer más recorridos en comparación a los pensados inicialmente cuando se hizo la distribución del área. Sin duda esto ocasiona daños por manipulación de las herramientas y desorden en los inventarios. Incluso puede provocar malas calificaciones por parte auditores externos en la compañía en cuanto a la seguridad y estética. **(ver anexo 1)**

#### **4.2.3.2 Medición**

##### **4.2.3.2.1 No existen KPIS que den información sobre el tooling**

Mediante los diálogos que se tuvo con los supervisores, gerentes y colaboradores de la compañía, se pudo obtener información relevante acerca del manejo de los inventarios, el planteamiento de la lluvia de ideas mostró que existe cierta deficiencia en cuanto a los KPIS, y éstos forman parte fundamental en la gestión de los inventarios.

Esta deficiencia se da producto del desbalance existente en los inventarios del tooling, al llevarse de una manera desorganizada, la capacidad de tener KPIS se ve disminuida, por ende afecta en tener claro cuatro aspectos importantes: demanda de inventarios, rotación de inventario, días de inventario y pérdidas de inventario.

Cuando no se tienen claro indicadores que muestren el desarrollo del proceso, en este caso, los inventarios, se hace difícil tener un panorama claro de lo que se tiene por lo que hace que sean afectados los recursos económicos de la empresa.

Actualmente en Samtec, no se cuenta con KPIS que den información sobre el tooling, lo que ocasiona que obtener los datos con respecto al inventario sea complicado ya que como se menciona anteriormente, aspectos como la demanda y

rotación no se tienen a mano; lo que provoca que los encargados del manejo del tooling realicen compras para satisfacer las necesidades momentáneas pero en cuanto al inventario no se lleven registros que hagan posible la creación de KPIS.

#### **4.2.3.3 Método**

##### **4.2.3.3.1 No se reportan las salidas del material**

Al ocasionarse daños en el tooling, en muchas de las ocasiones la pieza o el ensamble ya no es útil por lo que se necesita reemplazar, sin embargo al no tener una serie de pasos a seguir, el tema de las salidas del tooling se encuentra a la libre, cuando ya las piezas no sirven, se mandan al taller técnico para ver si existe un posible arreglo de lo contrario se desechan y cuando esto sucede no se tiene un registro de lo que se elimina, por lo que en la base de datos aparece que la pieza está y no es así.

Lo anterior genera errores en el planeamiento de la producción ya que éste se realiza con base en las solicitudes del cliente, claro está, para poder manufacturar los productos solicitados, se necesita cierto tooling, y al no estar pues se ve limitada la posibilidad de producir los mismos.

Para lograr satisfacer las necesidades del cliente se procede con la compra del tooling, normalmente el periodo de entrega es de tres semanas, pero al necesitarlo de inmediato, se pide que el periodo de entrega sea de aproximadamente semana y media, lo que ocasiona que el costo se aumente en 50% más.

##### **4.2.3.3.2 El método de almacenamiento de datos no es el correcto**

En las conversaciones que se tuvieron con el encargado del manejo del tooling en Samtec, se logró entender que el método de almacenamiento de datos es manual, es decir, él utiliza una serie de hojas de cálculo en excel para tratar de contemplar los inventarios e información relevante acerca de éstos implementos. Lo que hace que cuando se quiera realizar una consulta con respecto al tooling, se tenga que tomar en cuenta que se va a tardar un tiempo considerable para responder, ya que la información hay que buscarla en todos los documentos que se tengan hasta el momento.

Cuando un tooling ingresa al piso de la producción, se debe de ingresar a las hojas de cálculo para que la data sea real y actualizada, en el caso de las salidas debe de realizarse el mismo procedimiento, sin embargo, es común que lo anterior no ocurra, por ende se generan diferencias entre el inventario a nivel de sistema y el físico.

#### **4.2.3.3.3 No existe un sistema de inventario para el tooling**

Aunado al hecho de que la información no tiene un método de almacenamiento adecuado, se encuentra que no se tiene un sistema de inventario para el tooling, básicamente se lleva en una hoja de cálculo en excel y subjetivamente (se le pregunta al encargado cuanto hay de cada pieza); lo que proporciona que no se tenga un historial claro acerca de las piezas, trazabilidad, ubicación, entre otros indicadores.

Al no tener un sistema de inventario, los recursos económicos se ven claramente afectados ya que no se pueden realizar pronósticos, clasificaciones de productos que más se piden, los que presentan más daños y la cantidad con la que se cuenta.

Otro de los procesos que afecta el no tener inventario, es que actualmente se realiza un planeamiento de la producción basado en supuestos, ya que se planea algo pero en el momento que se necesiten las piezas y no estén, se deben de sugerir otra clase de técnicas para cumplir con lo establecido por el cliente, incluso se pudo ver que se utiliza otro tipo de tooling que no es el adecuado para poder solventar la orden, posteriormente eso provoca que se pueda dañar ese otro tooling, entonces se va a incurrir en dos gastos: uno por el tooling que se necesitaba inicialmente y otro por el daño que se pueda realizar al utilizar el que no es apropiado según los diseños de la máquina.

#### **4.2.3.3.4 Falta de stock adecuado**

Una de las consecuencias es que la falta de tooling se convierte directamente en un retraso en las órdenes por parte de la empresa, debido a que hay que contemplar el tiempo invertido en hacer la solicitud de compra, el tiempo de llegada y a que la solicitud se realiza de forma urgente, por lo que el costo del tooling se vuelve mayor y hay que sumarle los costos del transporte del mismo para poder abarcar la orden.

Hay que tomar en cuenta que en la compañía se cuentan con muchas clases de tooling, por lo que tener un stock de seguridad es algo complejo, sin embargo se puede trabajar en tenerlo en los productos con más pérdida para no recurrir en gastos elevados por la compra de las piezas.

#### **4.2.3.3.5 Falta de estandarización del etiquetado**

Para que el personal identifique las piezas se han realizado distintos aportes en la rotulación de las mismas, sin embargo, no existe una estandarización en las

etiquetas, es decir, diferentes piezas tienen diferentes formatos de etiqueta por ejemplo, se pudo observar que algunas piezas tienen en su etiqueta el producto que se puede producir con éstas y otras en su etiqueta muestran el nombre de la pieza.

Esto se toma como una causa ya que muchas veces los colaboradores toman el tooling y la etiqueta no les ofrece la información que se necesita, entonces cuando se dirige a la máquina que le asignan y la herramienta no les funciona, lo dejan en el estante que está más cerca, por lo que esta causa aporta significativamente al desorden de los implementos, desbalances en el inventario, pérdidas del tooling y posteriormente costos por reposición de éste último.

Se mostrará una imagen para que se pueda visualizar la diferencia en el etiquetado que existe actualmente en la compañía. **(ver anexo 2)**

#### **4.2.3.4 Mano de obra**

##### **4.2.3.4.1 Personal con entrenamiento inadecuado**

Como se pudo observar en el diagrama SIPOC, la utilización del tooling se da en el proceso, es decir forma parte de los pasos para manufacturar los productos según lo que el cliente solicite, para obtener la materia prima transformada, es necesario que el colaborador manipule la máquina.

Los entrenamientos generalmente se centran en enseñar criterios de producción, calidad, procesos, planos, entre otros. Pero muchas veces el tema del tooling se deja de lado, proporcionando un desbalance en la cultura con respecto a este tema, por lo que al no recibir un entrenamiento adecuado se da la tendencia a seguir el comportamiento que tienen los colaboradores más antiguos en la compañía, es

decir, si los compañeros antiguos ponen las piezas en otro estante para almacenamiento de tooling que no es el indicado, los nuevos van a seguir este comportamiento. Ya que quizás en el entrenamiento no se les informó la complejidad y los efectos que tiene el tooling dentro de los procesos productivos de la compañía.

#### **4.2.3.4.2 No se dan reportes de daños por negligencia**

Asociado a la causa anterior, esta causa es ocasionada por la ausencia de reportes o alertas de parte del personal operativo, ya que existe un pensamiento de parte de éstos que indica que si dan avisos de que el material está dañado, se van a tomar repercusiones contra ellos.

Sin embargo, en la compañía no se van a tomar acciones por recibir avisos con respecto a este tema, al contrario, se agradecerán.

Al no recibir reportes del tooling dañado por parte de los colaboradores, se dejan las herramientas dañadas en el piso de producción, lo que provoca que otros los utilicen y puedan dañar el producto o que no se pueda utilizar del todo, afectando el planeamiento de la producción, fechas de entrega y claro está, todo esto genera pérdidas de dinero.

Posteriormente se adjunta una imagen donde se muestra la combinación de tooling dañado con otro en buen estado **(ver anexo 3)**.

#### **4.2.3.5 Máquina**

##### **4.2.3.5.1 Según la configuración de la máquina se puede dañar el tooling**

Con respecto a esta causa se pudo observar lo siguiente: es común que cada día el personal técnico configure las máquinas, ya que los productos cambian según el estilo, número de posiciones, diseños, entre otros. Estas configuraciones son de prueba y error, es decir, se hacen un número de pruebas para poder producir de manera correcta y fluida durante la jornada de trabajo.

Si la configuración no es la adecuada se pueden dañar distintas piezas del tooling utilizado para el producto de interés; por lo que nuevamente se procede a mejorar la configuración para evitar desperdicios del producto; lo que provoca que existan más roces entre las piezas de la máquina y el tooling que a su vez ocasiona desgastes o daños en éste último.

#### **4.2.3.5.2 Problemas de mantenimiento**

Asociado a la causa anterior, se encuentran los problemas en el mantenimiento de las máquinas. Cuando las máquinas no reciben un mantenimiento o se realizan pruebas para determinar que ésta esté en aptas condiciones para funcionar necesitan del tooling para realizar éstos test de aprobación.

Cuando el tooling es involucrado en algún proceso, es común que se den desgastes, daños e incluso pérdidas, ocasionados por la interacción con las máquinas en el caso de los daños y por el personal en el caso de las pérdidas.

Observando acciones relacionadas a esta causa se llegó a la conclusión de que es un motivo directo del daño o reposición del tooling, pero que no se da con tanta frecuencia.

#### **4.2.3.5.3 Equipos sin calibrar**

Otro tema que forma parte de las máquinas es la calibración correcta de éstas o del tooling que utilicen para poder funcionar, cuando los equipos están sin calibrar pueden entre otras cosas, generar daños o desgastes en el tooling por roces entre las partes (máquina-herramienta) y errores en mediciones, esto quiere decir que si un equipo se encuentra sin calibrar y se tiene la intención de diseñar un nuevo tooling para que la máquina tenga la capacidad de trabajar cierto producto, el resultado no va a ser el esperado y afecta directamente a los costos.

Es decir, al tomar medidas erróneas producto de la calibración de algún equipo en particular, se diseñará un tooling con éstas medidas, cuando el equipo se calibre, el tooling no va a funcionar según lo planeado, por ende, se procederá a reemplazarlo, por lo que la compra de la herramienta inicial no fue eficiente.

Cabe resaltar, que por medio de las observaciones y charlas que se tuvieron con los encargados del diseño de tooling y personal técnico se llega a la conclusión que esta causa si forma parte de los costos por reposición de tooling, pero no ocurre a menudo, ya que Samtec procura que sus máquinas y los elementos que la componen se encuentren en un estado idóneo para poder producir.

### **4.3 Clasificación de las causas que representan costos por reposición de tooling por descontrol de inventario según el impacto**

En esta etapa de la investigación se muestran los resultados de la lluvia de ideas, reuniones y conversaciones que se tuvieron con los colaboradores, con el objetivo

de recolectar por medio de las opiniones de ellos la descripción de las causas que generan la problemática y el impacto de éstas.

Como primer paso, se hicieron observaciones de los procesos en los que el tooling se ve involucrado junto a personal calificado para obtener los fundamentos necesarios para justificar las causas planteadas por los colaboradores, ya que no toda la información recibida forma parte del problema en cuestión.

Posteriormente se plasmaron las causas validadas por los operarios, supervisores y gerentes en el diagrama de Ishikawa con el fin de dividirlos ordenadamente en las 6Ms; una vez realizado el diagrama de causa y efecto se valoraron las causas por medio de un análisis multivoto, éste se realiza con el objetivo de recolectar los datos necesarios para establecer la frecuencia absoluta de lo que provoca el efecto mostrado en la sección anterior.

Una vez realizado el cálculo de la frecuencia según los votos realizados, se procede con la realización de un diagrama de Pareto para conseguir la visión del 80-20; donde se puedan ver las causas que tienen más peso a nivel de impacto en la empresa, es decir, que estén afectando los objetivos de la empresa en cuanto al tema del tooling y su costo.

#### **4.3.1 Análisis multivoto**

Como se mencionó anteriormente con la idea de cuantificar y dar peso a las causas obtenidas mediante la lluvia de ideas, periodos de observación y distintos aportes de los colaboradores de la compañía, se realizó un análisis multivoto, el cual se utilizó de la siguiente manera:

- Se escogieron a 20 personas para entrevistar, se les otorgó un cuadro para llenar en el cual se encuentran todas las causas expuestas en el diagrama de Ishikawa.
- A cada persona se le dió 20 votos, cada uno de éstos es de uso totalmente libre, es decir, el colaborador puede poner el peso que quiera a la causa que él crea que afecta más a la compañía o al desarrollo productivo de ellos con respecto al tooling. Cabe destacar que se les indicó que no era necesario llenar todos los espacios referentes a las causas, si no las cuales ellos consideraran pertinentes y adecuadas desde su visión, siempre y cuando los votos sumaran un total de 20.
- Como nota aclaratoria y para promover la participación de todas las personas encuestadas, la actividad fue totalmente confidencial, en otras palabras, el nombre de las personas que participaron en el desarrollo de los análisis no se prooverá para efectos de ésta investigación, pero sus resultados si se compartirán.

