

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN DEL PROCESO ACTUAL DE ENSAMBLE DE  
LOS INTEGRADOS EN LA LÍNEA RXH DE DYNAMICS COSTA  
RICA, CON LA APLICACIÓN DE DMAIC Y MÉTODOS DE  
TRABAJO, QUE DISMINUYA EL PORCENTAJE DE SCRAP**

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

**ESTUDIANTE: ESTEBAN ALONSO CHAVARRÍA PORRAS**

**TUTOR: ING. ROXANA JIMENEZ CHICAS**

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA  
JULIO, 2025**

# CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA .....	I
CÉDULA DE IDENTIDAD .....	II
SOLICITUD DE DEFENSA .....	III
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR.....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR .....	V
CERTIFICADO DEL FILÓLOGO .....	VI
CARTA DE ENTENDIMIENTO .....	VII
CONTENIDO .....	VIII
TABLAS .....	XII
FIGURAS.....	XIII
DEDICATORIA.....	XV
AGRADECIMIENTOS .....	XVI
EPÍGRAFE .....	XVIII
RESUMEN.....	XIX
<b>CAPÍTULO I. PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 ANTECEDENTES.....	4
1.4.1 <i>Antecedentes nacionales</i> .....	4
1.4.2 <i>Antecedentes internacionales</i> .....	7
1.5 PROYECCIONES.....	10
1.5.1 <i>Alcances</i> .....	10
1.5.2 <i>Limitaciones</i> .....	10
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES .....	13
2.1.1 <i>DMAIC</i> .....	13

2.1.2 Lean Manufacturing.....	14
2.1.3 Project charter .....	15
2.1.4 Análisis FODA .....	16
2.1.5 Matriz de estrategias FODA .....	17
2.1.6 Árbol de CTQ.....	17
2.1.7 Diagrama SIPOC.....	18
2.1.8 Diagrama de recorrido.....	19
2.1.9 Diagrama de flujo .....	20
2.1.10 Colección de datos .....	21
2.1.11 Gráfico de barras.....	22
2.1.12 Gráfico de pastel .....	23
2.1.13 Gráfico de control .....	24
2.1.14 Lluvia de ideas.....	25
2.1.15 Diagrama de Ishikawa .....	26
2.1.16 Multivoto .....	27
2.1.17 Diagrama de Pareto .....	28
2.1.18 Gemba Walk.....	29
2.1.19 Diagrama de Gantt .....	30
2.1.20 Metodología 5S .....	31
2.1.21 Retorno de la inversión (ROI).....	33
<b>2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>33</b>
2.2.1 Visión / Misión .....	33
2.2.2 Antecedentes históricos .....	34
2.2.3 Ubicación geográfica .....	35
2.2.4 Estructura organizacional.....	36
2.2.5 Cantidad de empleados.....	37
2.2.6 Tipos de productos .....	38
2.2.7 Mercado de exportación.....	38
2.2.8 Descripción general del proceso productivo .....	39
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>42</b>
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....	43
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	44
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	50
3.3.1 Sujetos de información.....	51
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS .....	52
3.5 INSTRUMENTOS .....	54
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	55

<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
4.1 DEFINIR .....	58
4.1.1 <i>Análisis FODA</i> .....	59
4.1.2 <i>Matriz de estrategias FODA</i> .....	63
4.1.3 <i>Árbol de CTQ</i> .....	67
4.1.4 <i>Diagrama SIPOC</i> .....	70
4.1.5 <i>Diagrama de recorrido</i> .....	75
4.1.6 <i>Diagrama de flujo</i> .....	77
4.2 MEDIR .....	80
4.2.1 <i>Costos de producción</i> .....	81
4.2.2 <i>Precios de venta por unidad</i> .....	82
4.2.3 <i>Utilidades por unidad</i> .....	83
4.2.4 <i>Porcentaje de conformidad de los integrados</i> .....	84
4.2.5 <i>Defectos en los integrados</i> .....	85
4.2.6 <i>Porcentaje de defectos de los integrados</i> .....	86
4.2.8 <i>Gráfico de control P</i> .....	92
4.3 ANALIZAR .....	93
4.3.1 <i>Lluvia de ideas</i> .....	94
4.3.2 <i>Diagrama de Ishikawa</i> .....	94
4.3.3 <i>Multivoto</i> .....	98
4.3.4 <i>Diagrama de Pareto</i> .....	99
<b>CAPÍTULO V. PROPUESTA .....</b>	<b>103</b>
5.1 MEJORAR .....	104
5.1.1 <i>Fabricación de fixture para ajuste de ancho de los conveyors en equipo TBG</i> .....	104
5.1.2 <i>Uso de Cobertores de Hule para Proteger los Pedestales</i> .....	110
5.1.3 <i>Asignación de productos exclusivos por línea de producción</i> .....	114
5.1.4 <i>Entrenamientos para Mejorar el Mantenimiento Preventivo y Correctivo en las Líneas de Producción</i> .....	119
5.1.5 <i>Entrenamientos Técnicos para Nivelar el Conocimiento en los Equipos de la Línea RXH</i> .....	123
5.1.6 <i>Actualización y Mejora de los Manuales de Mantenimiento de los Equipos de la Línea RXH</i> .....	128
5.2 CONTROLAR .....	132
5.2.1 <i>Implementación de la metodología 5S</i> .....	133
5.2.2 <i>Gemba Walk</i> .....	137
5.2.3 <i>Reuniones Kaizen</i> .....	137
5.2.4 <i>Diagrama de Gantt</i> .....	138
5.2.5 <i>Retorno de la inversión del proyecto (ROI)</i> .....	140

<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>142</b>
CONCLUSIONES .....	143
RECOMENDACIONES .....	145
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>150</b>
<b>APÉNDICES Y ANEXOS .....</b>	<b>161</b>
APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	162
APÉNDICE 2: PROJECT CHARTER.....	166
APÉNDICE 3: JLP CART .....	167
APÉNDICE 4: LID.....	167
APÉNDICE 4: DIE .....	168
APÉNDICE 5: TRAY 4UP.....	168
APÉNDICE 5: TRAY 6UP.....	169
APÉNDICE 5: ETRAVELER .....	169
APÉNDICE 6: PREFORM.....	170
APÉNDICE 7: CONVEYORS DEL EQUIPO FRONT / REAR.....	170
APÉNDICE 8: STATION CONTROLLER .....	171
ANEXO 1: COTIZACIÓN DEL FIXTURE DE ALINEAMIENTO.....	172
ANEXO 2: PLANOS DEL FIXTURE .....	173
ANEXO 3: VALOR DEL COBERTOR DE HULE EN EL SISTEMA DE REPUESTOS DE LA EMPRESA.....	173
ANEXO 4: CHECK LIST DE OBSERVACIÓN – GEMBA WALK. ....	174
ANEXO 5: CHECK LIST DE OBSERVACIÓN – GEMBA WALK. ....	175
ANEXO 6: CHECK LIST DE OBSERVACIÓN – GEMBA WALK. ....	176
ANEXO 7: PLAN DE ACCIÓN POST – GEMBA WALK.....	177

## TABLAS

Tabla 3.2: Variables de Análisis .....	53
Tabla 4.1: Project charter .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 4.2: Datos recopilados en los Gemba Walk.....	81
Tabla 4.4: Tabla multivoto de posibles causas .....	99
Tabla 4.5: Tabla de porcentaje de frecuencia y acumulado .....	100
Tabla 5.2: Costos de implementación .....	140
Tabla 5.3: Costos de la capacitación.....	140

# FIGURAS

Figura 2.1: DMAIC .....	14
Figura 2.2: Ejemplo de un análisis FODA .....	16
Figura 2.3: Ejemplo de un árbol de CTQ.....	18
Figura 2.4: Ejemplo de un diagrama SIPOC .....	19
Figura 2.5: Ejemplo de un diagrama de recorrido .....	20
Figura 2.6: Ejemplo de un diagrama de flujo.....	21
Figura 2.7: Ejemplo de un gráfico de barras .....	23
Figura 2.8: Ejemplo de un gráfico de pastel.....	24
Figura 2.9: Ejemplo de un gráfico de control.....	25
Figura 2.10: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa .....	27
Figura 2.11: Ejemplo de un multivoto.....	28
Figura 2.12: Ejemplo de un diagrama de Pareto.....	29
Figura 2.13: Ejemplo de un Gemba Walk .....	30
Figura 2.14: Ejemplo de un diagrama de Gantt .....	31
Figura 2.15: Ejemplo de la metodología 5S .....	33
Figura 2.16: Mapa satelital de Dynamics .....	36
Figura 2.17: Organigrama de Dynamics. ....	37
Tabla 2.1: Cantidad de empleados del área RXH.....	38
Figura 2.17: Diagrama de flujo de Dynamics .....	39
Figura 3.1: Metodología del proyecto.....	44
Tabla 3.1: Project charter.....	51
Figura 3.2: Diagrama de flujo para la recolección de datos .....	56
Figura 4.1: FODA de Dynamics. ....	60
Figura 4.2: Matriz de estrategias FODA de la empresa Dynamics.....	64
Figura 4.3: Árbol de CTQ para los requerimientos del cliente.....	68
Figura 4.4: SIPOC del proceso de fabricación de integrados .....	71
Figura 4.5: Diagrama de recorrido de Dynamics.....	75
Figura 4.6: Diagrama de flujo de los integrados.....	78
Figura 4.7: Costos de producción de Dynamics en la línea RXH.....	82
Figura 4.8: Precios de venta por unidad en Dynamics.....	83
Figura 4.9: Utilidad por unidad en Dynamics. ....	84
Figura 4.10: Defectos encontrados en la producción de integrados .....	85
Figura 4.11: Defectos encontrados en la producción de los integrados.....	86
Figura 4.12: Porcentaje de defectos de los Integrado.....	87
Figura 4.13: Trays en equipo TGB.....	88
Figura 4.14: Revisión de las unidades en el equipo OIS.....	89
Figura 4.15: Revisión de las unidades en color amarillo .....	90
Figura 4.16: Revisión de las unidades en color azul .....	91
Figura 4.17: Revisión de las unidades en color negro .....	92

Figura 4.18: Gráfico de control P de los defectos de los integrados .....	93
Figura 4.19: Lluvia de ideas de las posibles causas que provocan los defectos de los integrados .....	94
Figura 4.20: Diagrama de Ishikawa de las causas que provocan los defectos de los integrados .....	95
Figura 4.18: Diagrama de Pareto de las causas de los defectos de los integrados. ....	101
Figura 5.1: Fixture de alineamiento de los conveyors .....	105
Figura 5.2: Cobertores de hule .....	111
Figura 5.2: Pedestales destinados para cada línea .....	116
Figura 5.8: Diagrama de Gantt del plan de capacitación .....	139

## DEDICATORIA

A Dios, fuente inagotable de fortaleza y sabiduría, quien ha guiado cada uno de mis pasos y me ha dado la determinación para superar cada obstáculo. Sin Su presencia en mi vida, este camino no habría sido posible.

A mi familia, mi mayor tesoro. A mi esposa Daniela, quien con su amor, paciencia y apoyo incondicional ha sido mi roca en los momentos más desafiantes. A mis hijas Valery y Valentina, mis más grandes motivaciones, quienes con su ternura y alegría me recordaron cada día por qué vale la pena esforzarse. Gracias por ser mi impulso, por creer en mí y por recordarme que, con sacrificio y dedicación, los sueños pueden alcanzarse.

A mi madre, ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y perseverancia. Gracias por darme la vida, por inculcarme valores que han forjado mi carácter y por estar siempre a mi lado, animándome a seguir adelante. A mi hermana, por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento y por ser una fuente constante de motivación en este camino.

Finalmente, a mí mismo, por cada esfuerzo, por cada renuncia y por cada caída que me enseñó a levantarme más fuerte. Por haber creído en mi capacidad, por no rendirme y por demostrarme que la disciplina, la pasión y la constancia siempre traen recompensa.

Esta tesis no es solo un logro académico, sino el reflejo de años de sacrificio, aprendizaje y crecimiento personal. Es la prueba de que los sueños, con esfuerzo y dedicación, pueden volverse realidad.