Para la construcción de los cuadros utilizados en el análisis multivoto, se utilizó la plataforma de excel, donde al lado izquierdo se verán las causas mostradas en el diagrama de causa-efecto y al lado derecho los espacios en blanco para que lo colaboradores lo llenaran.

<b>ANÁLISIS MULTIVOTO (DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL CONTROL DEL TOOLING PÉRDIDO EN EL ÁREA DE CONECTORES, SAMTEC, COSTA RICA)</b>	
<b>CAUSAS</b>	<b>VOTOS</b>
Problemas de Layout (No existe ninguna organización en el almacén: no la hay, y si la hubiera no se respeta).	
No existen KPI'S que otorguen información del tooling	
Mala configuración de la máquina	
Deficiencias en los sistemas de mantenimiento	
Equipos sin calibrar	
Falta de estandarización del etiquetado	
Falta de stock adecuado	
No existe un sistema de inventario para el tooling	
El método de almacenamiento de los datos no es el correcto	
No se reportan las salidas del material	
Personal con entrenamiento inadecuado	
No se dan reportes de daños por negligencia	
<b>INDICACIONES: SE LE OTORGARÁN 20 VOTOS, USTED DEBE DISTRIBUIR ESOS VOTOS SEGÚN SU PERSPECTIVA EN CADA UNA DE LAS CAUSAS NOMBRADAS. (NO ES NECESARIO LLENAR TODOS LOS ESPACIOS)</b>	

Cuadro 7. Formato para el análisis multivoto según las causas encontradas que provocan los costos por reposición de tooling

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se realizaron las encuestas e intercambio de argumentos por parte de los involucrados en la encuesta, se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a los votos:

<b>CÁLCULO DE FRECUENCIAS</b>	
<b>CAUSAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>
Problemas de Layout (No existe ninguna organización en el almacén: no la hay, y si la hubiera no se respeta).	59
No existen KPI'S que otorguen información del tooling	20
Mala configuración de la máquina	17
Deficiencias en los sistemas de mantenimiento	14
Equipos sin calibrar	8
Falta de estandarización del etiquetado	24
Falta de stock adecuado	22
No existe un sistema de inventario para el tooling	56
El método de almacenamiento de los datos no es el correcto	22
No se reportan las salidas del material	9
Personal con entrenamiento inadecuado	13
No se dan reportes de daños por negligencia	32

Cuadro 8. Sumatoria de votos realizados por los colaboradores de Samtec Costa Rica con referencia a las causas que provocan los costos por reposición del tooling.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior, las causas que recibieron más votos en comparación con las otras fueron:

- Problemas de Layout.
- No existe un sistema de gestión para el control del tooling.

Se debe aclarar que para efectos de la investigación se van a tomar las posibles sugerencias de mejora visualizando las causas en conjunto ya que como se puede observar anteriormente las causas con más votos presentan características similares, por lo tanto se van a tomar en cuenta la rama de método que dio como resultado 133 votos y medio organizacional con 59. Pero con la necesidad de tener un panorama más amplio y claro de la problemática se debe analizar el impacto de cada causa.

Por lo que el impacto de estas causas, se analizará posteriormente en el diagrama de Pareto para no solo visualizar los criterios gráficamente, sino determinar cuales de éstas causas forman parte del 80% de los problemas en relación al manejo del tooling y a su vez tener un panorama más claro para validar posibles hipótesis de sugerencias de mejora.

### **4.3.2 Diagrama de Pareto**

Una vez que se realizan los cálculos de la frecuencia de las causas provenientes del análisis multivoto, se procede con la creación del diagrama de Pareto con el fin de buscar las causas que hay que tomar en cuenta para las posibles sugerencias de mejora, dicho diagrama es de mucha utilidad en el ámbito ingenieril ya que ofrece una fácil visualización y da en términos de enfoque las causas a tomar en cuenta con sus respectivos números que lo respaldan.

Es importante acudir a la utilización de esta herramienta ya que si bien es cierto se han analizado las causas provenientes de los colaboradores, no todas tienen tanta importancia para tomarlas en cuenta en posibles sugerencias de mejora a corto plazo, bajo la premisa del “20% de las causas, provocan el 80% de los problemas”; se realiza el análisis mediante la plataforma minitab 18, obteniendo el siguiente diagrama:

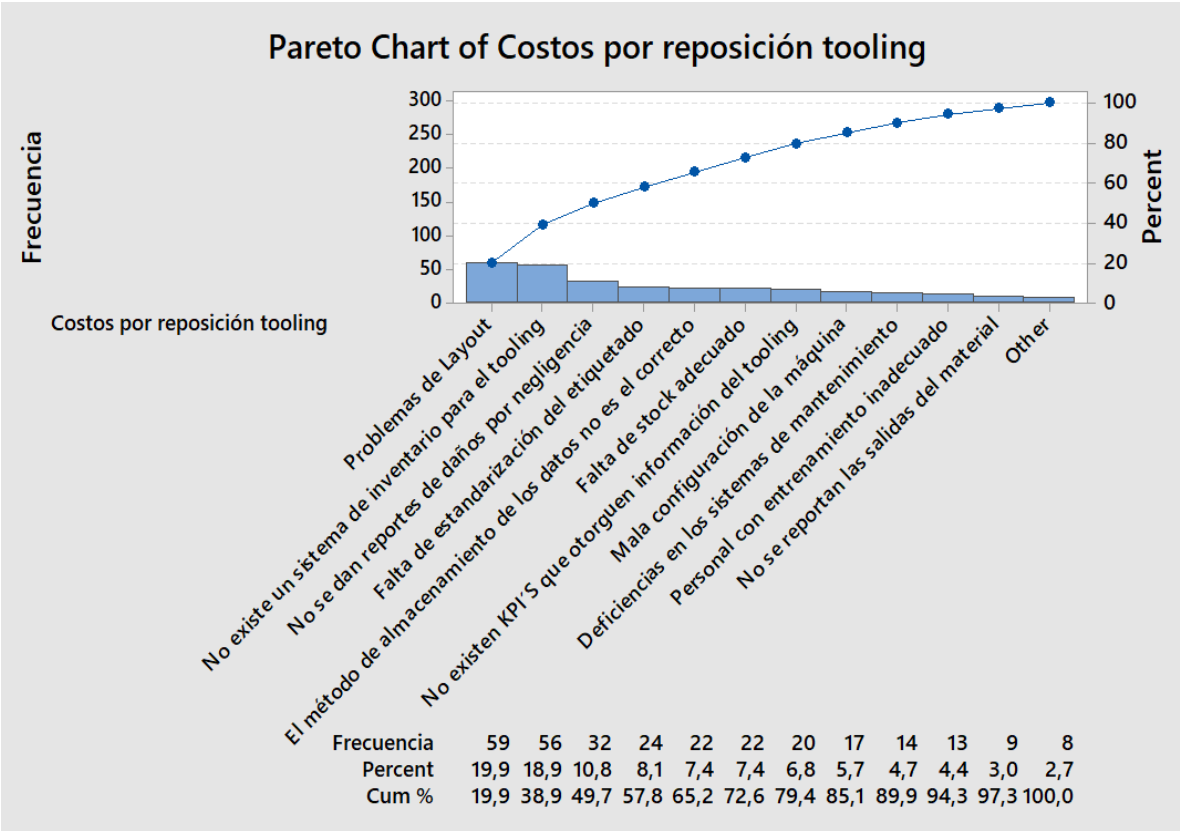


Figura 7. Diagrama de Pareto según las causas que provocan los costos por reposición de tooling.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede deducir del diagrama anterior que las primeras siete causas forman el 79.4%, las cuales presentan una combinación sobre temas de inventario y otros provenientes de medio ambiente y mano de obra. Como parte del enfoque de este

proyecto se quiere buscar un complemento de las causas que representan el mayor impacto con respecto al efecto planteado por lo que para analizar las posibles sugerencias de diseños de mejora se van a tomar en cuenta dos aspectos: inventario y medio organizacional.

Para analizar y buscar las oportunidades de mejora diviendo estos dos aspectos mencionados anteriormente, se realizaron dos cinco porqués. Para dar un paso importante en cuanto a metodología a seguir para ofrecer una hipótesis de solución.

### **4.3.3 Los cinco porqués**

La utilización de esta herramienta sencilla otorga una serie de preguntas basadas en el porqué suceden las causas, para efectos de esta investigación se da para tener un panorama más claro de los problemas que se tienen y así poder abordar con las técnicas adecuadas para ofrecer las oportunidades de mejora a la compañía y buscar un equilibrio en los procesos.

El proyecto hasta esta sección ha mostrado que los problemas con el tooling en su mayoría son causados por descontrol de los inventarios, sin embargo, hay otros temas que se deben de tomar en cuenta, para proveer acciones concretas a la compañía se procederá con realizar dos cinco porqués.

En cuanto a temas de inventario con ayuda de los colaboradores, se obtiene que el efecto es causado por perdidas de tooling ocasionado por estandarización de etiquetas, almacenamiento de información inadecuado.

Debido a lo mostrado en el párrafo anterior, es el complemento que se pretende realizar, si se toman en cuenta esa serie de causas, se estarían respetando las

frecuencias acumuladas por el diagrama de Pareto, si bien es cierto, en proyectos ingenieriles se pueden omitir causas teniendo argumentos válidos estadísticamente; para efectos de este proyecto se quieren crear posibles sugerencias de mejoramiento tomando en cuenta a la mayoría o el total de las causas ya que poseen características similares, como parte del cinco porqués en temas de inventario, se obtuvo:

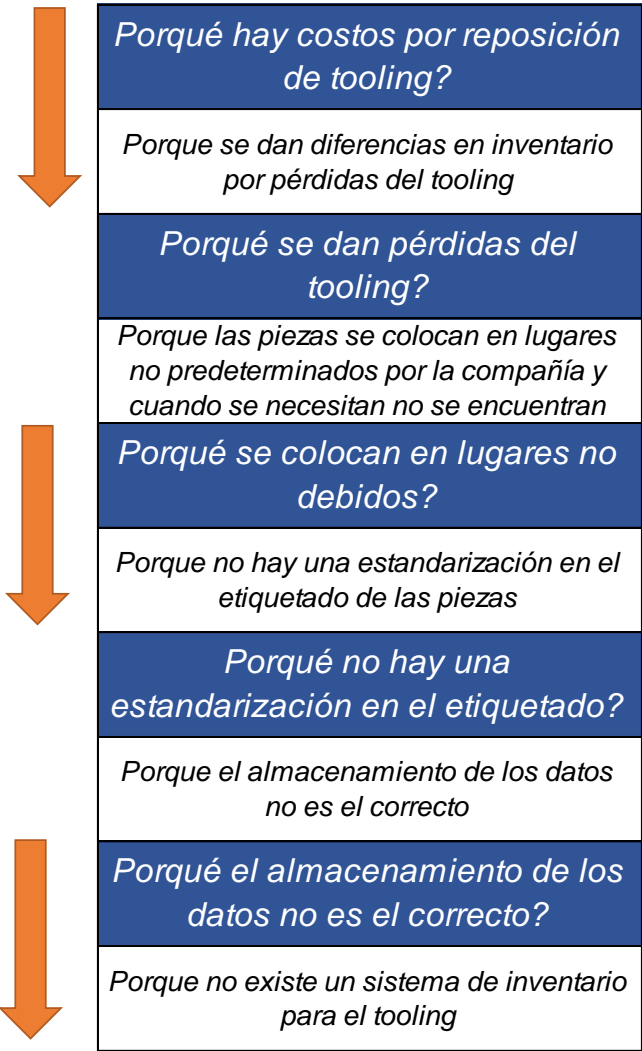


Figura 8. 5 porqués relacionado a temas de inventario.

Fuente: Elaboración propia

Si se observa el diagrama anterior en conjunto, se pueden validar según los cálculos realizados con respecto a las frecuencias de las problemáticas, los resultados obtenidos, ya que una de las razones con más peso fue que no existe un sistema de inventario para el tooling y también deja claro que hay que tomar en cuenta para diseñarlo aspectos como etiquetas, técnica de almacenamiento, entre otros.

Siguiendo con la analogía expuesta, se procede con estudiar el otro ámbito, donde se encuentra la rama de medio organizacional (con los problemas de layout); ya que fue una de las causas importantes en el desarrollo del efecto planteado, a continuación se adjunta el cinco porqués relacionado a este tema.