Con gratitud y emoción,  
Esteban Alonso Chavarría Porras

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para enfrentar cada desafío. Su guía ha sido mi mayor refugio y mi luz en los momentos más difíciles de este camino.

Con gran emoción y gratitud, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de esta tesis y al cumplimiento de esta importante etapa en mi vida.

A mi esposa, Daniela, por su amor incondicional, por su paciencia infinita y por ser mi apoyo constante en cada etapa de este proceso. Gracias por tu comprensión, por cada palabra de aliento y por estar siempre a mi lado, recordándome que todo esfuerzo tiene su recompensa.

A mis hijas, Valery y Valentina, quienes con su ternura y alegría han sido mi mayor inspiración. Por cada sonrisa que me motivó a seguir adelante y por recordarme que los sueños se construyen con esfuerzo y dedicación.

A mi madre y mi hermana quienes, con su ejemplo de lucha, responsabilidad y amor incondicional, me ha enseñado a nunca rendirme. Gracias por ser mi pilar, por su apoyo en cada momento y por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba.

A mis profesores y mentores, quienes con su conocimiento, dedicación y paciencia me guiaron en este proceso de aprendizaje. Gracias por cada enseñanza, por cada consejo y por motivarme a ser un mejor profesional y una mejor persona.

A un gran amigo, compañero de desvelos, de risas y de momentos de estrés. Tu presencia en este proceso fue invaluable, brindándome apoyo en los momentos en que parecía más difícil continuar. Gracias por ser ese impulso extra cuando más lo necesitaba.

A la empresa Dynamics, por brindarme la oportunidad de desarrollar este estudio, por su confianza y por facilitarme los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Finalmente, a mí mismo, por no rendirme, por cada esfuerzo, por cada sacrificio y por cada desafío superado. Este logro es el resultado de años de trabajo, disciplina y constancia, y representa el inicio de una nueva etapa llena de nuevas oportunidades y desafíos.

Con gratitud infinita,

Esteban Alonso Chavarría Porras

# EPÍGRAFE

*Si lo puedes soñar, lo puedes lograr.*

Walt Disney

## RESUMEN

El presente proyecto investigativo se llevó a cabo en la empresa Dynamics., ubicada en San Antonio de Belén, la cual inicia sus operaciones en la década de los años 90, basando su actividad en la fabricación de productos electrónicos de alta tecnología. El estudio se desarrolló en el proceso de fabricación de los integrados en la línea RXH, debido al aumento de scrap que ha venido presentando la línea, estos productos son de alto costo, por tanto, aumenta las pérdidas.

Se hizo uso de la metodología DMAIC para identificar las causas raíz del problema; de esta forma, mediante la implementación de diversas técnicas y herramientas se comprendió la situación actual de la empresa, estableciendo así una estrategia por seguir. Como resultado, se determinó que las no conformidades alcanzan el 6.09 % de la producción, lo cual provoca que la empresa experimente pérdidas estimadas en \$ 4 870 200 por el periodo estudiado. Por este motivo, se realizó un análisis exhaustivo de las causas críticas, utilizando los diagramas de Pareto e Ishikawa, con el fin de establecer una base sólida para poder confeccionar las acciones por tomar.

Se creó un plan de propuestas de posibles soluciones con el propósito de abordar las causas críticas que afectan el proceso, las cuales implican una inversión de \$17 933.60, pero según el ROI esta se recuperará en un tiempo aproximado de 0.15 es decir 4.4 días (5 días), generando que el costo por las no conformidades disminuya y se obtenga un ahorro de \$ 1 461 600 con respecto al periodo de estudio. En consecuencia, se cumplió con el objetivo del estudio de mejorar el proceso de fabricación de los integrados, lograr así reducir el scrap.

Palabras clave: DMAIC, no conforme, calidad del proceso, reproceso, capacitación.

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la línea de producción de integrados, RXH de Dynamics Costa Rica, el proceso de ensamblaje enfrenta un desafío significativo relacionado con el porcentaje de scrap generado. El scrap no solo incrementa los costos operativos al desperdiciar materiales, sino también afecta la eficiencia general del proceso y la productividad de la línea. A pesar de la implementación de diversas técnicas de manufactura, el porcentaje de scrap sigue siendo una preocupación crítica, lo cual impacta negativamente en los objetivos de la compañía de mejorar la calidad del producto y reducir el desperdicio. Actualmente, el proceso de ensamblaje no está optimizado, por tanto, presenta variaciones que influyen en la calidad final de los productos y generan reprocesos.

Estas ineficiencias se traducen en tiempos de ciclos más largos, mayores costos y una utilización inadecuada de los recursos. En un entorno de alta competencia y de estrictos estándares de calidad, la mejora continua del proceso es fundamental para mantener la competitividad y la satisfacción del cliente. Con la finalidad de abordar este problema, se propone la utilización de la metodología DMAIC combinada con Métodos de trabajo. Estas herramientas permitirán identificar las causas raíz del porcentaje de scrap y desarrollar soluciones efectivas que no solo mejoren la eficiencia del ensamblaje, sino que también reduzcan significativamente los defectos y desperdicios.

Este análisis se enfoca en optimizar cada etapa del proceso para lograr un ensamble más preciso, estandarizado y eficiente, cumpliendo con las expectativas de calidad de Dynamics. Es imperativo que se realice una evaluación exhaustiva del proceso actual para proponer mejoras sustanciales que alineen el desempeño de la línea de ensamblaje con los objetivos estratégicos de la empresa.

La correcta implementación de estas mejoras permitirá disminuir el porcentaje de scrap, optimizar el uso de los recursos y garantizar un producto de alta calidad, con el consiguiente impacto positivo en la rentabilidad y sostenibilidad de la operación.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar el proceso actual de ensamble de los integrados en la línea RXH de Dynamics Costa Rica, con el propósito de identificar oportunidades de mejora que contribuyan a reducir el porcentaje de scrap y mejorar la eficiencia del proceso, en respuesta al impacto económico que generan los defectos en la producción.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar el impacto de los defectos o no conformidades en el ensamble de los integrados en la línea de RXH de Dynamics Costa Rica, con el fin de dimensionar su efecto en la eficiencia operativa y en la generación de scrap.
- Identificar las causas raíz de los defectos más recurrentes en el ensamble de los integrados, con base en los datos recopilados en la línea de RXH para establecer una base sólida que permita plantear soluciones efectivas.
- Diseñar propuestas de mejora y mecanismos de control visuales e integrados, que consoliden indicadores clave del proceso, orientadas a garantizar la conformidad de los integrados y reducir el porcentaje de scrap en la línea RXH.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Dynamics Costa Rica es una planta de producción clave en la cadena global de suministro de Dynamics, con una línea de ensamblaje dedicada a la producción de integrados. El proceso de ensamble de integrados es complejo y cualquier ineficiencia puede resultar en un aumento del scrap, lo que se refleja una gran pérdida económica.

El presente proyecto tiene como objetivo reducir significativamente el nivel de scrap en el área de ensamblaje de integrados de la línea RXH de Dynamics Costa Rica. Se realiza un estudio inicial para medir la factibilidad del proyecto podemos ver lo siguiente:

Durante el mes de julio, se procesaron un total de 1,382,197 unidades, de las cuales 164 fueron rechazadas, resultando en un nivel de scrap del 0.999%.

Este nivel de scrap tuvo un impacto económico de \$1,312,000 en pérdidas, durante ese mes, tomando en cuenta que el valor promedio de cada unidad ronda los \$8,000.

Es importante destacar que, en el punto específico del estudio, en el área de RXH, no existe la posibilidad de reprocesar las unidades rechazadas, lo que agrava el problema tanto en términos de costos como de retrasos en las entregas a los clientes. La presente investigación se abordará mediante la aplicación de la metodología DMAIC, por tanto, integra herramientas de métodos de trabajo con el objetivo de reducir el nivel de scrap a un 0.5%. Esta reducción no solo agilizará la línea de producción, sino que también disminuirá los costos indirectos asociados con los retrasos e investigaciones, mejorando así la puntualidad y calidad de las entregas a los clientes.

## **1.4 ANTECEDENTES**

### **1.4.1 Antecedentes nacionales**

**Un primer trabajo se titula:** Aseguramiento de calidad en el proceso de extrusión, para reducir la variabilidad de las dimensiones del producto del Departamento de Extrusiones, mediante la metodología DMAIC en la empresa TE Medical, realizado por Quant (2022), para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Mejora Continua en la Universidad Latina de Costa Rica.

Este se llevó a cabo en una empresa de dispositivos médicos, donde se identificó la necesidad de mejorar el proceso productivo del Departamento de Extrusiones para reducir los desperdicios generados por las no conformidades dimensionales de los tubos extruidos. Para esto, se utilizó la metodología DMAIC y diferentes herramientas de ingeniería y estadística.

La problemática en Dynamics se centra en los defectos en los integrados, guarda similitudes con el antecedente mencionado en TE Medical. Ambas situaciones involucran la necesidad de mejorar el proceso productivo para reducir las no conformidades y los desperdicios generados.

Al igual que en TE Medical, para Dynamics. es esencial aplicar la metodología DMAIC y emplear herramientas de ingeniería y estadísticas para abordar la problemática, lo cual permite identificar las causas de los defectos en los integrados, establecer medidas de control y mejora, y garantizar la calidad del producto final. Aprendiendo de

las lecciones y experiencias previas en TE Medical, Dynamics. puede mejorar al aplicar un enfoque sistemático y basado en datos para resolver su problema de calidad. La implementación de estas prácticas posibilita a Dynamics optimizar su proceso de fabricación, reducir los defectos en los integrados y lograr la satisfacción de sus clientes.

**Un segundo trabajo se denomina:** Mejora del proceso de producción de cables de aluminio enfocado en la disminución de “scrap” en la compañía General Cable Conducen de Orozco, Rodríguez y Zamora (2019), elaborado para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad de Costa Rica.

El estudio demuestra que en la industria manufacturera existen numerosos casos en los que las empresas enfrentan problemas relacionados con la calidad y la generación de desperdicios en sus procesos de producción. Un antecedente relevante similar en este sentido es el caso de General Cable Conducen, una empresa líder en la producción de conductores de cobre que se enfrentó a desafíos a los de Dynamics.

En cuanto a General Cable Conducen, la empresa incorporó en sus líneas de producción los cables de aluminio, lo cual provocó un aumento en la generación de scrap (residuos) que superaba la meta establecida por la empresa. Esta situación afectó tanto la rentabilidad como la competitividad de la empresa, al implicar costos adicionales y una menor eficiencia en el proceso de producción.

Al igual que en Dynamics, el problema se centra en la necesidad de mejorar el sistema de calidad y reducir los desperdicios en el proceso de producción. Ambas empresas se enfrentan al desafío de identificar las causas de los defectos y desperdicios, así como implementar medidas y estrategias para lograrlo.

Este antecedente es relevante para Dynamics, al mostrar que otras empresas en la industria manufacturera han enfrentado y superado desafíos similares. Mediante el análisis de casos anteriores, como el de General Cable Conducen, Dynamics. puede obtener lecciones y buenas prácticas para abordar su propia problemática. La experiencia de General Cable Conducen demuestra que es posible mejorar los procesos de producción, reducir los desperdicios y mejorar la calidad de los productos.

Al implementar medidas como la identificación de causas de defectos, la estandarización de métodos y el monitoreo de indicadores clave, las empresas pueden

lograr una producción más eficiente y rentable. Estos antecedentes brindan una base sólida para que Dynamics, aborde su problemática y busque soluciones efectivas para mejorar la calidad de su proceso y reducir los defectos en la elaboración de sus integrados.

**Un tercer trabajo se titula:** Actualización de estándares de producción, tiempo de ciclo, personas y factor de eficiencia en las líneas de producción “Pantera” de Viant Costa Rica para el control de producción y mejora de reabastecimiento de material, desarrollado por Rodríguez (2017), para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Logística en la Universidad Latina de Costa Rica.