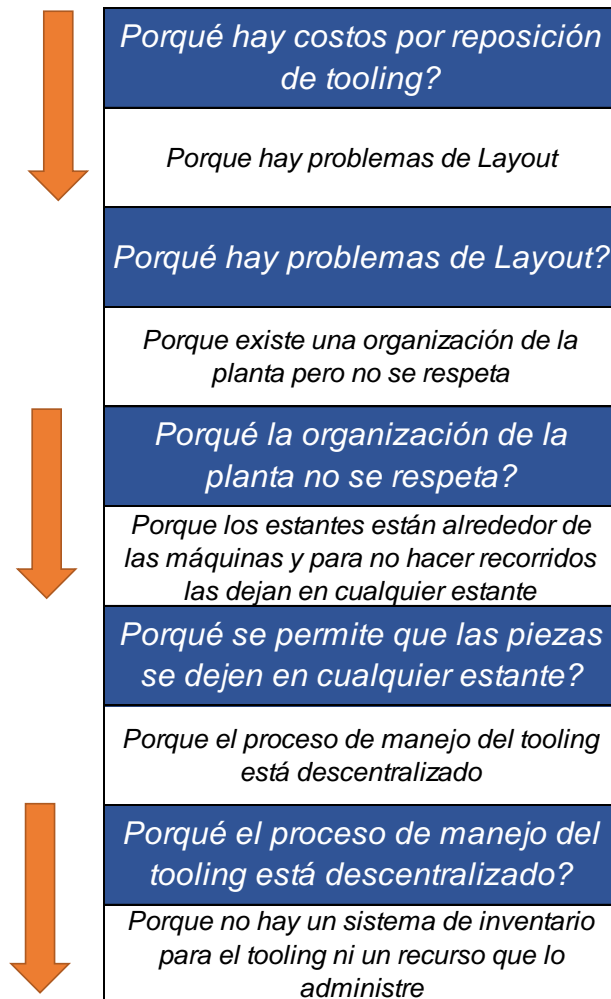


Figura 9. 5 porqués relacionado a temas de layout

Fuente: Elaboración propia

Al concluir con la creación de los diagramas de los cinco porqués, se puede observar que la causa principal redunda en el sistema de gestión de inventarios, sin embargo, no solo brindó esa información, si no deja ver que si se realiza o se pretende trabajar en el diseño de un sistema de gestión se deben de tomar en cuenta elementos que van desde el inventario hasta conceptos de layout, si se quiere ver como un complemento, que es el objetivo de esta investigación.

## 4.4 Conclusiones del diagnóstico

Según lo mencionado en el capítulo III de esta investigación, por medio de la utilización del diagrama de Pareto y datos de compras se logra determinar el centro de trabajo que se ve más afectado en temas del tooling y el tipo de pieza que más se pierde con el fin de dar la información a la compañía sobre el estado actual y el impacto que esto genera a nivel económico, a su vez en la misma sección se toma la decisión de dar el enfoque en ese centro de trabajo para realizar el diagnóstico.

Con base al diagnóstico, se pueden obtener distintas conclusiones que identifican las causas más representativas que ocasionan los costos por reposición de tooling en el área de conectores, Samtec, Costa Rica, en total se identificaron doce causas, sin embargo a través del diagrama de Ishikawa y Pareto se logran priorizar siete. De esta forma, se cumple con uno de los objetivos específicos de este proyecto.

Una vez identificadas y clasificadas las causas a través de las herramientas mencionadas anteriormente y según el impacto se puede decir que las causas principales son:

- ✓ Problemas de layout.
- ✓ No existe un sistema de inventario para el tooling.
- ✓ No se dan reportes de daños por negligencia.
- ✓ Falta de estandarización del etiquetado.
- ✓ El método de almacenamiento de datos no es el correcto.
- ✓ Falta de stock adecuado.
- ✓ No existen KPI'S que otorguen información sobre el tooling.

Al observar las causas principales que están provocando costos por reposición de tooling se puede decir que presentan características similares, situación reforzada con el diagrama de Ishikawa, donde la mayoría de éstas pertenecen a la rama de método. Por lo que se procede a analizarlas en conjunto mediante la herramienta de los cinco porqués.

Se toma la decisión de realizar dos cinco porqués debido a que las causas de mayor impacto se dividen en temas de inventario y medio organizacional obteniendo el resultado que se necesita de un adecuado sistema de gestión de inventarios para el tooling con el fin de evitar los costos innecesarios por reposición del mismo.

Según la información obtenida se cumple con los objetivos específicos de la presente investigación. Estos se desarrollan mediante la utilización de herramientas ingenieriles y estadísticas para obtener resultados que den aportes para tomar decisiones para el abordaje de la siguiente etapa del estudio.

# **CAPÍTULO V. PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

## 5.1 Diseño de la propuesta

En este apartado se lleva a cabo el diseño de una o las propuestas de mejora para el efecto planteado en la sección anterior, con esto se pretende reducir o eliminar las causas principales encontradas mediante el diagrama de Pareto y con ello establecer oportunidades de mejora adecuadas para el efecto de los costos sobre el tooling. Además, para cada propuesta se procederá a analizar los beneficios que traen para la compañía. Las causas con mayor impacto a tomar en cuenta para el diseño de las propuestas se plantean a continuación:

<i>Causas</i>	<i>Frecuencia absoluta</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Tipo de causa</i>
Problemas de Layout	59	19,9%	Medio organizacional
No existe un sistema de inventario para el tooling	56	18,9%	Método (inventario)
No se dan reportes de daños por negligencia	32	10,8%	Método (inventario)
Falta de estandarización del etiquetado	24	8,1%	Método (inventario)
El método de almacenamiento de datos no es el correcto	22	7,4%	Método (inventario)
Falta de stock adecuado	22	7,4%	Método (inventario)
No existen KPI'S que otorguen información del tooling	20	6,8%	Medición
<i>Porcentaje acumulado</i>		<i>79,4%</i>	

Cuadro 9. Frecuencia absoluta y porcentaje de las causas que provocan los costos por reposición de tooling en Samtec Costa Rica

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior las causas planteadas acumulan el 79,4% entre las siete de ellas, cinco son de características similares, por lo que se van a tomar en cuenta en conjunto para establecer un diseño para la mejora y en el caso de las otras se plantearán sus respectivas sugerencias sin dejar de lado el

tema del sistema de gestión de inventarios como tal ya que por medio de los análisis realizados a través de los cinco porqués redundaron en una misma causa.

Cabe aclarar que para el diseño de las propuestas se tomaron ocho máquinas del área Micro, utilizadas para elaborar los productos LSHM-LSEM-LSS, se pueden observar en el diagrama de recorrido identificadas con el color azul, se toman esta cantidad ya que para efectos de productos son las que cuentan con más máquinas, por ende, se necesita más tooling. Además, por las recomendaciones de los supervisores y gerentes debido a que estos productos son los más caros del centro de trabajo lo que indica que mejorar esta área es importante para efectos de producción y la compañía como tal.

A continuación, se mostrarán las propuestas realizadas para esta investigación según las causas de mayor impacto o peso.

### **5.1.1 Propuesta 1. Causa: Problemas de layout**

Partiendo de la premisa “existe una organización o diseño de planta, pero no se respeta” es que nace la problemática del layout con respecto a este proyecto en cuestión; ya que actualmente las piezas que forman parte del tooling están ubicadas en estantes, los cuales tienen espacios para ubicar las piezas, sin embargo, la posición de estos estantes no es la adecuada, debido a dos aspectos importantes:

Al tomar en cuenta que existe una combinación entre la mala ubicación de los estantes y el proceso descentralizado, se ve claramente que puede existir un posible desorden en las piezas y en este caso, si sucede así. Se tienen piezas en lugares donde no se debe, se dan pérdidas de las piezas, tiempo y dinero.

Como sugerencia o diseño de propuesta se plantea la centralización de las piezas de tooling por medio de bins, cada bin ubicado en una fila de estantes debidamente rotulado con el nombre de las piezas, serie y producto para el que pueda funcionar.

**(ver anexo 4)**

Ya que para efectos de las nuevas contrataciones se debe abordar en el concepto y técnica de poka yoke para evitar errores en la fluidez del proceso, si bien es cierto ellos reciben el entrenamiento adecuado, pero en la etapa de procesar la información se tienden a olvidar ciertas cosas, y en el caso de esta investigación se quiere que el tooling sea identificado de la forma más clara posible y evitar ese desorden producto de la descentralización en los nuevos colaboradores y en los que ya tengan experiencia en la compañía.

Siguiendo con la analogía de tomar las causas en conjunto, en este caso se ve la combinación de organización en términos de layout y en cierta manera se trabaja con la rama de mano de obra porque se pretende erradicar la utilización de los estantes anteriores y proveer otros con sus espacios respectivos para colocar.

Tal sugerencia se muestra en el **apéndice 1**.

Como se logra observar el método de almacenamiento cambia radicalmente, ya que hay espacios adecuados para organizar las piezas de acuerdo con el inventario, cada nivel está rotulado con el tipo de tooling que se debe de almacenar ahí, además de que cada bin tiene el nombre de la pieza (visualizado en las etiquetas blancas según la imagen mostrada); en cuanto a los espacios vacíos son del tooling que están en máquina. Por lo que visualmente se tiene claro que está disponible y

que no. Haciendo la utilización del concepto de 5s mencionado en el capítulo II de esta investigación.

En términos de beneficios se tiene lo siguiente:

- ✓ Cada tooling tiene su espacio y su bin correspondiente ya sea grande, mediano o pequeño de acuerdo con el tamaño de la pieza, para efectos de las piezas que tienen mucha cantidad en su inventario, se colocan dos por bin, para aprovechar los espacios.
- ✓ Abordando el tema del poka yoke se ajustaron las filas con respecto al tamaño, es decir que el colaborador no podrá almacenar otro tipo de tooling ya que el tamaño no se lo permite, lo que evita la posibilidad del desorden de las piezas.
- ✓ Cada bin tiene rotulado el nombre de la pieza, identificación a nivel de sistema y el producto para el que funciona, por lo que cualquier persona que necesite el tooling puede identificarlo con facilidad.
- ✓ Estéticamente el diseño es rescatable comparado al anterior, es físicamente más agradable y proporciona más organización a nivel visual.
- ✓ Con respecto al tiempo de búsqueda, va a ser menor ya que el tooling tiene su espacio definido, lo que anteriormente no tenía.
- ✓ En términos de layout se mueve la estantería cerca de una computadora, para efectos que se mostrados a continuación.

Como nota aclaratoria, la ubicación del nuevo estante fue sugerida por la gerencia con el fin de tener cerca una computadora y a una persona a cargo, para posteriormente conseguir la centralización. Como se mencionó anteriormente se va

a continuar con la metodología de visualizar las causas de manera combinada para diseñar una sugerencia que sea de utilidad para la compañía.

### **5.1.2 Propuesta 2. Causa: Falta de estandarización del etiquetado**

Como parte de las sugerencias de mejora una de las causas a contemplar es la estandarización del etiquetado, ya que por medio del análisis multivoto y el diagrama de Pareto se refleja que se debe de tomar en cuenta.

Como se pudo observar en la imagen mostrada en el capítulo 4 de esta investigación, el tooling tiende a rotularse, pero no sigue un formato en específico, unas dicen el número de serie, otras dicen el nombre de la herramienta y otras no tienen etiqueta.

Lo anterior provoca que sea difícil su identificación en algunos casos, y que el tiempo que se toma para buscar las piezas con el fin de manufacturar algún producto en particular sea mayor por no visualizar claramente lo que se tiene.

Sumado a la causa de problemas de layout, al no tener una etiqueta estandarizada el desorden aumenta, ya que al no identificarse claramente el tooling, se coloca donde no se debe y se pueden producir pérdidas lo que posteriormente genera costos para la empresa.

Como sugerencia para esta causa, se realizaron reuniones con personal de inventario para recibir ideas, métodos y técnicas para solucionarlo, además se analizaron los sistemas con los que la compañía cuenta ya que como se mencionó en las limitaciones de la investigación la inversión económica debe ser mínima, por lo que las ideas se trataron de plasmar con los recursos que se tenían al momento.

Como primer paso para entender la metodología que se utilizó para solucionar la estandarización del etiquetado, se va a tomar nuevamente el concepto de códigos QR. Tales códigos son muy utilizados actualmente para almacenar datos, por su tamaño y evolución en los últimos tiempos muchas compañías a nivel mundial los utilizan para distintos fines, su tamaño se puede ajustar ya que comúnmente es cuadrado lo que proporciona una ventaja con respecto al antiguo código de barras, otra de las ventajas es que existen muchos dispositivos con la capacidad de leerlos y procesar la información que éstos traen, por ejemplo, los teléfonos inteligentes.

Al tener claro el concepto de los códigos QR, se procede con la creación de los códigos. Para cada pieza se diseñó un código haciendo la semejanza a un número de cédula, cada tooling tiene su código único e irrepetible. La compañía cuenta con una impresora marca Brother (**ver anexo 5**), la cual es una impresora de etiquetas de distinto tamaño, con papel adhesivo para que se puedan rotular diversas cosas, en este caso para realizar las etiquetas se utilizó el programa de la etiquetadora llamado P-touch editor 2.0 (**ver apéndice 2**) con esta plataforma, se procedió a realizar las etiquetas.

Cuando se contó con el tipo de etiquetas, el programa respectivo para crearlas y además la impresora para etiquetar las piezas se contactó al departamento de compras para que ellos crearan un parcel a cada pieza en Samtec (un parcel es similar a una identificación), como tipo de código para que se puedan identificar a nivel de sistema.