El estudio se justificó por la falta de actualización en los procesos, lo cual provoca innumerables problemas y paros de producción no planeados. Se determinaron los factores más influyentes en el problema principal, como la falta de la actualización de los estándares de producción, los tiempos de ciclo, las personas, la eficiencia, la falta de estandarización, la falta de indicadores y puestos de control, la mala capacitación a los operarios, así como la falta de priorización. Por lo tanto, la propuesta se enfocó en dar solución a las causas críticas detectadas durante el diagnóstico de la situación actual, todo con base en el rediseño de procesos, esto mediante la metodología DMAIC.

Este antecedente va de la mano con la situación actual en Dynamics, donde la falta de estandarización de un buen sistema de calidad afecta al proceso de producción de los integrados, por lo tanto, el uso de la metodología DMAIC es una gran herramienta para poder llegar a la causa raíz y dar también con una posible solución.

**Un cuarto trabajo se titula:** Diseño de un método estadístico estandarizado para analizar la tendencia de eventos de no-conformidades en la industria de manufactura de dispositivos médicos, desarrollado por Vargas (2017), para optar por el grado de Maestría Profesional en Ingeniería Industrial en la Universidad Latina de Costa Rica.

Esta investigación pretende solucionar la carencia de información consolidada, como guía para las empresas del sector médico, de cara a realizar un análisis de tendencia adecuado, mediante el uso de herramientas correctas de estadística y asegura,

de esta manera, cumplir con el objetivo de las regulaciones y los estándares, que incluye sus expectativas.

La investigación tuvo como propósito central fundamentar el estudio de trabajo, el mapeo de los procesos y el estudio financiero como herramientas esenciales para aumentar la fabricación de tarimas en la empresa; de igual modo, utilizar la toma de tiempos para hacer mejoras en dicho proceso; además, hacer un mejor diseño en las instalaciones, tener como eje el mayor aprovechamiento del espacio en pro de garantizar la movilidad de los trabajadores y la ubicación correcta de los materiales para efectuar la labor.

El estudio expuesto se relaciona con el estudio en Dynamics, debido a la implementación de la metodología DMAIC para el establecimiento de un sistema de calidad. En cuanto a ello, tanto la industria médica como la de electrónicos no están ajenas a estos problemas de calidad en sus productos, por lo tanto, con la aplicación de esta metodología en Dynamics podrá definir claramente el problema de sus integrados, medir la incidencia y los impactos de los defectos, así como analizar la causa raíz y los puntos de quiebre en el proceso, con la finalidad de implementar las mejoras correspondientes para reducir los defectos y establecer los controles y medidas para garantizar la calidad en sus productos.

#### **1.4.2 Antecedentes internacionales**

**Un primer trabajo corresponde:** Al de Sigüeñas y Valverde (2018), llamado: Propuesta de mejora en una empresa de fabricación de productos plásticos por inyección y soplado, elaborado para obtener el título profesional de Ingeniería Industrial en la Universidad Católica del Perú.

El estudio se enfocó en cubrir la demanda insatisfecha y reducir los problemas de seguridad e higiene en el trabajo encontrados. En casos extremos, esta problemática podría producir multas o sanciones por incumplimiento de las normas de seguridad y, en casos menos graves, pero sí muy preocupantes, generar accidentes laborales y afectación en la imagen de la empresa.

Tras realizar un análisis exhaustivo de la situación, se identificaron las causas raíz de los problemas, por medio del uso de la herramienta diagrama de Ishikawa o de causa-

efecto, así como la ponderación de actores, y se establecieron propuestas concretas de mejora. Dichas propuestas, como la implementación de la metodología 5S, la creación de un sistema de seguridad y salud en el trabajo y la redistribución de la planta en conjunto con la automatización industrial, tienen como objetivo abordar las causas identificadas y generar mejoras significativas en la seguridad laboral, la capacidad productiva y la eficiencia.

Por estos motivos, se relaciona con la investigación en curso por las herramientas ingenieriles aplicadas para la solución de dichos problemas de calidad, orden y seguridad que también están afectando a Dynamics.

**Un segundo trabajo es:** La propuesta de un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001:2015, para aumentar la satisfacción de los clientes de una empresa comercializadora de acero, 2016 de Castañeda y Bocanegra (2019), realizado para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Privada del Norte de Perú.

La investigación trató acerca de la elaboración de la estructura documental del sistema de gestión de calidad y guía de implementación bajo los requisitos de la norma ISO 9001:2015, evaluando los factores internos de la empresa para obtener las causas principales o causas raíz de los frecuentes problemas de atención al cliente. Se plantearon algunas mejoras al direccionamiento estratégico, procurando el cumplimiento de los requisitos indicados por la norma y el enfoque puntual.

Se identificó y analizó la documentación; también, se indagó sobre el funcionamiento empresarial, sus procesos y sus colaboradores. De esta manera, se obtuvo la premisa para iniciar la documentación de su sistema de gestión, elaborando los procedimientos, caracterizaciones, manuales y otros documentos necesarios para el óptimo funcionamiento de la empresa.

Este antecedente se vincula con Dynamics. porque se necesita la elaboración de un sistema de calidad, donde se creen documentos, manuales y otros documentos para poder solventar los problemas que tiene con la fabricación de los integrados en estudio

**Un tercer trabajo se titula:** Diseño de un sistema de calidad basado en la norma ISO 9001:2000 para la industria nacional de envases plásticos, hecho por Cortez (2006), para obtener el título profesional de Ingeniero Químico en la Universidad Nacional del Callao en Perú.

Esta investigación se enfocó en servir de guía de una manera general para el diseño e implantación de un sistema de gestión de calidad para la industria nacional de envases plásticos. Por consiguiente, se pretendió que existiera una definición clara de las responsabilidades dentro de la organización y el conocimiento de las causas reales de los problemas, una disminución de costos a causa de rechazos, reproceso, mermas y prevención de los problemas en vez de corregirlos.

Al relacionar el antecedente con la problemática específica de Dynamics., se establece la necesidad de diseñar e implantar un sistema de gestión de calidad. Este sistema permitirá identificar y abordar las no conformidades existentes en la organización, mejorar los procesos de producción de envases de plástico y garantizar la entrega de productos consistentes y de alta calidad a los clientes.

**Un cuarto trabajo se llama:** Mejoramiento de la calidad de los procesos productivos en la empresa M. Verde 100 % natural, utilizando la metodología Lean Manufacturing, desarrollado por Reyes, Dávila y Cuadra (2017), para obtener el título profesional de 8 Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional de Ingeniería en Nicaragua.

En dicho estudio, se trató de implementar un manual de calidad para mejorar la calidad en su proceso productivo, utilizando la metodología Lean Manufacturing la cual comprende muchas herramientas y diferentes enfoques que permiten identificar y eliminar desperdicios, optimizar los flujos de trabajo y, de esta manera, mejorar la calidad en los procesos productivos.

Este antecedente se relaciona directamente con los problemas estudiados en este proyecto, porque la mejora continúa aplicada en dicho trabajo de investigación, también puede aplicarse en la problemática existente en Dynamics, para promover un enfoque de mejora constante en todos los aspectos del proceso mediante la identificación de

oportunidades de mejora, la generación de ideas y la implementación de soluciones y así, alcanzar una evolución continua hacia la excelencia operativa

## **1.5 PROYECCIONES**

### **1.5.1 Alcances**

La investigación se lleva a cabo en la empresa Dynamics Costa Rica., ubicada en la Ribera de Belén, Belén Heredia Costa Rica. La propuesta se enfoca en el proceso de ensamble de los integrados en la línea RXH y abarca únicamente este procedimiento. Se espera que al realizar un análisis de las causas raíz, se identifiquen los principales factores que contribuyen a los defectos de los integrados y, de este modo, implementar acciones correctivas más efectivas para reducir la incidencia en los defectos durante el proceso.

Al establecer estándares de calidad claros y definir requisitos específicos, se pretende que los integrados cumplan con todas las especificaciones deseadas y se obtenga una mayor consistencia durante el proceso.

Al ser capacitado el personal, se proyecta un incremento en el conocimiento y una mejora en el criterio para ejecutar un trabajo de calidad, una reducción de los errores humanos y una detección temprana de posibles defectos, al concientizarse sobre la importancia de cumplir con los estándares de calidad del producto.

Con el establecimiento de un sistema de control de calidad, se desea obtener un monitoreo constante en el proceso de ensamble y, de esta forma, una detención temprana de cualquier desviación o problema para garantizar la conformidad de los integrados, previniendo el incremento de scrap.

### **1.5.2 Limitaciones**

Como limitaciones están los siguientes puntos:

- El nombre de la empresa no se puede utilizar por un tema de confidencialidad.
- Algunos datos operativos y registros internos relacionados con el proceso de producción y el análisis financiero no se podrán incluir en el estudio por motivos de confidencialidad.

- Por lo demás no se visualizaron otras limitaciones durante el desarrollo del presente estudio.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## 2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

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

### 2.1.1 DMAIC

Wang, Zhao, Liu, Hu, Li y Lu (2021) señalan que Six Sigma es una metodología de mejora continua donde se busca identificar y eliminar las causas raíz de los defectos en los procesos productivos y reducir los costos que contraen a las empresas. Se implementa por medio de la mejora de la calidad, utilizando conceptos de gestión de calidad y la metodología DMAIC.

Esta última consta de cinco etapas que permiten la optimización de los procesos, descritas por Wang et al. (2021):

- **Definir:** Se identifica y se define la problemática que está enfrentando la empresa, así como las metas y los objetivos por obtener.

- **Medir:** Se recolectan los datos más importantes, basados en hechos y evidencias.

Acá se establecen los sistemas de medición adecuados, los cuales proporcionan una base sólida para el análisis posterior.

- **Analizar:** Se realiza un análisis exhaustivo de los datos obtenidos. Se identifican los factores claves y se verifican las deficiencias que se necesitan mejorar.

Asimismo, se aplica el análisis estadístico para comprender las causas raíz de los problemas.

- **Mejorar:** Se elabora la propuesta de mejora fundamentada en los objetivos planteados y la situación específica de la empresa. A partir de esto, se busca la optimización de los procesos y la eliminación de las causas raíz de los problemas.

- **Controlar:** Se establecen controles y sistemas de seguimiento para garantizar la calidad de los procesos. Además, se llevan a cabo análisis y controles periódicos

para dar seguimiento a las propuestas implementadas.

El uso de esta herramienta es fundamental para el proyecto, ya que con ella se piensa encontrar la causa raíz del problema, también las posibles propuestas y mejoras para la empresa.

Figura 2.1: DMAIC



Fuente: Pérez, 2022.

### 2.1.2 Lean Manufacturing

En cuanto a la manufactura esbelta o Lean Manufacturing, Maradiaga (2013), indica:

Es la agrupación de varias herramientas enfocadas tanto en las personas como en el valor agregado. La finalidad de estas herramientas es eliminar los desperdicios y los procesos que no agregan importancia o relevancia a los diversos procesos, dentro de una empresa.

Con su aplicación se logrará mejorar la manera de llevar a cabo las actividades de trabajo y cumpliendo con los objetivos planteados inicialmente, alineados siempre al bienestar del trabajador.

Al aplicar esta metodología, se puede mejorar el proceso de producción en Dynamics y reducir el scrap durante el mismo.

### 2.1.3 Project charter

Según Bahena y Reyes (2006), el project charter es una herramienta que permite visualizar de forma generalizada cómo se abordan y solucionan los problemas. Ahora bien, los puntos que caracterizan a un project charter o carta de proyecto son:

- **Planteamiento del problema:** Se formula el problema que se pretende abarcar con el proyecto, adicional se identifican los tiempos asociados con la propuesta de cambio y el impacto financiero que esto tendrá, lo cual brinda un panorama más claro sobre la situación.
- **Caso de negocio:** Se explica la conexión del proyecto con las metas y objetivos de la empresa, se aclara la necesidad de llevar a cabo el proyecto y cómo este se compagina con los objetivos estratégicos de la empresa.
- **Declaración de los objetivos:** En este punto se establecen los objetivos del proyecto, los cuales deben apegarse a la ideología SMART (específico, medible, alcanzable, relevante y duración). El definir objetivos claros ayuda a mantener el enfoque del proyecto.
- **Alcance del proyecto:** Señala las actividades o procesos por incluir en el proyecto, esto involucra definir y aclarar el punto de inicio y final del proceso, lo que se desarrolla para lograr el proyecto, la amplitud del trabajo y los límites.
- **Hitos del proyecto:** Estos marcan los tiempos de inicio y finalización de cada etapa del proyecto. En este punto se emplea el uso del diagrama de Gantt para ayudar a visualizar y planificar detalladamente el cronograma del proyecto.
- **Equipo de trabajo:** Se seleccionan las personas que conforman el equipo de trabajo del proyecto y se asignan las responsabilidades a cada miembro del equipo, esto asegura que cada persona conozca sus responsabilidades y las tenga claras, generando una colaboración efectiva en el grupo.

Resumiendo, el project charter facilita una visión general del proyecto y una ruta clara para abordar los problemas identificados y, así, poder solucionarlos. De este modo, ayuda a establecer una base sólida para llevar al éxito el proyecto y una guía para ejecutarlo.

Con esta herramienta se pretende hacer un resumen del proyecto, sus causas y sus posibles fechas de conclusión, para lograr un panorama más claro.

#### 2.1.4 Análisis FODA

De acuerdo con Sarli, González y Ayres (2015), el análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) es la realización de una evaluación de los factores fuertes y débiles, que en conjunto determinan la situación interna de una organización, lo cual posibilita buscar y aplicar el sistema metodológico en que se abarcan todas las variables que intervienen en el objetivo del estudio, con la finalidad de obtener más información al momento de tomar decisiones relevantes con un criterio específico sobre los acontecimientos presentados.

Mediante esta herramienta se planea idear un plan específico para la continua y oportuna línea de mejora en Dynamics, así como detallar un panorama de las debilidades y fortalezas para identificar las áreas por mejorar.

Figura 2.2: Ejemplo de un análisis FODA



Fuente: Bolivia Emprende, 2021.

### **2.1.5 Matriz de estrategias FODA**

La matriz de estrategias FODA es una herramienta utilizada para desarrollar cuatro tipos diferentes de estrategias: las que aprovechan las fortalezas internas y las oportunidades del entorno (FO), las que abordan las debilidades internas y las oportunidades del entorno (DO), las que se enfocan en las fortalezas internas y las amenazas del entorno (FA) y las que buscan mitigar las debilidades internas frente a las amenazas (DA).

Según David (2008), para realizar una matriz de estrategias FODA, se necesitan ocho pasos:

1. Elabore una lista de las oportunidades externas clave de la empresa.
2. Elabore una lista de las amenazas externas clave de la empresa.
3. Elabore una lista de las debilidades internas clave de la empresa.
4. Establezca la relación entre las fortalezas internas y las oportunidades externas, y registre las estrategias FO resultantes en el cuadrante correspondiente.
5. Establezca la relación entre las debilidades internas y las oportunidades externas, y registre las estrategias DO resultantes en el cuadrante correspondiente.
6. Establezca la relación entre las fortalezas internas y las amenazas externas, y registre las estrategias FA resultantes.
7. Establezca la relación entre las fortalezas internas y las amenazas externas, y registre las estrategias FA resultantes.
8. Establezca la relación entre las debilidades internas y las amenazas externas, y registre las estrategias DA resultantes.

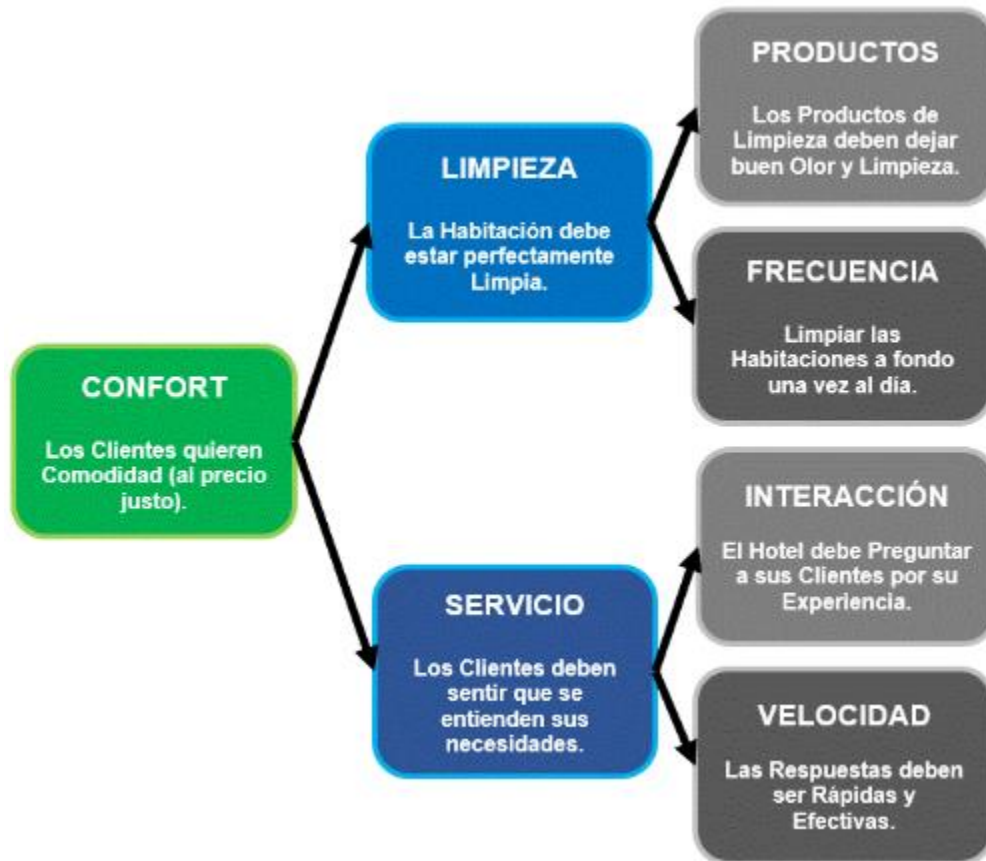
### **2.1.6 Árbol de CTQ**

Un árbol de CTQ o “árbol de calidad crítica” es una herramienta empleada para identificar los aspectos críticos de un producto o proceso que afectan directamente a su calidad.

Miquel (2013), explica que el árbol de CTQ se estructura de tres partes esenciales. La primera se centra en identificar la necesidad específica, seguida de la razón o causa que motiva la modificación de los patrones del producto, luego se aborda la resolución

de la problemática. Cabe destacar que en cada una es fundamental contar con una respuesta que contribuya al mejoramiento del producto.

Figura 2.3: Ejemplo de un árbol de CTQ



Fuente: consuut.es, 2023.

### 2.1.7 Diagrama SIPOC

Bahena y Reyes (2006), definen SIPOC como una herramienta del proceso de alto nivel. SIPOC corresponde a Supplier (proveedor), Input (entrada), Process (proceso), Output (salida) y Customer (cliente). Además, posee cinco elementos que se mencionan a continuación:

- Los proveedores proporcionan el producto.
- Las entradas corresponden a los recursos o insumos que se necesitan en el proceso, siempre son los proveedores.

- El proceso es cada actividad que se requiere para llevar los insumos al producto final.
- La salida se refiere al producto o servicio que acaba siendo el resultado de un proceso.
- Los clientes son todas aquellas partes interesadas que indican qué productos o servicios requieren.

Para efectos de este proyecto, se usa el SIPOC con el propósito de tener pleno conocimiento de los insumos necesarios para el proceso, así como las actividades requeridas para transformar los recursos en el resultado final y saber hacia dónde se dirigen.

Figura 2.4: Ejemplo de un diagrama SIPOC

S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
¿Quién suministra lo que se necesita para ejecutar el proceso?	¿Cuáles son los insumos requeridos?	¿Qué hace el proceso?	¿Cuál es el resultado esperado del proceso?	¿Qué clientes necesitan la salida de este proceso?
Ejemplo:				
Departamento de finanzas de sucursales.	Ordenes de compras. Facturas.	Paso 1 Paso 2 Paso 3 ....	Reportes financieros	Departamento financiero corporativo

Fuente: Hernández, 2019.

### 2.1.8 Diagrama de recorrido

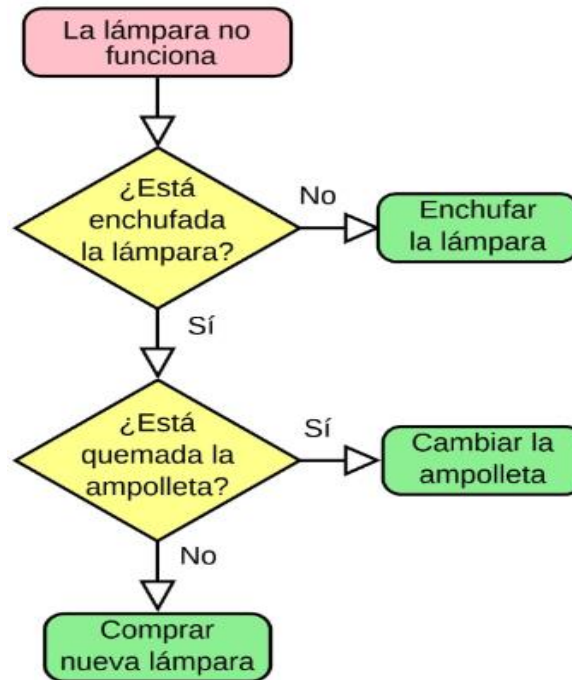
Según la Universidad Politécnica de Valencia (2022), el diagrama planimétrico de flujo o diagrama de recorrido es una representación gráfica del plano del área, en la cual se desarrolla una actividad, con las ubicaciones de los puestos de trabajo y el trazado de los movimientos de los operarios y/o materiales. Tiene en cuenta las operaciones, inspecciones, demoras, transporte y almacenamiento.



un proceso, con la finalidad de aclarar cada actividad de manera individual y cómo se vinculan entre sí.

Esta herramienta se necesita en el actual proyecto para conocer el proceso y determinar en qué parte de la fabricación del tanque ocurre la no conformidad del proceso.

Figura 2.6: Ejemplo de un diagrama de flujo



Fuente: Wikipedia, 2023.

### 2.1.10 Colección de datos

Bahena y Reyes (2006), comparten que la colección de datos se establece según las necesidades del proyecto. Esta se puede realizar mediante una hoja de verificación o de recolección de datos, la cual se va planteando conforme a las necesidades del proyecto, que sea fácil de analizar y registrar. La misma debe reflejar la realidad de los acontecimientos y el formato depende de la empresa.

También, responde las siguientes interrogantes:

- ¿Qué se hará?
- ¿Por qué se hará?
- ¿Dónde se hará?

- ¿Quién lo hará?
- ¿Cuándo se realizará?
- ¿Cómo se llevará a cabo? (Bahena y Reyes, 2006).

Esta herramienta se emplea en el proyecto para registrar datos numéricos que se obtienen durante su elaboración, lo que comprende datos históricos como actuales del proceso. Lo anterior permite una mayor comprensión de la información y los resultados.