Una vez que se tuvieron los códigos o parcel se procedió a crear las etiquetas mediante una estructura debidamente organizada la cual consta de tres partes:

- En el código QR se encuentra su parcel o código.
- Nombre de la pieza.
- Nombre del producto que se manufactura con ese tooling.

El modelo de la etiqueta se puede ver a continuación:



Ilustración 19. Diseño de etiqueta con código QR

Fuente: elaboración propia.

Como se puede ver en la imagen anterior la estructura de la etiqueta cuenta con el nombre de la pieza para que el personal lo pueda identificar fácilmente y además el nombre del producto, con este modelo de etiqueta, se procedió a etiquetar todas las piezas del tooling del área tomada para la prueba, con el fin de que cada una estuviera etiquetada según el parcel o identificación a nivel de sistema. El resultado de las etiquetas se puede ver en el **apéndice 3**.

Por medio de la impresora de etiquetas y su programa se puede flexibilizar el tamaño según la pieza, como se puede ver en la imagen anterior, todas las piezas que conforman el proceso productivo tienen la rotulación con la misma estructura y el tamaño adecuado. Además de que cada etiqueta tiene un código QR para que sea rastreable a nivel de sistema a través de un lector o scanner (proceso que se abundará posteriormente en la investigación).

Algunos de los beneficios de la estandarización de las etiquetas se muestran a continuación:

- ✓ Identificación de las piezas por nombre, producto y parcel o identificación.
- ✓ El código QR se puede adaptar al tamaño de las piezas y recolecta la información necesaria para el uso que se le otorgue.
- ✓ Muchos dispositivos tienen la facilidad de leer la información que tienen los códigos QR.
- ✓ En Samtec se cuenta con los dispositivos necesarios para la creación, diseño e impresión de las etiquetas.
- ✓ Mediante los códigos QR se abren las puertas para utilizar sistemas de rastreo de las piezas.

### **5.1.3 Propuesta 3. Causas: No existe un sistema de inventario para el tooling y el almacenamiento de datos no es el correcto**

Asociado a las ideas de mejora anteriores, se encuentra una de las etapas fundamentales en el desarrollo de esta investigación: el diseño de un sistema de inventarios y el almacenamiento de datos.

Una de las principales herramientas para la creación de un sistema de inventarios adecuado es que tenga la capacidad de rastrear los objetos, insumos o productos de interés, debido a esto y siguiendo la analogía de visualizar todas las causas provenientes del diagrama de Pareto como un conjunto, después del diseño de las etiquetas se toma en cuenta la creación de un sistema de inventarios. Esto, ya que por medio de las etiquetas las piezas se pueden rastrear, pero para poder realizar lo anterior se necesita de un programa o método que facilite la situación.

El poder rastrear las piezas va a generar trazabilidad, es decir, tener el conocimiento de donde están las piezas, cuantas hay disponibles, recorrido de las piezas, responsable de realizar los movimientos, entre otros. Para un sistema de inventarios la trazabilidad es muy importante ya que en la mayoría de las ocasiones lo que se tiene en el inventario son productos que generan ingresos o que se han hecho inversiones para tenerlos.

En el caso de este proyecto, uno de los problemas es que producto del desorden en las piezas no se puede conseguir la trazabilidad de éstas, producto de lo anterior, realizar el inventario es una situación compleja porque hay que hacer recorridos innecesarios por la búsqueda de las herramientas de interés.

Para abordar la sugerencia de mejora en el aspecto de la información, se realizaron múltiples reuniones con personal encargado de inventario, con técnicos, supervisores e incluso la gerencia. Fue un proceso multidisciplinario ya que no solo se quería ver como proponer un método que aportara a la resolución de las causas de forma conjunta, sino que todas las personas involucradas en los procesos productivos de la compañía tuvieran cierto beneficio con la sugerencia.

Como parte de crear un método integral, se debían de tomar tres partes fundamentales:

- ✓ Los colaboradores de la parte operativa.
- ✓ Personal técnico.
- ✓ Altos mandos (supervisores, ingenieros y gerentes).

Uno de los temas que se tocaron de forma predominante en las reuniones fueron el cómo conseguir la trazabilidad de las piezas, los recursos involucrados, los pasos a seguir, las curvas de aprendizaje, el departamento tomado en cuenta, entre otros.

Bajo las sugerencias de los altos mandos de la compañía, se decidió que la metodología por la cual se diera el seguimiento de las piezas fuera a través de una plataforma digital. Lo que para efectos de este proyecto agradó la idea, como paso siguiente se quiso diseñar un sistema informático con recursos independientes, para hacer prueba y error, para crear un diseño, una interfaz y ver distintos detalles para que fuera de fácil utilización.

Sin embargo, cuando se planteó la idea, el gerente del área de sistemas de información, indicó que la idea estaba bien pero que se debía de tomar en cuenta la utilización de los programas de la compañía para promover la estandarización y que fuera más sencillo en caso de implementarse que se llevara a las otras plantas en el mundo.

Para adecuarse a lo anterior se volvieron a hacer observaciones y consultas acerca del sistema de la compañía y se observó que las herramientas que se habían creado hasta el momento eran totalmente funcionales, por lo que se dio el paso siguiente que es adaptar las herramientas a plataforma.

Samtec cuenta con un sistema mundial en que tienen o toman en cuenta a todos sus departamentos por ejemplo contabilidad, ventas, producción, ingeniería, entre otros. Dicho sistema tiene una sección utilizada por inventario llamada “inventory suite”, la cual tiene como objetivo proveer la trazabilidad de ciertos insumos de

producción, con el fin de ver si se tienen los materiales o hay que solicitarlos a otro lugar para poder producir los requerimientos del cliente. Para poder rastrear los insumos, en Samtec se utilizan los parcels mencionados anteriormente para cada insumo y cada uno de ellos cuenta con una etiqueta con códigos de barras para que sea leída por un lector o escáner.

Al ver la funcionalidad de este sistema se dio la idea de emular lo que se hace con los insumos con el tooling, para encontrar y ver la trazabilidad de las piezas a través del sistema de la compañía, ya que ya las piezas contaban con su etiqueta y su identificación. Se recibieron sugerencias por parte de los encargados de sistemas para que las etiquetas pudieran ser leídas por el escáner y a su vez que funcionaran con el programa.

Cabe aclarar que cada parcel o identificación al hacerse a nivel de sistema de la compañía tuvo que variarse un poco con el fin de no afectar el desarrollo de la empresa en el periodo de prueba. Lo que se quiere decir con esto es que cada parcel corresponde a un número de parte o serie para el tooling ese número de parte es identificado con las iniciales AT- pero para efectos de la prueba y no afectar las métricas internas las piezas pertenecientes a la prueba se nombraron con las iniciales U-AT (**ver apéndice 4**) con solamente una letra ya a nivel de sistema el nombre es distinto y se puede trabajar en la mejora sin afectar los intereses de Samtec.

Como nota aclaratoria, la creación de estos parcels fue gracias al departamento de compras que son los encargados de distribuir los materiales a nivel de la compañía y aprobar las compras realizadas por el personal.

Abordando el tema de la idea del sistema se van a aclarar los pasos a seguir para que éste funcione:

1. Lo primero que se debe de hacer es verificar que los códigos estén en el lenguaje que la plataforma de Samtec los pueda leer, para eso se debe de escanear el código y en la pantalla debe aparecer `~~p|XXXXXX~~` las X representan al número que tiene cada pieza y los otros elementos son parte de la notación necesaria para que el programa lo pueda leer. **(ver anexo 6)**
2. Una vez que se tenga la seguridad que los códigos estén bien, se debe de proceder con crear las ubicaciones correspondientes en donde se van a ubicar las herramientas (en este caso son las máquinas y las ubicaciones en el estante) para esto se debe de contactar al encargado de inventario, solamente este colaborador tiene la potestad de crearlos. Para efectos de este trabajo se crearon tres tipos de ubicaciones:
  - ✓ Máquinas.
  - ✓ Estantería.
  - ✓ Departamento de personal técnico (en caso de reparaciones).
3. Cuando se tiene la seguridad de que se cuenta con las etiquetas y las ubicaciones respectivas, se procede con dirigirse a la plataforma empresarial de Samtec, una vez dentro de ella, hay que dirigirse a la sección llamada “Inventory suite” cuando se selecciona dicha opción va a aparecer un cuadro que pide el número de colaborador, por lo que hay que poner la identificación respectiva para poder iniciar. Cualquier colaborador de Samtec puede acceder a la plataforma, sin embargo, no cualquiera puede hacer los

movimientos de los insumos ya que esto es un tema delicado. Para el desarrollo de la investigación se solicitó con gerencia la autorización de tres personas (una para cada turno), por lo que solamente esas personas tenían acceso a realizar los movimientos del tooling en el desarrollo del tueno en cuestión. (Para seleccionar a las personas se tuvieron conversaciones con los supervisores de cada turno y ellos escogieron a la persona que creían aptos para el desarrollo del proyecto).

4. Una vez que se coloca el número de identificación se debe de buscar al lado izquierdo de la pantalla, tres secciones importantes y seleccionarlas\_
  - ✓ Parcel inquiry.
  - ✓ Move parcel.
  - ✓ Area Inquiry.

Para cada una de las partes se abre una interfaz, para ver que todo funcione, se recomienda abrir la llamada “Parcel inquiry” como primera opción.

5. Una vez que se tenga abierta la interfaz de “Parcel inquiry” hay que dirigirse a la parte superior derecha donde se encuentra una lupa, al seleccionar ese espacio, se procede con escanear el código QR de la pieza, cuando la pieza es reconocida a través del sistema, en la pantalla se podrán ver los movimientos que se han hecho de la pieza, el responsable o persona que los realizó, la hora, la fecha, la razón por la que intervino el sistema y las ubicaciones en las que se movieron o se encuentran en ese momento. A través de esta interfaz se podrá ver la trazabilidad de las piezas y va a ser más sencillo el proceso de búsqueda de estas.

Otra de las opciones que se puede hacer es mandarlos a “cuarentena” lo que quiere decir es que, si una pieza se debe desechar o se daña, se envía a esa opción para posteriormente tener un registro de las partes que se enviaron, lo que ofrece una base de datos de lo que ya no está disponible, además al enviarlo a esta ubicación, la pieza no se podrá mover a otra.

La interfaz, se mostrará a continuación:

The screenshot displays the 'Parcel Inquiry' window. The main area contains a table with the following columns: Date Entered, Entered By, Activity Type, Reason, and Description. The table lists multiple 'Parcel Move' activities from May to July 2020, involving various users like Marcela Jimenez Guesada and Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz, and locations such as Shelf 3(170327) and M-569.

Date Entered	Entered By	Activity Type	Reason	Description
22/5/2020 05:36	Marcela Jimenez Guesada	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'M-569 '(116677) to 'Shelf 3(170327)
25/5/2020 12:04	Eddy Sanchez Madriz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'M-569 '(116677)
25/5/2020 17:59	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'M-569 '(116677) to 'Shelf 3(170327)
26/5/2020 06:45	Joshua Arias Espinoza	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'Shelf 3(170327)
1/7/2020 19:52	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'M-567 '(116675)
1/7/2020 19:52	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'M-567 '(116675) to 'M-567 '(116675)
1/7/2020 19:52	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'M-567 '(116675) to 'M-567 '(116675)
2/7/2020 15:03	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'M-567 '(116675) to 'Shelf 3(170327)
2/7/2020 15:03	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'Shelf 3(170327)
6/7/2020 06:31	Jose Chavanta	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'Shelf 3(170327)
6/7/2020 06:31	Jose Chavanta	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'Shelf 3(170327)
6/7/2020 06:31	Jose Chavanta	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'Shelf 3(170327)
6/7/2020 10:21	Joshua Arias Espinoza	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'Shelf 3(170327)
10/7/2020 16:17	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'M-2681(170496)
11/7/2020 17:16	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'M-2681(170496) to 'M-2681(170496)
13/7/2020 14:54	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'M-2681(170496) to 'M-2681(170496)
15/7/2020 14:17	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'M-2681(170496) to 'Shelf 3(170327)
15/7/2020 19:08	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'Shelf 3(170327)
15/7/2020 20:18	Jeffrey Mauricio Rodriguez Ruiz	Moved	Parcel Move	Parcel moved from 'Shelf 3(170327) to 'Shelf 3(170327)

Below the main table, there is a section for 'Entered By', 'Note Type', 'Note', and 'Date Entered'. It shows entries for 'Joshua Arias Espinoza' (Macellaneous, Original Parcel ID: 24992244, 7/5/2020 09:07) and 'Jeffrey Espinoza' (Macellaneous, BODY NEST, 7/5/2020 05:07).

The bottom of the interface shows a detailed view for 'U-AT-1272-334-CR'. It includes fields for Location (170327; Samtec Interconnect Assembly - In House Connectors CR - Costa Rica Automation WIP Cage - Tooling LSHM Supermarket - Unit 1 - Shelf 3), Original City (1), Originator (04800), Stock U M, Current Qty (1), Destination (04800), Order # (0), Line # (0), Unit Value (0), Serialized (checked), Revision (NOT PROVIDED), Status (Available), Session (0), Original Value (0), Lot Date (6/5/2020), Packaging (Bulk), Country of Origin (COSTA RICA), Current Value (0), and Y20 (2020). It also includes a 'Qualified' checkbox and 'His Category' field.

On the right side, there is a vertical toolbar with buttons for 'Mark Missing', 'Mark Void', 'Reprint Label', 'Quarantine', 'Bonded', and 'Set Expiration Date'.

Ilustración 20. Demostración de los movimientos del tooling a través del sistema de inventarios, interfaz “Parcel Inquiry”

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la imagen anterior, se muestran todos los movimientos realizados en ese número de parcel (visto en la parte superior derecha), por otro lado, aparte de los movimientos a través de las ubicaciones, hay un dato en la parte inferior donde se dice el nombre de la

pieza, en este caso “Body Nest”, además de quién fue el responsable de crearlo, se ve que hay un ID original, lo que significa que a partir de éste se derivaron los otros, en esta parte se vuelve a tomar el tema de los AT- ya que por nombre o producto el AT- es el mismo, más el parcel es distinto. Para utilizar un ejemplo ilustrativo se puede ver que el ID original es el 24982436, este número va a decir cuántas piezas de este tipo hay en el inventario. Lo que ocasiona que se tengan los datos de las piezas con las que se cuenta de manera rápida y eficiente, proporcionando un almacenamiento de datos adecuado.

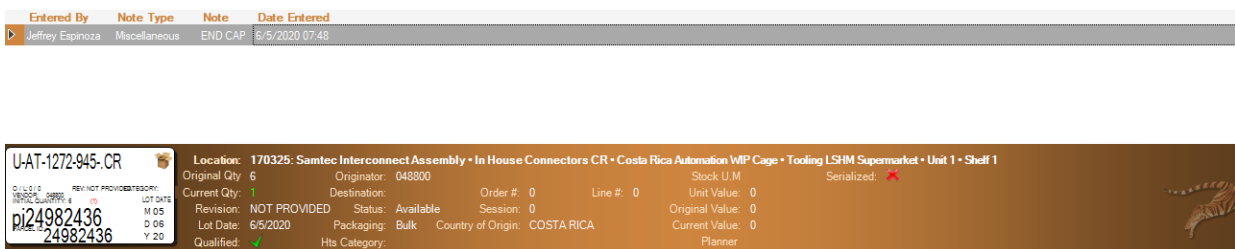


Ilustración 21. Demostración del reporte del total de las piezas de tooling según el parcel a través del sistema de inventarios, interfaz “Parcel Inquiry”.

Fuente: Elaboración propia.

La imagen anterior describe que para este número de parte hay un total de 6 piezas, cada una tiene un parcel distinto, pero funciona para lo mismo, es decir, para elaborar el mismo producto, da una señal de inventario real al momento, basándose en la imagen todos estos poseen el número de serie U-AT-1272-945-.CR pero cada una tiene su trazabilidad de forma independiente.

- Otra de las pantallas a tomar en cuenta es la denominada “move parcel”, donde por medio de ésta se harán los movimientos del tooling. Existen dentro

de la plataforma dos espacios, uno para el parcel (código de la pieza) y el otro para la ubicación (estante o máquina). Para realizar el movimiento se debe de escanear el código del área al que se a mover la pieza y posteriormente la pieza y seleccionar el cuadro que dice “move” (mover), o simplemente activar el movimiento automático y una vez que el sistema reconozca el área y la pieza, hará la transacción de inmediato.

La pantalla se mostrará a continuación:

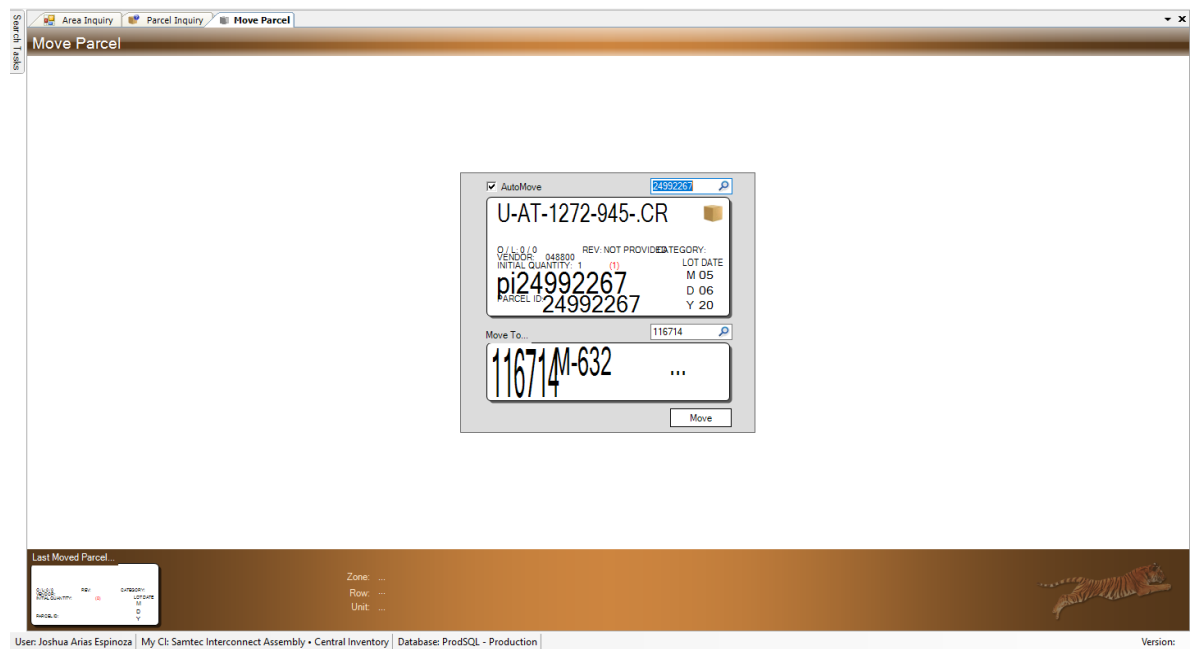


Ilustración 22. Pasos a seguir para realizar los movimientos del tooling a través del sistema de inventarios, interfaz “Move Parcel”.

Fuente: Elaboración propia

7. Posteriormente, por cuestión de orden y organización se debe de tomar en cuenta consultar la otra opción mencionada anteriormente: “Area Inquiry” donde se brindará la información referente a cuáles piezas están en el área, el nombre del área y la ubicación del área a nivel mundial, en este caso debe de decir Costa Rica.

Este paso se realiza mayor mente para verificar que el movimiento se hizo de manera adecuada o simplemente para saber que hay en esa área en caso de necesitar alguna pieza.

La pantalla que se podrá ver es la siguiente:

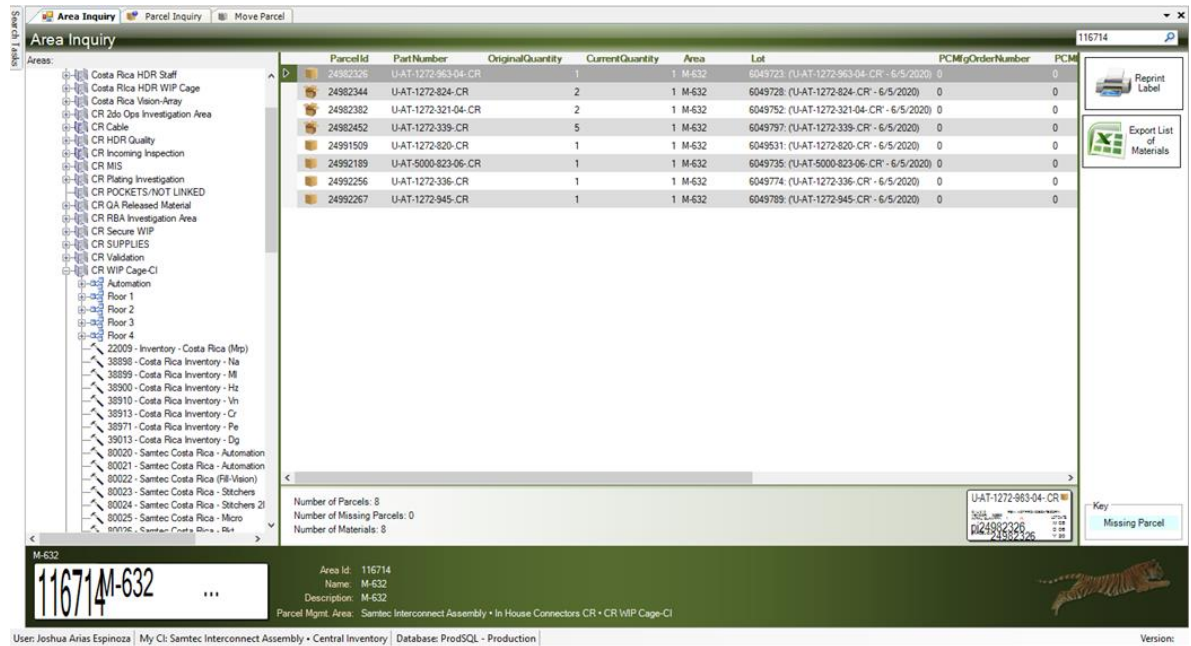


Ilustración 23. Ubicación del tooling en tiempo real a través del sistema de inventarios, interfaz “Area Inquiry”

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del ejemplo anterior se puede ver que en la máquina 632 hay una cantidad de 8 materiales, cada uno de estos tiene su parcel en el caso de que se quiera saber el nombre correspondiente al código se debe de dirigir a la pantalla “Parcel Inquiry”.

8. Una vez que se hagan los movimientos y consultas necesarias, se debe de abandonar la plataforma.

Como se puede notar en la serie de pasos mencionados se necesita de una persona a cargo para que administre y realice los movimientos del tooling, para esto se

necesita una estación debidamente organizada y una computadora cercana para que pueda acceder a la plataforma acompañada con un escáner de códigos QR, por eso la organización y el cambio mencionado en la propuesta 1 acerca del layout, por medio de la estandarización de las etiquetas se puede hacer uso del sistema de inventarios y éste genera una herramienta de almacenamiento de datos confiable y eficaz. Al tener una persona con una estación adecuada se promueve la centralización del tooling y a su vez se evita las faltas de reporte de daños por negligencia, ya que si la persona a cargo recibe una pieza dañada debe de pasarla a “cuarentena” para tener los registros de los daños evitando las pérdidas y el descontrol.

Otra de las ventajas de este sistema es que se pueden analizar y observar si hacen falta unidades de tooling por lo que es más sencillo mantener un adecuado stock, para este caso según la información obtenida por los encargados de inventario los puntos de reorden van de 4 a 2 unidades dependiendo del tipo de tooling, validando la idea de que visualizar las causas en conjunto funciona en este caso por la similitud de las características de estas.

La estación de trabajo se verá en el **apéndice 5**.

#### **5.1.4 Propuesta 4. Causas: No existen KPI'S que otorguen información del tooling y falta de stock adecuado.**

Como parte del análisis que se ha fundamentado anteriormente, se rescata la idea de que se quiere realizar un sistema integral que abarque a varios colaboradores de la compañía. Como se puede ver en el sistema propuesto anteriormente la parte técnica se beneficia en saber dónde están las piezas en tiempo real para cualquier

configuración o mantenimiento requerido, los colaboradores del área operativa se benefician en encontrar las piezas rápidamente, facilitar los reportes, identificar las piezas de forma sencilla, entre otras.

Sin embargo, hasta el momento hace falta una de las partes tomadas en cuenta para el concepto de sistema integral: los altos mandos (supervisores, ingenieros y gerentes). Cabe destacar que para efectos del tooling las personas que más pueden utilizar el sistema son los supervisores e ingenieros, pero se debe de contemplar a la gerencia para facilitar cualquier consulta que tengan en el momento.

Para solventar esta idea se tuvieron una serie de reuniones con un técnico especializado, con el fin de crear una plataforma que no se saliera de los estándares de la compañía y que ofreciera información en tiempo real no solo los movimientos del tooling, sino opciones de consulta sobre cantidades o que productos puede producir, con el fin de brindar indicadores y ayudar en el planeamiento de la producción.

Una de las opciones planteadas en las reuniones fue la utilización de la plataforma POWER BI, donde en ella se pueden manejar datos de forma organizada y creativa, que se puedan manejar de manera sencilla. Además la empresa cuenta con la licencia para utilizarla.

En los periodos de las reuniones, el técnico unió los datos del sistema empresarial y ciertos datos de inventario que se hicieron en el periodo de prueba a la plataforma que se estaba haciendo en equipo. Dicha plataforma consta de tres partes, una para consultar que tooling se necesita para elaborar cierto producto, otra sección donde

se puede ver que partes o de que piezas está conformado un tooling y la tercera sección brinda información en tiempo real de donde están las piezas utilizadas en el plan piloto de los productos LSHM-LSEM-LSS.

En cada sección se indica la cantidad de piezas que se tienen para tener con respecto a inventario y poder visualizar si es necesario comprar piezas para el stock además de proporcionar información adecuada y organizada de las piezas para dar soporte en el tema de los KPI'S. Esto va a ayudar en la fase de control del proyecto para evitar volver a caer en lo mismo. Posteriormente se mostrarán ilustraciones para visualizar las distintas interfaces.

### **Sección 1. Consulta sobre el tooling adecuado para cada producto.**

Para el desarrollo de esta sección se tomaron anotaciones de qué tipo de tooling fue diseñado para producir ciertos tipos de productos y se adjuntó la información del inventario para tener el conocimiento de lo que se tenga y poder producir o en caso contrario para abastecer el stock.