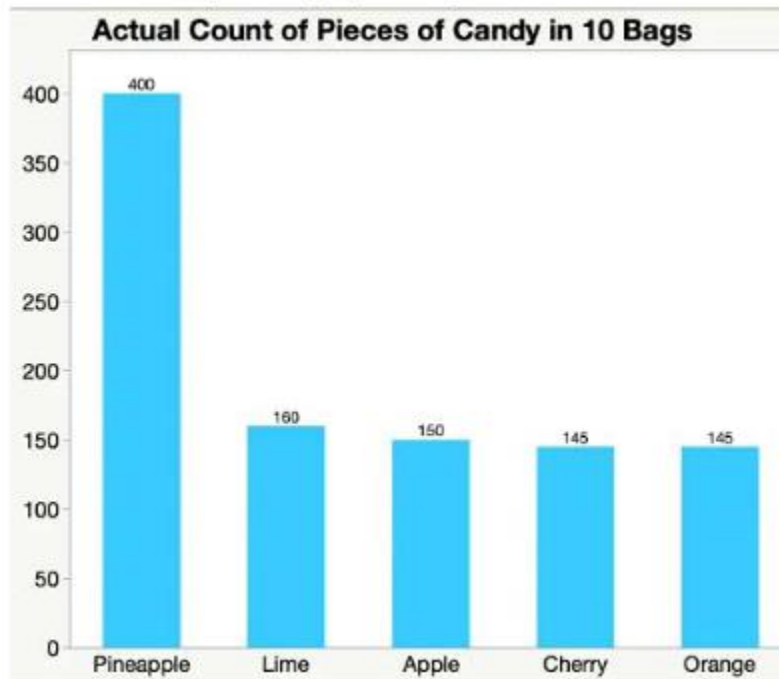
### **2.1.11 Gráfico de barras**

Un gráfico de barras es una representación visual muy útil para mostrar información de una manera fácil de entender. Consiste en un eje horizontal, donde se colocan elementos o categorías, uno vertical, en el que se ubican datos cuantitativos.

Según Tu Dashboard (2021), el gráfico consta de barras para cada dato representado, las anchuras de estas barras son iguales, pero las longitudes varían de acuerdo con la importancia del valor.

Estas barras se colocan, por lo general, en dos ejes que pueden invertirse dependiendo de si se quiere hacer un gráfico de barras horizontal o vertical. Asimismo, consta de una etiqueta y escalas que representan valores medibles como cantidades o porcentajes.

Figura 2.7: Ejemplo de un gráfico de barras



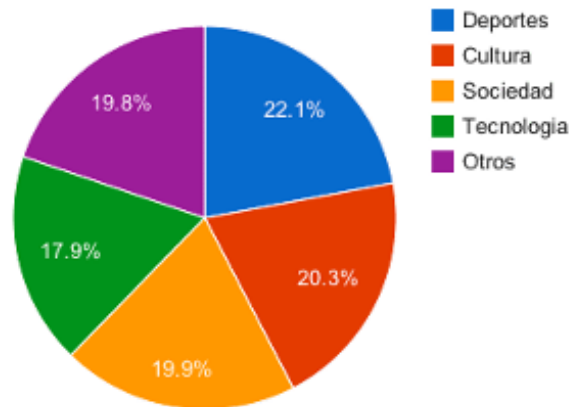
Fuente: JPM Statical, 2023.

### 2.1.12 Gráfico de pastel

Para Tu Dashboard (2020), la gráfica de pastel es una de las formas más comunes de representar los datos; por ejemplo, para graficar datos cualitativos, donde la información describe un rasgo o atributo y no es en sí un elemento numérico.

Tiene la forma de un disco dividido en sectores, cada valor del carácter estudiado corresponde a un sector. Las medidas de los ángulos de los sectores son proporcionales a los números representados (o a las frecuencias asociadas). Además, la representación de números negativos es imposible con este tipo de diagrama.

Figura 2.8: Ejemplo de un gráfico de pastel



Fuente: Merkle, 2020.

### 2.1.13 Gráfico de control

El objetivo de esta herramienta es observar y analizar, a lo largo del tiempo, un proceso determinado, con el propósito de establecer las variaciones originadas por causas comunes y especiales, lo que aporta claridad para decidir las mejores acciones de control y mejora por medio de la caracterización del proceso (Gutiérrez, 2013).

De acuerdo con Gutiérrez (2013), una carta de control debe contar con un límite inferior y superior, estos definen el inicio y final del rango de variación. Los valores deben estar dentro de los límites, si el proceso está en control estadístico; de lo contrario, si un punto está fuera de los límites, esto significa que ocurrió algo en el proceso.

El gráfico de control puede ser necesario a la hora de elaborar un análisis del proceso de fabricación del Integrado y con los datos poder establecer un mayor control del proceso.

Figura 2.9: Ejemplo de un gráfico de control



Fuente: Gómez, 2023.

#### 2.1.14 Lluvia de ideas

Licari (2021), explica que la lluvia de ideas es una técnica sin estructura y su aplicación es diversificada, la cual busca posibles soluciones a diferentes situaciones, por esto se crea un ambiente relajado y sin presión para promover la generación de ideas espontáneas y horizontales.

Ahora bien, las características que deben estar presentes en la conformación de una lluvia de ideas son: un moderador, un número limitado de participantes, un objetivo bien definido y no debe haber críticas a la hora de la generación de ideas, porque se busca la libre creatividad en los equipos para que estos mismos se involucren e identifiquen con las causas propuestas.

Esta herramienta se usa cuando en los equipos hay una necesidad de liberar creatividad, producir un número extenso de ideas, identificar oportunidades de mejora o involucrar a todos en el proceso. Así, es vital para ver las posibles causas del problema en Dynamics.

### **2.1.15 Diagrama de Ishikawa**

En cuanto al diagrama de causa y efecto, Krajewski y Ritzman (2000), indican que se refiere a una herramienta analítica utilizada en la resolución de problemas y mejora de procesos. También se le conoce como diagrama de espina de pescado debido a su forma característica.

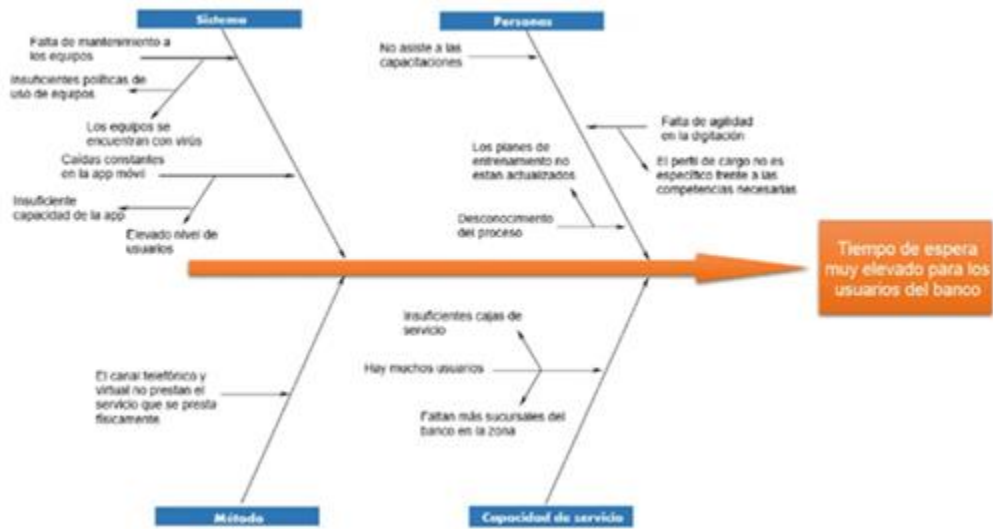
Este diagrama proporciona una representación visual de las distintas causas que pueden contribuir a un resultado o problema en particular. El objetivo es identificar y comprender la causa raíz del problema para tomar medidas correctivas y efectivas.

Ahora bien, se encuentra estructurado en torno a un eje horizontal, que representa un resultado o problema por resolver. A partir de este eje, se dibujan diagonales que representan los principales tipos de causas que pueden influir en el resultado. Estas categorías suelen ser factores de personas, procesos, materiales, medio ambiente y equipo.

A lo largo de estas diagonales, se agregan ramas o "V" para representar causas específicas en cada categoría. Estas causas se pueden identificar durante las sesiones de lluvia de ideas o mediante el análisis de datos y pruebas.

Con esta herramienta se visualizan de forma clara y estructurada las relaciones entre las diferentes causas y cómo contribuyen al resultado o problema en cuestión, lo que facilita identificar las causas más relevantes y centrar los esfuerzos de mejora en áreas clave.

Figura 2.10: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa



Fuente: Betancourt, 2016.

### 2.1.16 Multivoto

Citando a Pérez (2017), la técnica del voto múltiple o multivoto se utiliza para acortar una extensa lista de ítems o ideas, también pueden ser conceptos y/o temas que se necesiten filtrar con la finalidad de obtener los más importantes para el grupo o equipo. Usualmente, esta herramienta se emplea luego de una lluvia de ideas para priorizarlas.

Al respecto, el multivoto se utiliza en el proyecto para cuantificar una variable y realizar un estudio más a fondo.

Figura 2.11: Ejemplo de un multivoto

RAPIDEZ DE IMPLANTACIÓN.	MIEMBRO 1.	MIEMBRO 2	MIEMBRO 3	MIEMBRO 4	Total
A: DISMINUIR ESPERA AL MAITRE.	5	5	5	5	20 (5)
B: DISMINUIR ESPERA DE MESA.	4	4	4	3	15(4)
C: DISMINUIR ESPERA DE CARTA.	3	3	3	4	13 (3)
D: DISMINUIR ESPERA DE COMIDA.	1	1	1	1	4(1)
E: DISMINUIR ESPERA DE CUENTA.	2	2	2	2	8 (2)

Fuente: Método del consenso de criterio, 2023.

### 2.1.17 Diagrama de Pareto

De acuerdo con Gutiérrez y De la Vara (2004), el diagrama de Pareto hace referencia a una herramienta analítica que permite identificar y priorizar los temas más importantes dentro de una organización.

El diagrama se basa en el principio de Pareto, también conocido como la regla “80-20”. Este principio establece que unas 20 causas o factores producen 80 resultados o problemas. En otras palabras, un pequeño número de factores o causas significativos contribuyen en gran medida a los resultados o problemas observados.

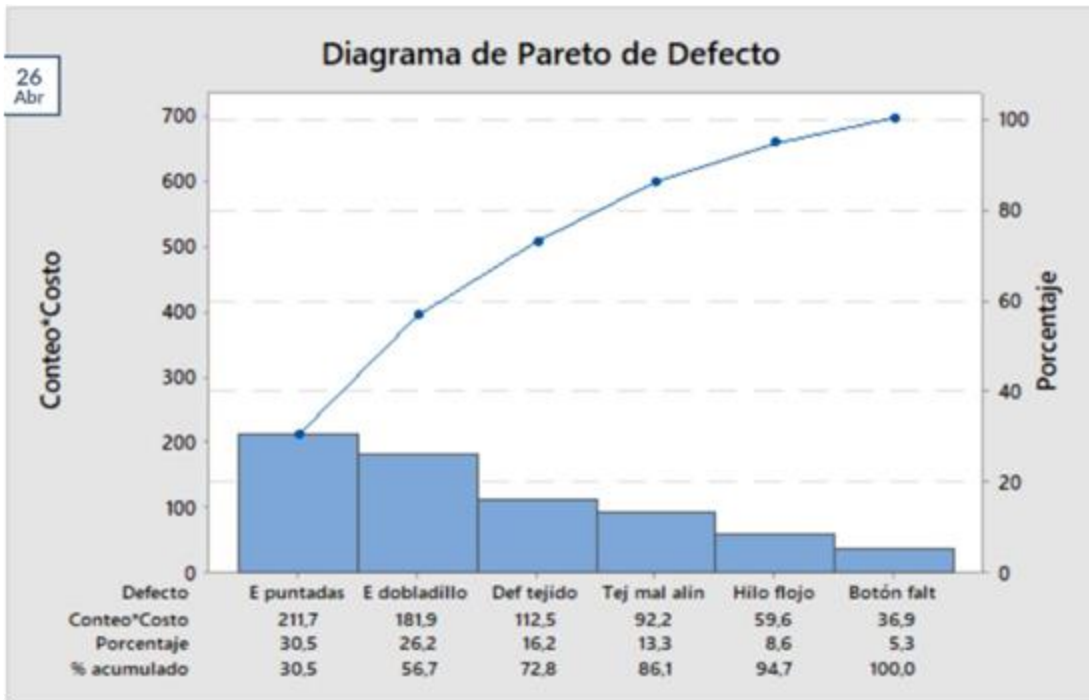
Esta herramienta utiliza gráficos de barras para mostrar la distribución de las causas y sus efectos, por tanto, las mismas están dispuestas en orden descendente de magnitud o frecuencia de cada causa.