Básicamente en esta pantalla se puede filtrar la información por centro de trabajo, familia de producto y proceso, posteriormente la plataforma enseña el tipo de tooling que se necesita. Una vez seleccionada la información de interés al lado derecho de la pantalla va a aparecer la cantidad de piezas del tooling seleccionado con las que se cuenta. Esta sección tiene por nombre "Main Lookup", se puede observar de la siguiente manera:

AT DRAWING	DESCRIPTION	QTY	OPERATION	SUB AT DRAWING 2	SUB QTY 2	SUB AT DRAWING 3	SUB DESCRIPTION 2	SUB DESCRIPTION 3	SUB QTY 3
AT-1272-146	FIXTURE MOUNT PLATE	2	FILL	N/A	0	N/A	N/A	N/A	0
AT-1272-333	END CAP	2	FILL	N/A	0	N/A	N/A	N/A	0
AT-1272-334	BODY NEST	2	FILL	N/A	0	N/A	N/A	N/A	0
AT-1272-380-020	POSITIONAL END CAP 20 POS	2	FILL	N/A	0	N/A	N/A	N/A	0
AT-1272-380-030	POSITIONAL END CAP 30 POS	1	FILL	N/A	0	N/A	N/A	N/A	0
AT-1272-380-040	POSITIONAL END CAP 40 POS	1	FILL	N/A	0	N/A	N/A	N/A	0
AT-1272-380-050	POSITIONAL END CAP 50 POS	1	FILL	N/A	0	N/A	N/A	N/A	0
AT-1325-188	LOCATOR PIN	1	FILL	N/A	0	N/A	N/A	N/A	0

Figura 10. Plataforma para consulta del tipo de tooling por centro de trabajo, producto y proceso

Fuente: Elaboración propia

En el caso del ejemplo anterior dice que para el producto LSEM-DH el proceso de fill (llenado). Se realiza con cuatro tipos de tooling, se seleccionó el llamado “Body Nest” a lo que por medio de la plataforma se pueden observar las partes que lo componen y que el total de ensambles completos que se tienen son dos.

## Sección 2. Consulta sobre las partes que componen el tooling y los productos que se pueden producir con el mismo.

En esta sección se puede consultar a través del número de serie AT-, el nombre de la pieza, las partes que la componen y los productos que puede producir. A su vez también brinda la información de cuantos ensambles completos se tienen en la empresa, para ilustrar lo anterior se va a utilizar el AT-1272-887. La plataforma muestra lo siguiente:

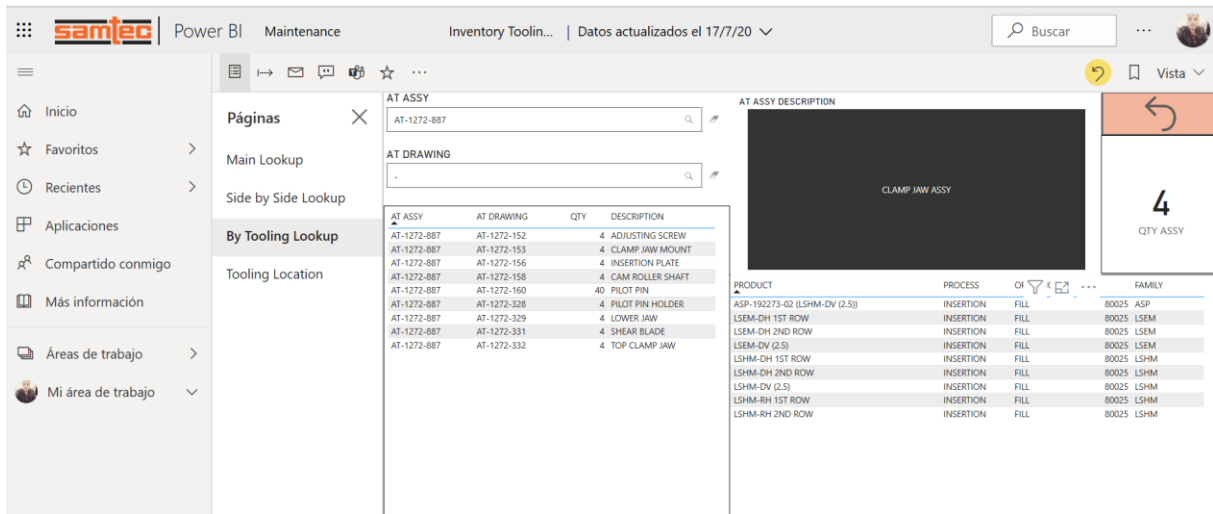


Figura 11. Plataforma para consulta por número de serie de tooling para saber las partes que componen el ensamble, cantidad disponible y productos que se pueden elaborar con esa herramienta.

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro negro de la derecha se puede ver el nombre de la pieza, al lado la cantidad de ensambles completos con los que se cuenta, debajo de este la información con respecto a la serie de productos que se pueden fabricar con este tipo de tooling. Al lado izquierdo se ven las partes que lo componen y la cantidad de cada parte disponible.

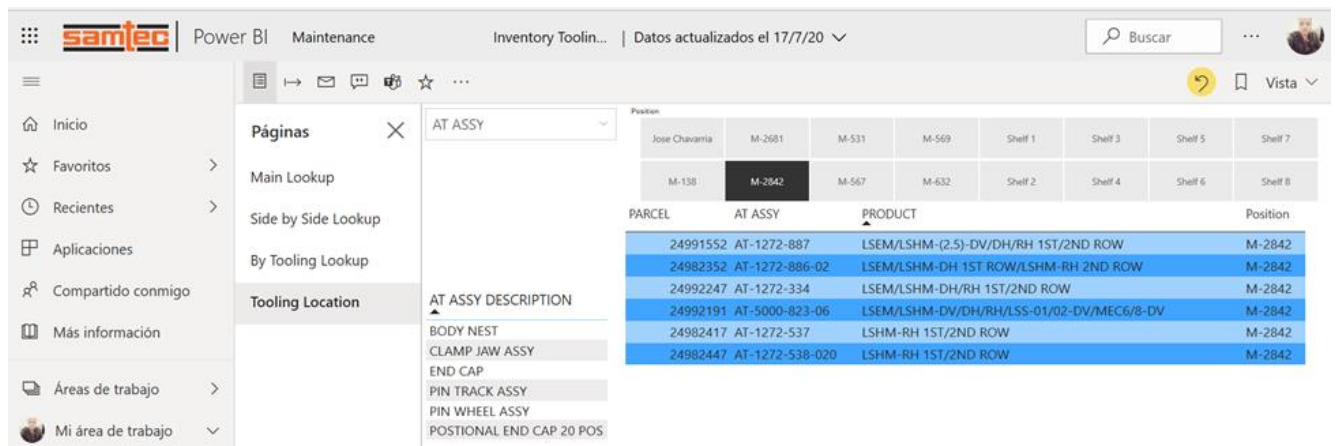
Esta sección es una herramienta facilitadora para colaboradores como supervisores e ingeniería ya que muchas veces ellos no conocen el nombre de las piezas por cargas de trabajo y porque son muchos los tipos de tooling, al tener una orden de pedido por parte del cliente se tiene el tipo de producto que este solicita, y a través de esta interfaz se puede consultar que tipo de tooling se necesita para este, lo que proporciona soporte en la planeación de la producción y cualquier consulta referente al tooling.

### Sección 3. Movimientos de tooling en tiempo real.

Como respaldo y unión al sistema propuesto con la plataforma empresarial se propone otra opción de consulta en la cual se puede observar la ubicación de las piezas en tiempo real, dicha plataforma se actualiza cada 30 minutos y brinda un soporte a nivel de consulta para las personas que la utilicen.

Cabe destacar que para tener acceso a estas plataformas de Power BI, el encargado (en este caso el técnico que la creó) tiene que brindar los permisos a la persona para que pueda hacer uso de la plataforma, se puede consultar, pero no editar, de igual manera el objetivo de la creación de estos facilitadores es para consultas y el no tener acceso a editar se promueve el orden.

La plataforma de consultas presenta un diseño que se detalla a continuación:



The screenshot shows a Power BI dashboard interface. At the top, there is a header with the 'samtec' logo, 'Power BI Maintenance', and 'Inventory Toolin...'. A search bar with the text 'Buscar' and a user profile icon are also visible. The main content area is divided into two sections. On the left, there is a sidebar with navigation options: 'Inicio', 'Favoritos', 'Recientes', 'Aplicaciones', 'Compartido conmigo', 'Más información', 'Áreas de trabajo', and 'Mi área de trabajo'. The main area displays a 'Tooling Location' view. It features a grid of tooling locations with columns for 'Parcel', 'AT Assy', 'Product', and 'Position'. The grid shows several rows of data, with the first row highlighted in blue. Below the grid, there is a list of 'AT Assy Description' items, including 'BODY NEST', 'CLAMP JAW ASSY', 'END CAP', 'PIN TRACK ASSY', 'PIN WHEEL ASSY', and 'POSTIONAL END CAP 20 POS'.

Parcel	AT Assy	Product	Position
24991552	AT-1272-887	LSEM/LSHM-(2.5)-DV/DH/RH 1ST/2ND ROW	M-2842
24982352	AT-1272-886-02	LSEM/LSHM-DH 1ST ROW/LSHM-RH 2ND ROW	M-2842
24992247	AT-1272-334	LSEM/LSHM-DH/RH 1ST/2ND ROW	M-2842
24992191	AT-5000-823-06	LSEM/LSHM-DV/DH/RH/LSS-01/02-DV/MEC6/8-DV	M-2842
24982417	AT-1272-537	LSHM-RH 1ST/2ND ROW	M-2842
24982447	AT-1272-538-020	LSHM-RH 1ST/2ND ROW	M-2842

Figura 12. Plataforma para consultar la ubicación del tooling en tiempo real

Fuente: Elaboración propia

El diseño anterior permite seleccionar el área de interés y ver las piezas que están en ella, o en caso contrario buscarlo por el nombre de ensamble (AT-) y saber dónde se ubica. Como aporte de estas plataformas se tiene la visualización de los datos

del tooling de una forma sencilla y organizada para el desarrollo de KPI'S y además un panorama claro en cuanto a cantidades de las piezas para analizar el abastecimiento del stock.

Como se puede observar el desarrollo de las soluciones se han dado conforme a un hilo conductor, desde la organización de los estantes hasta el diseño de un sistema de inventarios para el tooling. Pero para poder contemplar las opciones que se han propuesto debe de tomarse en cuenta el último paso del DMAIC: control.

## **5.2 Estrategias de control para las propuestas de mejora.**

Para todas las propuestas de mejora basadas en la metodología DMAIC, hay que contemplar estrategias de control, con el fin de que las sugerencias tengan estabilidad a lo largo del tiempo. Con respecto a esta investigación se tomarán estrategias basadas en cada propuesta con el objetivo de brindar las herramientas necesarias a la compañía para que se pueda aplicar el diseño de la forma más eficiente posible.

A continuación, se podrán ver una serie de técnicas o estrategias de control para cada propuesta, básicamente una de las acciones de más importancia es la capacitación adecuada del personal ya que se va a incluir la utilización de los sistemas empresariales, las otras técnicas están basadas en técnicas de organización y control del espacio físico para el tooling y la estación de trabajo.

<b>Propuesta</b>	<b>Estrategia de control</b>
<i>Propuesta 1. Causa Problemas de Layout</i>	<i>Para mantener la organización a través del tiempo se debe de tener claro el concepto de control visual, mantener todos los estantes con su debida etiqueta y mostrar los productos con rotulos llamativos, además de medir adecuadamente el tamaño de los bins por cada pieza que se vaya a almacenar acompañado de la medida adecuada de la altura para fomentar el concepto de Poka Yoke</i>
<i>Propuesta 2. Causa: Falta de estandarización del etiquetado</i>	<i>La estandarización del etiquetado es de vital importancia para facilitar la búsqueda y ratreo del tooling, por lo que como parte del control es otorgar un diseño estilo machote para evitar la variabilidad, posteriormente garantizar el entrenamiento del personal que va a administrar el tooling para que tenga el conocimiento del uso de las plataformasde creación e impresión de las mismas</i>
<i>Propuesta 3. Causas: No existe un sistema de inventario para el tooling y el almacenamiento de datos no es el correcto.</i>	<i>Como parte del control en el diseño del sistema de inventarios y para que funcione de la manera apropiada, se debe de capacitar al personal adecuadamente para que tenga el conocimiento del uso de la plataforma, con evaluaciones mensuales o bimensuales con el fin de controlar el correcto aprendizaje para no afectar las metricas de la compañía. Además estandarizar el proceso de llegada de las piezas, una vez que un tooling llega a la compañía el encargado de compras debe crearle un parcel para que sea rastreable a nivel de sistema.</i>
<i>Propuesta 4. Causas: No existen KPI'S que otorguen información del tooling y falta de stock adecuado.</i>	<i>Para observar la información con respecto al tooling en este aspecto es necesario que el proceso no esté descentralizado, por lo que como estrategia de control la plataforma creada en Power BI va a ser controlada y administrada por dos personas: el técnico especializado y el encargado del manejo del tooling, para que un colaborador tenga acceso a consultar dentro de la plataforma, se le deben de otorgar los permisos necesarios. Además se proponen reuniones para generar lluvia de ideas con el fin de encontrar posibles actualizaciones.</i>

Cuadro 10. Estrategias de control para propuestas de mejora.

Fuente: Elaboración propia

Como parte del proceso diario para el sistema de inventarios propuesto se hicieron una serie de indicaciones a las personas que manejan la estación del tooling, entre ellas se encuentran las siguientes:

- Cada inicio de turno se debe de hacer una verificación rápida de que la información que dice el sistema sea igual al físico, se puede hacer utilizando el “Area Inquiry” con el fin de no dejar de lado el control diario.
- Para la prueba piloto, se dio la indicación de realizar un conteo de las piezas semanalmente, es decir realizar un inventario y compararlo con el sistema.

(hasta la segunda semana de julio se realizó de manera exitosa y se vio la funcionalidad del sistema).

- Ningún colaborador puede manipular el tooling, solo el encargado de la estación puede hacer los movimientos de las piezas a las máquinas. En caso de que un colaborador de la parte operativa necesite un tooling, el encargado se lo proveerá, pero se debe hacer la devolución del que se estaba usando anteriormente.

### **5.3 Análisis costo beneficio de las propuestas**

Para el caso de esta investigación se aclaró desde el inicio que una de las limitaciones de esta es la utilización de recursos económicos mínimos, pero se contaba con la ventaja de que en la empresa se cuenta con la tecnología necesaria para desarrollar las propuestas de mejora, solo se procedió a adaptar las herramientas creadas. Por lo que los costos que se toman en cuenta son referentes a la creación y el diseño de las plataformas.

Para la propuesta 1, la compañía contaba con la estantería necesaria y los bins correspondientes para el almacenamiento de las piezas, pero se procederá a realizar el cálculo del costo de los bins en caso de que se necesiten comprar. Partiendo de la premisa que se necesiten 100 unidades, los costos son los siguientes según la información recolectada en Amazon.com:

Tamaño del bin	Precio	Precio total (100 unidades)
Pequeño	\$ 3,00	\$ 300,00
Mediano	\$ 5,00	\$ 500,00
Grande	\$ 7,00	\$ 700,00
Total		\$ 1 500,00

Tabla 1. Costo por compra de bins para almacenamiento del tooling.

Fuente: Elaboración propia

Para la propuesta 2 y 3 se contempla la utilización de tres personas para la administración del manejo del tooling en este aspecto se contemplan las horas de capacitación que se deben de contemplar para el aprendizaje de la utilización de la plataforma para cada turno dentro de sus funciones está la creación de etiquetas, rotulación y manejo de la plataforma de la trazabilidad del tooling.

En cuanto a la capacitación, se tienen los siguientes números:

Operario	Horas de capacitación	Salario por hora	Total
Turno I	16	\$ 2,86	\$ 45,71
Turno II	16	\$ 3,75	\$ 60,00
Turno III	16	\$ 5,00	\$ 80,00
Total			\$ 185,71

Tabla 2. Costos por capacitación para prueba piloto en personal de los tres turnos

Fuente: Elaboración propia

Si se visualiza que, en la propuesta, se necesitan a las personas de cada turno para lograr la centralización del proceso, se calcula el salario por año de los colaboradores de la siguiente manera:

Operario	Meses laborados	Salario por mes	Total
Turno I	12	\$ 497,14	\$ 5 965,71
Turno II	12	\$ 652,50	\$ 7 830,00
Turno III	12	\$ 870,00	\$ 10 440,00
Total			\$ 24 235,71

Tabla 3. Costos por concepto de salario anual para la persona que administre los movimientos del tooling según el turno

Fuente: Elaboración propia

Lo que se puede ver en los datos mostrados anteriormente es que el costo anual de las personas que administran el tooling es de \$24 235,71 si se toman en cuenta los tres turnos, en caso de que se quiera realizar en un solo turno o en dos, se muestran los costos de cada uno.

Posteriormente se contemplan los datos para la propuesta 4, en el que se necesitó el soporte de un técnico especializado a través de Power BI, para este caso se analizan las horas laboradas por él para realizar la plataforma, el proceso de las reuniones sumó un total de 10 horas distribuidas en 5 sesiones de reuniones de 2 horas.

Para el proceso de las reuniones se fueron creando las distintas interfaces mostradas anteriormente y se fueron mostrando a los altos mandos para garantizar el visto bueno. El costo evaluado es el siguiente:

Colaborador	Horas de capacitación	Salario por hora	Total
Técnico especializado	10	\$ 7,32	\$ 73,21

Tabla 4. Costo por concepto de salario de técnico especializado para el diseño de plataforma a través de POWER BI

Fuente: Elaboración propia

Si se ven los costos por la compra de tooling en los últimos tres años se tiene lo siguiente:

Compras generales de tooling por año	
Etiquetas de fila	Sum of Total_PO_Cost
+ 2017	\$ 391 240,35
+ 2018	\$ 380 286,47
+ 2019	\$ 254 351,35
<b>Total general</b>	<b>\$ 1 025 878,17</b>

Tabla 5. Compras generales de tooling en el periodo 2017 – 2019 según el departamento de compras, Samtec Costa Rica

Fuente: Departamento de compras, Samtec Costa Rica

Una vez que analizan los datos de costos y compras por año, se procede con solicitar la información referente a las órdenes de compra realizadas a junio de este año, para observar si el proyecto ha causado algún impacto en lo que respecta al tooling, la información obtenida por el departamento de compras es la siguiente:

Mes	Órdenes de compra realizadas por tooling
Enero	8
Febrero	9
Marzo	17
Abril	5
Mayo	1
Junio	3

Tabla 6. Órdenes de compra por tooling en el área de micro a junio del 2020 según departamento de compras, Samtec Costa Rica

Fuente: Departamento de compras, Samtec Costa Rica

Las piezas del tooling se empezaron a controlar a partir del mes de abril, ya para mayo el sistema informático para la trazabilidad de tooling se empezó a utilizar, el impacto fue positivo ya que se ve que las órdenes de compra en el centro de trabajo elegido han disminuido a partir de la iniciación del proyecto, con respecto a los otros meses. Lo que deja ver que el proceso de control del tooling si se beneficia al tener un sistema establecido que promueva la centralización.

Para efectos de la investigación se van a analizar dos panoramas para determinar los posibles ahorros que la empresa tenga con la implementación del proyecto:

- En el área de implementación del proyecto (micro).
- Según las compras de tooling anuales.

En el caso de que se utilice a un recurso que ya se tiene, tal y como se hicieron las pruebas piloto se deben de contemplar las horas de capacitación y entrenamiento, materiales, así como el diseño de la plataforma en Power BI.

En el caso del área seleccionada, se tiene lo siguiente:

Criterio de costo	Valor
Materiales (bins)	\$ 1 500,00
Salarios de los tres colaboradores (por año)	\$ 185,71
Diseño de plataforma en Power BI	\$ 73,21
Total	\$ 1 758,92
Pérdidas de tooling reportadas a noviembre del 2019 en el área de Micro	\$ 15 216,00
Ahorro	\$ 13 457,08

Tabla 7. Potenciales ahorros al utilizar el personal actual para el desarrollo de la propuesta en el área de micro, conectores, Samtec Costa Rica

Fuente: Elaboración propia

Si se desean números anuales, es decir con la incorporación de personas, materiales, pérdidas totales de todos los departamentos y diseños de plataformas se tiene lo siguiente:

Partiendo de que el 50% de las compras de tooling se realizan por pérdidas y daños se puede decir que para el 2019 se gastó un monto de \$127 175, 675.

Por lo tanto, se puede analizar lo siguiente:

Criterio de costo	Valor
Materiales (bins)	\$ 1 500,00
Salarios de los tres colaboradores (por año)	\$ 24 235,00
Diseño de plataforma en Power BI	\$ 73,21
<b>Total</b>	<b>\$ 25 808,21</b>
Compras por perdidas y daños de tooling	\$ 127 175,68
<b>Ahorro</b>	<b>\$ 101 367,47</b>

Tabla 8. Potenciales ahorros al contratar personal para el desarrollo de la propuesta considerando un 50% de compras anuales de tooling, conectores, Samtec Costa Rica

Fuente: elaboración propia

### 5.3.1 Retorno de la inversión

Para este apartado se van a analizar nuevamente los tres escenarios de ahorros propuestos, con el fin de determinar en cuanto tiempo se recuperará la inversión de la propuesta.

Para el caso de la primera opción expuesta se tiene que:

Criterio de costo	Valor
Costo de la propuesta (Área de micro)	\$ 1 758,92
<b>Ahorro anual</b>	<b>\$ 13 457,00</b>
<b>Tiempo de recuperación en años</b>	<b>0,13</b>

Tabla 9. Cálculo del retorno de la inversión en caso de que se implemente la propuesta con el personal actual en el área de micro, conectores, Samtec Costa Rica

Fuente: Elaboración propia.

Se puede ver que, en el caso de aplicar esta sugerencia de mejora, el tiempo de que se demora la compañía en recuperar la inversión es de 0,13 años.

Posteriormente, tomando los datos de compras anuales donde el 50% corresponde a pérdidas y daños y la otra parte por capacidad de producción, el análisis es el siguiente:

Criterio de costo	Valor
Costo de la propuesta	\$ 25 808,21
Ahorro anual	\$ 101 367,47
Tiempo de recuperación en años	0,25

*Tabla 10.* Cálculo del retorno de la inversión en caso de que se implemente la propuesta contratando personal y tomando en cuenta las compras generales de tooling durante el año, Samtec Costa Rica

Fuente: Elaboración propia

Para este caso, se ve lo que pasa en la realidad, donde las compras de tooling son frecuentes en la compañía, si se analiza con estas métricas se puede notar que el periodo que demora la empresa en recuperar la inversión de la propuesta planteada es de 3 meses.

# **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

Como parte final de las investigaciones es brindar las conclusiones que se obtuvieron con los datos obtenidos en las distintas etapas de estas. Para el caso de esta investigación se tomarán de acuerdo con los objetivos mostrados al inicio.

- Para el caso del objetivo principal, se pudo diseñar un sistema de gestión de inventarios donde se puede ver la trazabilidad, cantidad y ubicación del tooling a través de plataformas empresariales, promoviendo la centralización y una manera distinta de organizar las herramientas con respecto a lo que se tenía al inicio, acompañado de un sistema adicional para que sea un método integral en que se beneficien todas las partes involucradas con el tooling, al generar el diseño de un sistema de inventarios se reducen las pérdidas de tooling otorgando a la compañía en el área de la prueba piloto un ahorro de \$ 13 457.
- A través de herramientas ingenieriles como el análisis multivoto, se establecen que las causas de mayor impacto fueron: problemas de layout, no hay un sistema de inventario para el tooling, no se reportan daños por negligencia, falta de estandarización del etiquetado, no existen KPIS que den información sobre el tooling y falta de stock adecuado.
- Por medio de registros de compras e inventarios se reporta que el impacto económico por pérdidas de tooling con los registros actualizados a noviembre del 2019 es de \$ 34 035,58 lo que representa un costo oculto para la empresa, ya que se las pérdidas no se tienen contempladas en un proceso idóneo de producción.

- Por medio de reuniones con el personal adecuado se determina que el área con más problemas en cuanto a pérdidas de tooling es el denominado micro (80025) con un monto por concepto de estas de \$15 216 lo que representa un 44,70% del total de las perdidas en el área de conectores en el último año.
- Mediante análisis y revisiones se descubre que la pieza que presenta más perdidas en los últimos tres años es la llamada “end cap” con un monto de \$17 200, representando un 50,53% del monto total de registro por perdidas.
- Al tener un sistema centralizado de entrega y registros de tooling se logra observar que las órdenes de compra en el área seleccionada para la prueba piloto disminuyeron a partir del desarrollo de la prueba, ya que con esto se tiene un control más efectivo y real de lo existente.
- Con un sistema de inventarios no solo se beneficia la parte económica en razón de evitar la pérdida del tooling, si no que al habilitar plataformas de consulta se ven favorecidas ramas como la planeación de la producción, ya que al saber con qué se cuenta al momento, se realiza un planeamiento real para producir y no afectar a la compañía con compras de tooling al doble del precio por periodos de entrega más cortos.

## 6.2 Recomendaciones

Para el caso de las recomendaciones se van a abordar tal y como se hizo en la sección de las propuestas, visualizando las causas planteadas como un conjunto, para esto se tiene lo siguiente:

- Problemas de layout: como técnica para evitar la descentralización y promover que se respeten las ubicaciones de cada pieza de tooling es la creación de estantes adecuados, con tamaños establecidos abarcando el concepto de Poka Yoke para que los colaboradores no tengan la posibilidad de poner las herramientas donde no se debe, además de proporcionar ayudas visuales por medio de rotulaciones llamativas para que ellos puedan encontrar el lugar indicado de almacenamiento. Como otro punto es evaluar los productos y colocar las máquinas de manera que los recorridos a los estantes no sean largos para evitar el desorden del tooling.
- Estandarización de las etiquetas: para esta sección se recomienda crear un machote adecuado del diseño de las etiquetas en el cual se dé al colaborador la información necesaria para la identificación sencilla de las piezas del tooling, por otra parte se recomienda hacer la compra de otro equipo etiquetador Brother, ya que se cuentan con pocos ejemplares y si se quiere que el proceso sea duradero, es mejor tener recursos adecuados para garantizar la fluidez en el proceso y evitar la pérdida de trazabilidad por falta del etiquetado, ya que por medio de la rotulación se puede utilizar el sistema de rastreo del tooling por medio de los códigos QR.