Mediante el uso de diagramas de Pareto, las organizaciones pueden visualizar y comprender rápidamente dónde se ubican los problemas más relevantes. Esto lleva a dirigir esfuerzos y recursos a las causas fundamentales que tienen el mayor impacto en la mejora de procesos y resultados. Cabe destacar que la proporción 80-20 puede variar

dependiendo de la situación, pero aún se aplica el enfoque general para identificar las causas mayores y menores.

Al emplear este diagrama, se busca cuáles son las causas de mayor impacto en la problemática de los Integrados de Dynamics y, de esta manera, poder atacarlos de una forma más eficiente.

Figura 2.12: Ejemplo de un diagrama de Pareto



Fuente: Álvarez, 2022.

### 2.1.18 Gemba Walk

Un Gemba Walk o caminata Gemba, según Bremer (2021), es un término alternativo al japonés Genchi Genbutsu, que se define como “ir a la fuente para encontrar los hechos con el propósito de tomar decisiones correctas, crear consenso y lograr objetivos”, lo que se traslada al mensaje de que es un riesgo hacer suposiciones acerca de situaciones que no se conocen de primera mano.

Además, un Gemba Walk conforma parte del “estudio y ajuste” del ciclo de resolución de problemas planificar/hacer/estudiar/ajustar (Bremer, 2021).

En este proyecto, el Gemba Walk resulta útil para poder identificar posibles causas del problema en la fabricación de los integrados, así como errores humanos o fallas en la maquinaria y demás.

Figura 2.13: Ejemplo de un Gemba Walk



Fuente: Medina, 2022.

### 2.1.19 Diagrama de Gantt

Adam y Ebert (1991), establecen que una gráfica de Gantt es un diagrama de barras que muestra la relación entre actividades en el tiempo. Las actividades del proyecto se listan verticalmente, en tanto que los tiempos se señalan horizontalmente. Por ejemplo, las propuestas o posibles soluciones a una problemática o situación se listan en la parte vertical y los tiempos de realización del proyecto según actividad se colocan en la parte horizontal.

Este proyecto pretende hacer uso del diagrama de Gantt para darle seguimiento a la propuesta realizada y poder implementarla dentro de un tiempo determinado.

Figura 2.14: Ejemplo de un diagrama de Gantt

ACTIVIDADES	TIEMPO DE DURACION.												
	ABRIL				MAYO				JUNIO				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Programar jornadas de alfabetización tecnológica a usuarios.	■	■											
Verificar el estado de los equipos informáticos.		■	■										
Gestionar recursos para el mantenimiento y reparación de las P.C.				■									
Realizar mantenimiento a las P.C.					■	■	■						
Facilitar talleres a usuarios tecnológicos de la Institución.									■	■	■		
Jornada de cierre de proyecto en la Institución.												■	■

Fuente: Enfermería: módulo integrador, 2016.

### 2.1.20 Metodología 5S

Respecto a la metodología 5S, Hernández y Vizán (2013), detallan:

La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito (p. 36).

El objetivo principal es mejorar la eficiencia, la seguridad y la productividad en el lugar de trabajo mediante un entorno limpio, ordenado y bien organizado. En cuanto a esto, Rey (2005), señala:

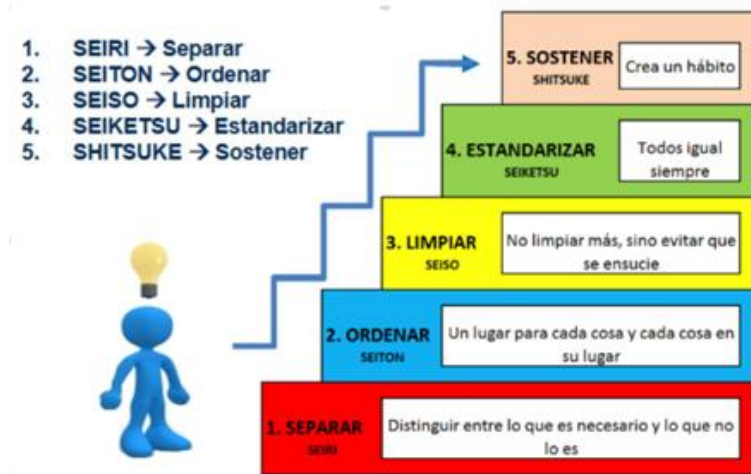
[...] es un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden/limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de todos a nivel individual/grupal, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de personas y equipos y la productividad (p. 17).

Las cinco etapas de la metodología 5S son:

- Seiri (organizar y seleccionar): Consiste en organizar y separar lo que se necesita de lo que no en el puesto de trabajo. Asimismo, mantener y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y otros elementos que originen despilfarro.
- Seiton (ordenar): Al eliminar lo que no se necesita, es importante establecer un orden para cada elemento en el puesto de trabajo. Es así como se sitúan los objetos y/o herramientas de tal forma que sean fácilmente accesibles para su uso.
- Seiso (limpieza): Realizar la tarea de limpieza en el puesto de trabajo. Cabe señalar que se puede informar al personal en qué lugares es más frecuente la existencia de suciedad.
- Seiketsu (estandarizar o mantener la limpieza): Consiste en mantener el orden y limpieza en las áreas de trabajo por medio de métodos establecidos, estos representados por un documento, fotografía, entre otros; donde se explique la necesidad de la limpieza en el puesto de trabajo, con el fin de crear hábitos de orden e higiene en el personal.
- Shitsuke (disciplina): Es mantener el estado alcanzado por medio de las fases anteriores, como lo explica Hernández y Vizán (2013): “[...] su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada” (p. 41).

Se pretende hacer uso de esta metodología para tener un mayor control sobre el entorno en la producción de los integrados en Dynamics.

Figura 2.15: Ejemplo de la metodología 5S



Fuente: Riesco, 2020.

### 2.1.21 Retorno de la inversión (ROI)

De acuerdo con Blanco (2023), el ROI es un indicador que permite saber cuánto dinero la empresa perdió o ganó con las inversiones hechas (en anuncios pagados, nuevas herramientas, entrenamientos, etc.). De esta forma, se puede saber cuáles inversiones valen la pena y cómo optimizar aquellas que ya están funcionando para que tengan un rendimiento todavía mejor.

La métrica posibilita evaluar cómo ciertas iniciativas contribuyen con los resultados de la empresa. Asimismo, con base en el ROI, es posible planificar metas basadas en resultados tangibles.

## 2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

A continuación, se verá los detalles más importantes de la empresa Dynamics, donde se realizará el estudio.

### 2.2.1 Visión / Misión

La visión y misión de la empresa se muestran seguidamente.

#### Visión

"Impulsar la innovación, creemos que los datos están moldeando de forma espectacular el futuro de toda la humanidad." (Dynamics, 2022).

## **Misión**

“Crear tecnología que modifica el mundo y mejorar la vida de todas las personas del planeta.” (Dynamics, 2022).

### **2.2.2 Antecedentes históricos**

Dynamics fue fundada en Mountain View (California) en 1968 por Gordon Moore (químico y físico, famoso por su "Ley de Moore") y Robert Noyce (físico y co-inventor del circuito integrado) cuando salieron de Fairchild Semiconductor. El tercer empleado de Dynamics fue Andy Grove,<sup>5</sup> un ingeniero químico, que dirigió la compañía durante la mayor parte de los años 1980 y del período de alto crecimiento de los 1990.

Moore y Noyce inicialmente quisieron llamar a la compañía "Moore Noyce", pero sonaba mal (ya que en inglés suena como More Noise, que literalmente significa: Más Ruido, un nombre poco adecuado para una empresa electrónica, ya que el ruido en electrónica suele ser muy indeseable y normalmente se asocia con malas interferencias).

Utilizaron el nombre NM Electronics durante casi un año, antes de decidirse a llamar a su compañía Integrated Electronics (en español Electrónica Integrada), abreviado "Dynamics".<sup>7</sup> Pero "Dynamics" estaba registrado por una cadena de hoteles, por lo que tuvieron que comprar los derechos para que pudieran utilizarlo.

El éxito comenzó, modestamente, cuando consiguieron que la compañía japonesa Busicom les encargase una remesa de microprocesadores para sus calculadoras programables.

Pese a las indicaciones de los japoneses, el ingeniero Ted Hoff diseñó un chip revolucionario que podía ser utilizado en muchos otros dispositivos sin necesidad de ser rediseñado. Las personas de Dynamics enseguida se dieron cuenta del potencial de este producto, capaz de dotar a muchas máquinas 'tontas'.

El único problema era que Busicom poseía los derechos, y para recuperarlos Dynamics tuvo que pagarles 60.000 dólares.

En 1971 nació el primer microprocesador (en aquella época aún no se les conocía por ese nombre). El potentísimo Dynamics 4004 estaba compuesto por 4 de estos chips y otros 2 chips de memoria. Este conjunto de 2300 transistores que ejecutaba 60.000 operaciones por segundo se puso a la venta por 200 dólares. Muy pronto Dynamics

comercializó el Dynamics 8008, capaz de procesar el doble de datos que su antecesor y que inundó los aparatos de aeropuertos, restaurantes, salones recreativos, hospitales, gasolineras, etc.

Moore recuerda como a mediados de los 70 le propusieron comercializar el 8080 equipado con un teclado y un monitor orientado al mercado doméstico. Es decir, le estaban proponiendo ser los pioneros en el mundo de las computadoras personales, pero no vieron la utilidad de esos aparatos, y descartaron la idea.

En 1981, Dynamics desarrolló los procesadores Dynamics 8086 y 8088 (de 16 bits y 8 bits de bus de datos, ambos con el mismo conjunto de instrucciones) que acumularon la friolera de 2500 premios de diseño en un solo año. IBM selecciona el 8088 para su IBM PC (acude por primera vez a un fabricante externo) y esto crea el inmenso mercado del compatible IBM PC. En 1982 apareció el revolucionario Dynamics 80286, equipado con 134.000 transistores y el primero en ofrecer compatibilidad de software con sus predecesores.

En 1985 llegó el Dynamics 80386, un micro de 32 bits y 275.000 transistores que fue rápidamente adoptado por Compaq para su computadora personal Compaq Deskpro 386. Cuatro años después llegaría el robusto Dynamics 80486 de 1,2 millones de transistores.

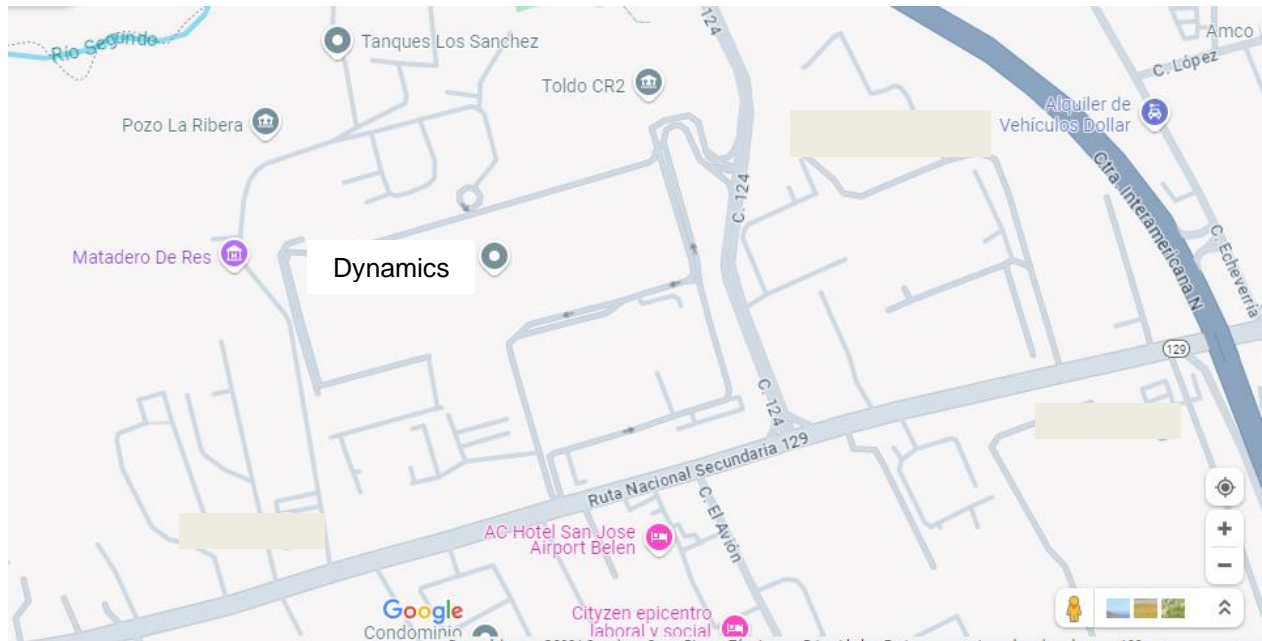
En 1993, Dynamics comienza a desarrollar la línea Pentium, llena de nuevos estándares y de transistores, con 5 veces más capacidad que el 486. Después llegará el Pentium Pro y en 1997 incluye en sus procesadores la tecnología MMX. En mayo de 1997 aparece el Dynamics Pentium II, un año más tarde el Pentium II Xeon, tras el que llegaría el Dynamics Pentium III.

En un caso inusual de cooperación entre las empresas, AMD devolvió a Dynamics tecnología del Pentium robada y, supuestamente, enviada por Bill Gaede, desde la Argentina a AMD en Sunnyvale, California. Ambas empresas cooperaron entre ellas y con el FBI en lograr la detención de Gaede (Fundación Wikipedia, 2024).

### **2.2.3 Ubicación geográfica**

La ubicación de la empresa es, calle 129 La Ribera de Belén, Heredia.

Figura 2.16: Mapa satelital de Dynamics

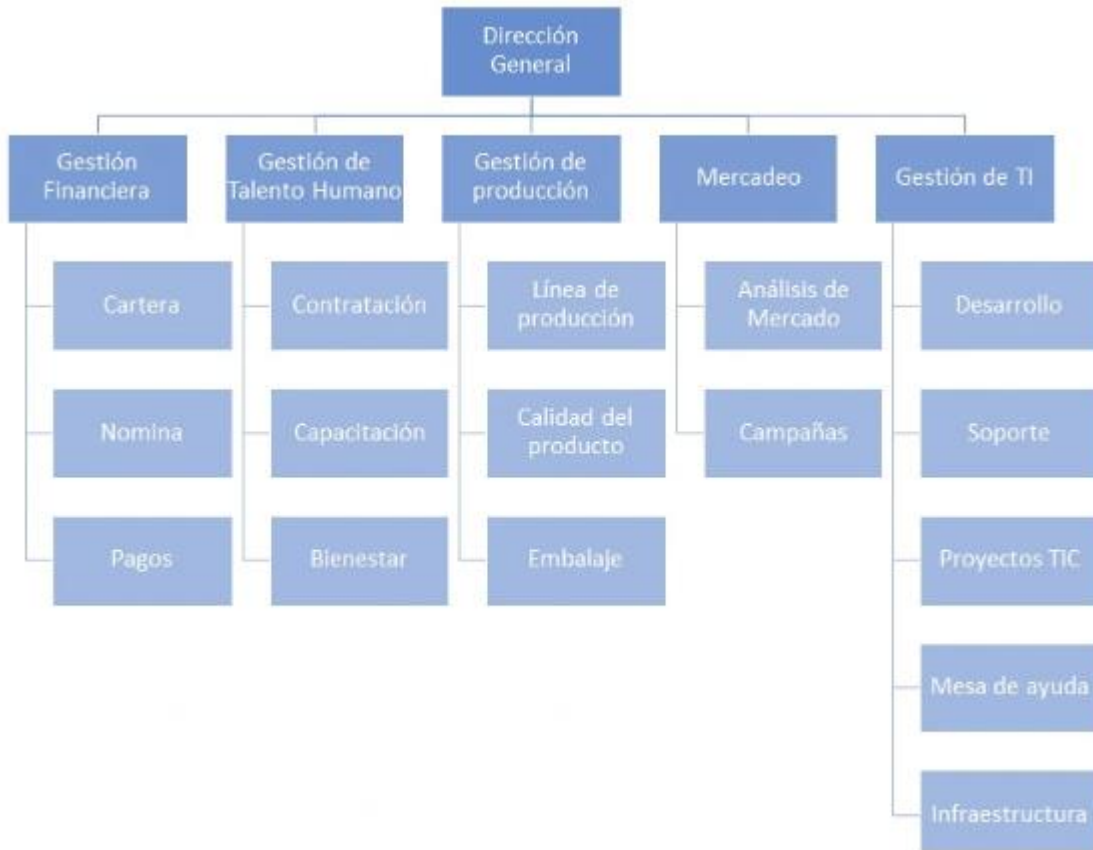


Fuente: Google Maps, 2025.

## 2.2.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación:

Figura 2.17: Organigrama de Dynamics.



Fuente: RR.HH. Dynamics, 2025.

### 2.2.5 Cantidad de empleados

En Costa Rica, la empresa cuenta con aproximadamente 3.300 trabajadores según datos del año 2024.

Dado el alto volumen de personal y la variedad de puestos existentes para efectos de este estudio, únicamente, se considerará al personal de la línea RXH, específicamente, a los ingenieros, los técnicos de soporte de piso y los técnicos de mantenimiento preventivo (PM).

Tabla 2.1: Cantidad de empleados del área RXH

<b>Puesto o área</b>	<b>Cantidad</b>
Técnicos	16
Ingenieros	8
Técnicos de mantenimiento	6
<b>Total</b>	<b>30</b>

Fuente: Dynamics 2025.

### 2.2.6 Tipos de productos

La empresa se centra en la fabricación de integrados electrónicos, estos en costa Rica se dividen en familias cinco familias de integrados.

Los productos elaborados en la planta Dynamics en costa Rica son:

- Chipset C600 Roseland Family
- Chipset C620 Ice Lake Family
- Chipset C700 Granite Rapids Family
- Chipset C740 Sapphire Rapids Family
- Chipset C740+ Emerald Rapids Family

### 2.2.7 Mercado de exportación

Dynamics Costa Rica volvió a exportar microprocesadores al mundo después de que la Planta de Ensamble y Prueba en suelo nacional reinició sus operaciones que fueran cesadas en 2014.

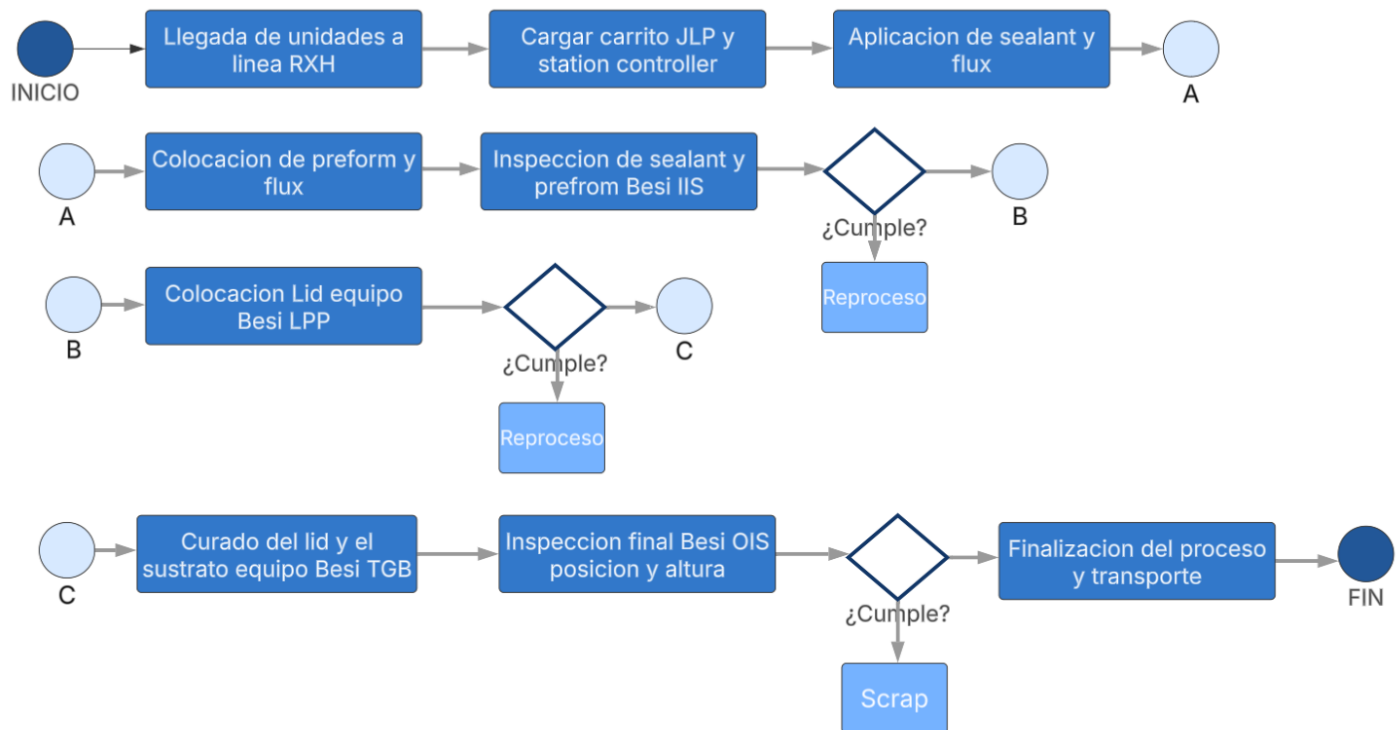
La primera exportación corresponde a un producto de alta capacidad destinado al mercado de gran escala como granjas de integrados, grupos de equipos conectados entre sí para procesar grandes cantidades de datos, por lo que tendrá como destino todo el mundo.

Esto fue posible luego de completar la instalación y certificación del proceso de Ensamble, que tardó unas 48 semanas.

“Esto sin duda es motivo de celebración, volvemos a tener el proceso completo de Ensamble y Prueba, ahora enfocado en el segmento de integrados. Hoy tenemos la capacidad inicial para incorporarnos a la producción y seguiremos creciendo por lo que resta de este y los próximos años”, manifestó Max Ramírez, Gerente de la Fábrica de Ensamble y Prueba (republica.net, 2021).

### 2.2.8 Descripción general del proceso productivo

Figura 2.17: Diagrama de flujo de Dynamics



Fuente: Autor, 2025.

## Descripción del Proceso Productivo en la Línea RXH

El proceso inicia con la recepción del sustrato en los JLP carts, los cuales contienen los trays con unidades a ensamblar. A través del Station Controller, se carga la información del lote en el sistema Traveler, que transfiere la receta correspondiente a los equipos de la línea para dar inicio a la manufactura.

### Aplicación de Sealant y Flux:

La dispensadora de sealant aplica una capa de material según la receta.

Luego, la dispensadora de flux deposita flux en la superficie del die.

### Colocación del Preform y Segunda Aplicación de Flux:

El equipo iFlex coloca el preform sobre el flux del die.

Se aplica una segunda capa de flux para garantizar una adhesión óptima.

### Inspección con Besi IIS:

Un brazo robótico con cámara verifica el patrón de sealant, posición del preform y conformidad con la receta.

Se asigna un bin code a cada unidad para su rastreo.

### Colocación del Lid con Besi LPP:

Dos brazos robóticos con cámaras de alta precisión verifican el bin code, inspeccionan el preform y colocan los lids.

Se confirma la correcta posición del lid antes de continuar.

### Unión y Pre-Curado con Besi TGB:

Se une el sustrato con el lid, mediante calentamiento a 148°C y presión de 150N.

Sensores y stoppers garantizan una correcta alineación.

Inspección Final con Besi IOS:

Un brazo robótico con cámara y láser de medición verifica la altura del lid.

Unidades fuera de tolerancia se convierten en scrap.