- Sistema de inventarios y método de almacenamiento de datos: una estrategia de recomendación para que el almacenamiento de datos sea el debido es estandarizar el proceso de entrada del tooling, es decir, que cuando las piezas llegan a la compañía pasen al departamento de compras para que los colaboradores les creen un parcel, así los datos quedan almacenados en el sistema y a través de este código se realiza la trazabilidad en el sistema. Por otro lado, se recomienda que el acceso al sistema de inventarios sea restringido para evitar la variabilidad y atacar de cierta manera la negligencia. De igual forma, una vez que se ha dado la capacitación necesaria, evaluar a los encargados de realizar los movimientos del tooling por un periodo de dos meses mientras se da la curva de aprendizaje para no afectar los intereses de la compañía.
  
- KPI'S y falta de stock adecuado: para esta sección se recomienda realizar sesiones de reuniones mensuales para visualizar las métricas que ofrece el sistema de inventarios, ver si es necesario someterlo a actualizaciones y tomar decisiones acerca del stock adecuado. Para lo mencionado anteriormente se sugiere crear una serie de documentación en el que se establezcan la cantidad de stock que se deben tener por pieza para facilitar el desempeño de las plataformas de consulta, si se ve una cantidad menor a la establecida, que se proceda a realizar la compra para mantener el balance de las piezas y no incurrir en gastos innecesarios que se conviertan en ocultos.

- Se recomienda realizar un análisis ABC con respecto a las piezas de mayor compra en la compañía, con el fin de tener puntos de reorden actualizados y técnicas para realizar pronósticos reales.

# **BIBLIOGRAFÍA**

*Administración de inventarios—GestioPolis.* (s. f.). Recuperado 20 de marzo de 2020, de <https://www.gestiopolis.com/administracion-inventarios/>

Arbós, L. C. (2012). *Procesos en flujo Pull y gestión Lean. Sistema Kanban: Organización de la producción y dirección de operaciones.* Ediciones Díaz de Santos.

Belohlavek, P. (2006). *OEE: Overall Equipment Effectiveness* (1.<sup>a</sup> ed.). Blue Eagle Group. [https://books.google.co.cr/books?id=gmvnzlLjGYC&pg=PA25&dq=manufactura+lean&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj984f47XoAhXvmeAKHS\\_PCxQQ6AEILTAB#v=onepage&q=manufactura%20lean&f=false](https://books.google.co.cr/books?id=gmvnzlLjGYC&pg=PA25&dq=manufactura+lean&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj984f47XoAhXvmeAKHS_PCxQQ6AEILTAB#v=onepage&q=manufactura%20lean&f=false)

Calva, R. C. C. (2014). *TPS Americanizado: Manual de Manufactura Esbelta.* Rafael Carlos Cabrera Calva.

Contreras Juárez, A., Atzirry Zuñiga, C., Martínez Flores, J. L., & Sánchez Partida, D. (2016). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. *Estudios Gerenciales*, 32(141), 387-396. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.11.002>

Corcoba, M. P. (2009). *Seis Sigma en la práctica: Guía para la aplicación en proyectos.* AEC.

*DM.pdf.* (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2020, de [http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/administracion\\_empresas/contabilidad\\_general/unidad\\_4/DM.pdf](http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/administracion_empresas/contabilidad_general/unidad_4/DM.pdf)

*Durán, Yosmary.* (s. f.).

Fernando Gastón. (11:04:46 UTC). *Los 5 porqués* [Leadership & Management].  
<https://www.slideshare.net/ditman2/los-5-porques-58751803>

Fonnegra, G. P. M. (2018). *Planificación de operaciones de manufactura y servicios*.  
Intituto Tecnológico Metropolitano.

Gallardo, A. A. N. (s. f.). *PROPUESTA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE SOCIEDAD REPUESTOS ESPAÑA LIMITADA*. 150.

Handl, K. (s. f.). *Aplicación práctica del Diagrama de Gantt en la Administración de un Proyecto*. 16.

Harvard Business School. (2009). *Entendiendo las finanzas*. Impact Media Comercial.

Horngren, C. T., Sundem, G. L., & Elliott, J. A. (2000). *Introducción a la contabilidad financiera*. Pearson Educación.

@juvasoft. (s. f.). *¿Problemas con inventario agotado? Walmart, Nike y Best Buy también los tenían. Aprende como solucionarlos. ¿Problemas con inventario agotado? Walmart, Nike y Best Buy también los tenían. Aprende como solucionarlos.* Recuperado 27 de marzo de 2020, de <https://timbrat.com.com/blog/2019/07/28/caso-de-estudio-walmart-bestbuy-nike>

Krajewski, L. J., & Ritzman, L. P. (2000). *Administración de operaciones: Estrategia y análisis ; incluye CD*. Pearson Educación.

Las 5S de la Filosofía Japonesa Lean | Mantenimiento Integral. (2018, diciembre 26). *IPSUM*. <https://www.ipsumapp.co/las-5-s-de-la-filosofia-lean/>

Moreno, J. P. D. (2018). *El primer libro: Guía para implementar un Sistema de Gestión de Calidad*. Gandhi Publica.

Negron, D. M. (2009). *Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios*. Cengage Learning Editores.

Peña, D. N. (2007). *Cómo gestionar el binomio rentabilidad-productividad: Función económico-financiera, la gestión de procesos, la gestión de la calidad y el cuadro de mando integral*. Especial Directivos.

RAMÍREZ, A. B. A. (2018). *Organización de eventos empresariales*. Ediciones Paraninfo, S.A.

Ramón, A. E., & López, C. S. (2016). *Comunicación integrada de marketing*. ESIC Editorial.

Sandoval, I. A. R. (s. f.). *CUADERNILLO DE EJERCICIOS DE DIAGRAMA DE RECORRIDO y BLOQUES*. 47.

Ugalde, J. (1979). *Programacion de Operaciones*. EUNED.

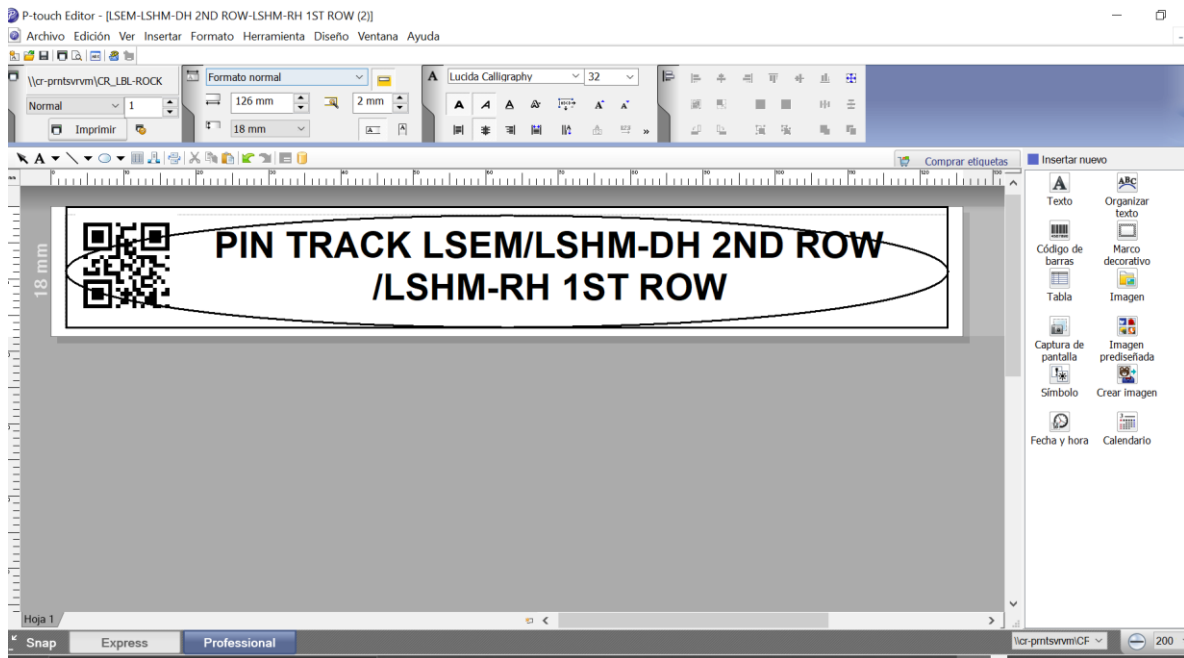
Vaughn, R. C. (1990). *Introducción a la ingeniería industrial*. Reverte.

# APÉNDICES

Apéndice 1. Diseño de los estantes de almacenamiento del tooling



## Apéndice 2. Pantalla principal del programa P-Touch Editor para la realización de etiquetas y códigos QR



## Apéndice 3. Diseño de etiquetado del tooling



Apéndice 4. Ejemplo del número de serie del tooling

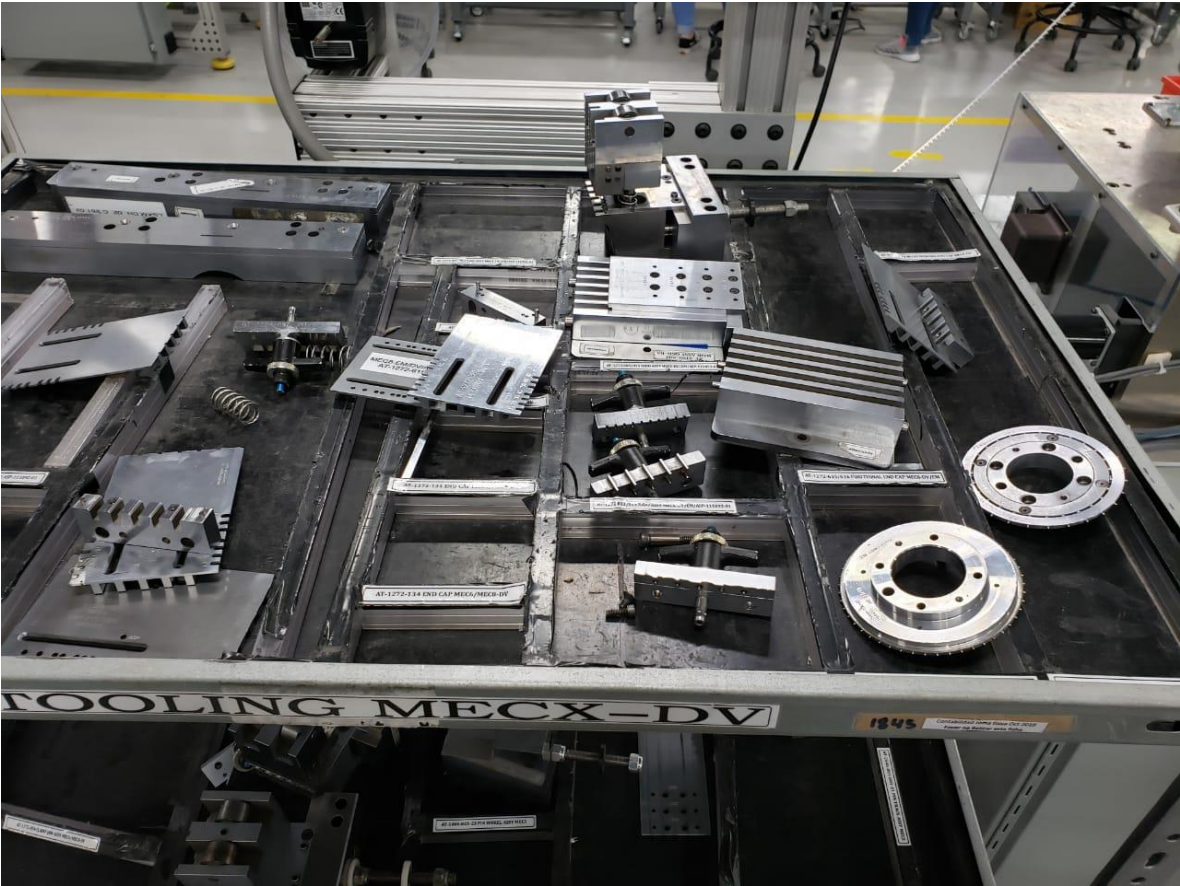


Apéndice 5. Diseño de estación de trabajo para la propuesta del sistema de inventarios



# **ANEXOS**

Anexo 1. Problemas ocasionados por el irrespeto del layout



Anexo 2. Falta de estandarización del etiquetado



Anexo 3. Combinación de tooling en buenas condiciones con dañado



#### Anexo 4. Diseño de la rotulación de los bins para el almacenamiento del tooling



#### Anexo 5. impresora de etiquetas Brother



Fuente: abctic.com

## Anexo 6. Formato de escritura de los parcels para códigos QR

Propiedades de Código de barras



Entrada | Protocolo | Configuración | Posición | Expandido

Protocolo: QR Code Numeración

Número de caracteres: Automático Código de control...

Datos: Código de control:

~~p|24992177~~|