Finalización del Proceso y Transporte:

Las unidades entran al equipo JLP y son organizadas en JLP cart y transportadas al área de Wipe Stock para su almacenamiento antes de la siguiente operación.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Se cuenta con distintos enfoques para realizar una investigación, según la característica por desarrollar. Al respecto, a continuación, se detalla cada uno:

- **Cualitativo:** En este enfoque se pueden desarrollar preguntas e hipótesis en cualquier momento de la recolección y análisis de datos (Hernández, Fernández y Baptista, 2011). De esta manera, se plantean inicialmente las preguntas más importantes de la investigación para después responderlas. Esta fase de preguntas se maneja tanto entre los hechos como en su investigación, donde a veces se mueve de forma redundante o circular, de acuerdo con el estudio en particular. Los datos cualitativos son descripciones detalladas de situaciones, eventos, personas, conductas observadas y sus manifestaciones.

- **Cuantitativo:** En el enfoque cuantitativo, se enfatiza en los resultados a partir de la recolección y análisis de datos. Esta fase se maneja de forma simultánea. Se utilizan herramientas matemáticas, estadísticas e informáticas. Además, estas mediciones son posibles gracias a que todos los datos de las variables se encuentran dentro del proceso de control óptimo (Hernández et al., 2011).

- **Mixto:** El enfoque mixto es un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema (Hernández et al., 2011).

De este modo, el tipo de investigación utilizado en este trabajo fue el mixto, al aplicarse un enfoque cuantitativo al momento de emplear la metodología DMAIC que, mediante sus cinco etapas pretendió ayudar a mejorar el proceso estudiado. Por otro lado, se basó en un enfoque cualitativo en relación con el análisis y el uso de diferentes herramientas ingenieriles para así poder encontrar las causas asignables al problema planteado.

### 3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada en el proyecto fue la DMAIC (definir-medir-analizar-mejorar controlar). Esta se basa en un enfoque cíclico, por lo que, al completar un ciclo, se puede comenzar nuevamente para abordar nuevos problemas o áreas de mejora en el proceso.

En la siguiente figura, se muestra la estructura general del proyecto utilizada, para visualizar qué actividades se realizan en cada una de las etapas mencionadas con anterioridad.

Figura 3.1: Metodología del proyecto



Fuente: Autor, 2025.

#### Definir

En esta etapa, se describieron las actividades ejecutadas en la fase de planeación del proyecto:

Definición de las variables involucradas en el proceso de producción: Se definieron las variables o factores involucrados en el proceso de producción del estudio, también se establecieron los de mayor importancia para definir cuáles puntos medir y analizar posteriormente.

Determinación de las herramientas y técnicas por utilizar: En esta parte se determinaron las herramientas y técnicas por utilizar en cada etapa de la ejecución del proyecto, para poder generar los resultados esperados de la forma más rápida y simple posible. Entre estas técnicas, se encuentran:

- **Project charter:** Brinda una visión general del proyecto y una ruta clara para abordar los problemas identificados y, así, poder solucionarlos. Asimismo, ayuda a establecer una base sólida para llevar al éxito el proyecto y una guía para ejecutarlo.
- **FODA:** De acuerdo con Sarli et al. (2015), el análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) es la realización de una evaluación de los factores fuertes y débiles que en conjunto determinan la situación interna de una organización, esto permite una búsqueda y aplicación de un sistema metodológico, donde se abarcan todas las variables que intervienen en el objetivo del estudio.
- **Matriz de estrategias FODA:** La matriz de estrategias FODA es una herramienta que se utiliza para desarrollar cuatro tipos diferentes de estrategias: las que aprovechan las fortalezas internas y las oportunidades del entorno (FO), las que abordan las debilidades internas y las oportunidades del entorno (DO), las que se enfocan en las fortalezas internas y las amenazas del entorno (FA) y las que buscan mitigar las debilidades internas frente a las amenazas (DA).
- **Árbol de CTQ:** Un árbol de CTQ o “árbol de calidad crítica” es una herramienta que se utiliza para identificar los aspectos críticos de un producto o proceso que afectan directamente a su calidad.

- **IPOC:** Bahena y Reyes (2006) definen SIPOC como una herramienta del proceso de alto nivel. SIPOC corresponde por sus siglas a Supplier (proveedor), Input (entrada), Process (proceso), Output (salida) y Customer (cliente).
- **Diagrama de flujo:** Gutiérrez (2013) indica que el diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de pasos o actividades de un proceso. Este diagrama hace posible observar en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; del mismo modo, se utiliza para mejorar y analizar el proceso.

## Medir

Posterior a la etapa de definición, se procedió a ejecutar las mediciones y la recolección de datos.

Determinación de las etapas y tareas para el estudio: En esta etapa se realizó un análisis del proceso de producción, con base en esto, se determinaron las medidas utilizadas en el estudio, así como los métodos para la recolección de los datos.

Determinación de la forma como se registran las variables y los factores: Se elaboró un registro para almacenar la información recolectada de las diferentes variables y factores definidos en la etapa anterior.

Registro de variables y factores: Con la información recolectada, se utilizaron distintas herramientas para agrupar y categorizar las variables con respecto a su importancia en el desarrollo del proyecto. Estas se explican a continuación:

- **Colección de datos:** Bahena y Reyes (2006) comparten que la colección de datos se establece según las necesidades del proyecto. Se puede realizar mediante una hoja de verificación o de recolección de datos, la cual se va planteando conforme a las necesidades del proyecto, que sea fácil de analizar y registrar.
- **Gráfico de barras:** Un gráfico de barras es una representación visual muy útil para mostrar información de una manera fácil de entender. Consiste en un eje

horizontal, en donde se colocan elementos o categorías, y uno vertical, en el que se ubican datos cuantitativos.

- **Gráfico de pastel:** La gráfica de pastel es una de las formas más comunes de representar los datos, por ejemplo, para graficar datos cualitativos, donde la información describe un rasgo o atributo y no es en sí un elemento numérico.
- **Gráfico de control:** El objetivo de esta herramienta es observar y analizar un proceso específico a lo largo del tiempo, con el propósito de poder determinar las variaciones causadas por causas comunes y especiales, lo que aporta claridad para decidir las mejores acciones de control y mejora por medio de la caracterización del proceso (Gutiérrez, 2013).

## **Analizar**

Parámetros de control de las variables: Con los datos obtenidos de las variables y factores determinados en las etapas de definición y medición, se establecieron los puntos de control del proceso en estudio debido a que el proyecto se enfoca en esta área en particular.

Así, se emplearon las siguientes herramientas ingenieriles:

- **Lluvia de ideas:** Licari (2021) explica que la lluvia de ideas es una técnica que no posee estructura y su aplicación es diversificada, la cual busca posibles soluciones a diferentes situaciones, por esto se crea un ambiente relajado y sin presión con la finalidad de promover la generación de ideas espontáneas.
- **Diagrama de Ishikawa:** Krajewski y Ritzman (2000) indican que se refiere a una herramienta analítica utilizada en la resolución de problemas y mejora de procesos. De igual modo se le conoce como diagrama de espina de pescado debido a su forma característica. Este diagrama proporciona una representación visual de las diferentes causas que pueden contribuir a un resultado o problema en particular.

- **Multivoto:** Citando a Pérez (2017), la técnica del voto múltiple o multivoto es usada para acortar una extensa lista de ítems o ideas, además pueden ser conceptos y/o temas que se necesiten filtrar con el propósito de obtener los más significativos para el grupo o equipo. Usualmente, esta herramienta se emplea luego de una lluvia de ideas para priorizarlas.
- **Diagrama de Pareto:** De acuerdo con Gutiérrez y De la Vara (2004), el diagrama de Pareto es una herramienta analítica que permite identificar y priorizar los temas más importantes dentro de una organización. El diagrama se basa en el principio de Pareto, también conocido como la regla “80-20”, este principio establece que unas 20 causas o factores producen 80 resultados o problemas.

## Mejorar

Elaboración de propuestas basadas en el estudio: Con los resultados del estudio, se elaboraron propuestas de mejora para el proceso de producción, tomando en cuenta las variables y factores de mayor impacto.

Crear un plan de capacitación para los operarios: Se creó un plan de capacitación para los operarios con las nuevas indicaciones correspondientes a cómo realizar la inspección del producto y las técnicas empleadas para determinar si cumplen con los estándares de calidad, así como una ayuda visual de las mismas.

Normar el procedimiento de control de calidad: Todo cambio debe estar bien documentado, quedar definido como un estatuto de calidad y revisarse periódicamente para actualizarse y verificar que se esté cumpliendo con el mismo.

Se utilizó la siguiente herramienta:

- **Gemba Walk:** Un Gemba Walk o caminata Gemba, según Bremer (2021), es un término alternativo al japonés genchi genbutsu, que se define como “ir a la fuente para encontrar los hechos para tomar decisiones correctas, crear consenso y lograr objetivos”, lo que se traslada al mensaje de que es un riesgo hacer suposiciones acerca de aspectos que no se conocen de primera mano.

## Controlar

Elaborar un plan de seguimiento de las propuestas, con el fin de controlar las propuestas de mejora, fue necesario un plan de seguimiento para conocer el alcance que estas tendrán dentro de la organización, por lo tanto, se usaron las siguientes herramientas:

- **Metodología 5S:** Hernández y Vizán (2013), señalan que la herramienta 5S corresponde a la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo, que de una manera menos formal y metodológica ya existían dentro de los conceptos clásicos de la organización de los medios de producción.
- **Diagrama de Gantt:** Para Adam y Ebert (1991), una gráfica de Gantt es un diagrama de barras que muestra la relación entre actividades en el tiempo. Las actividades del proyecto se listan verticalmente, en tanto que los tiempos se señalan horizontalmente. Por ejemplo, las propuestas o posibles soluciones a una problemática o situación se listan en la parte vertical y los tiempos de realización del proyecto según actividad se colocan en la parte horizontal.
- **Kaizen (mejora continua):** Masaaki Imai (2006; 2007) (como se citó en Suárez y Miguel, 2008), indica que el Kaizen significa “mejoramiento continuo, pero mejoramiento todos los días, a cada momento, realizado por todos los empleados de la organización, en cualquier lugar de la empresa. Y que va de pequeñas mejoras incrementales a innovaciones drásticas y radicales” (p. 289).
- **Retorno de la inversión (ROI):** El ROI es un indicador que permite saber cuánto dinero la empresa perdió o ganó con las inversiones hechas (en anuncios pagados, nuevas herramientas, entrenamientos, etc.). De esta forma, se puede saber cuáles inversiones valen la pena y cómo optimizar aquellas que ya están funcionando para que tengan un rendimiento todavía mejor.

### 3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Una fuente de información es cualquier recurso o documento que proporciona datos, evidencias o conocimientos para respaldar la reconstrucción de hechos o el desarrollo del conocimiento de un área específica.

Maranto y González (2015), definen las fuentes de información como aquello que proporciona datos para reconstruir hechos y las bases del conocimiento, de igual manera, son un instrumento para el conocimiento, la búsqueda y el acceso a la información.

Asimismo, la fuente de información es aquella que ayuda a darle cuerpo y sustento a la investigación, favorece el desarrollo del estudio y genera una investigación válida y precisa. Entre las fuentes de información, se encuentran tres tipos: fuentes primarias, secundarias y terciarias. En esta investigación se utilizaron tanto las primarias primordialmente como las secundarias.

**Fuentes primarias:** Según Maranto y González (2015), las fuentes primarias son toda aquella información obtenida directamente o de fuentes de primera mano como, por ejemplo, artículos, libros, periódicos, informes, entre otros.

Este tipo de documentos contiene la primera información, es decir, son elaborados durante un periodo de tiempo, ya sea mientras se estudian los eventos analizados o en una fecha posterior a cuando ocurren los mismos, los cuales se consideran de primera mano, producto de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones.

Para este proyecto, las fuentes primarias fueron los supervisores de producción y de planta, el personal de aseguramiento de la calidad y los operarios. Estas fuentes primarias aportaron perspectivas y conocimientos directos de los profesionales que participan en el proceso de producción. Sus opiniones y los datos recolectados reflejaron su experiencia, por lo cual fueron de gran importancia para comprender y analizar el tema en estudio.

**Fuentes secundarias:** Las fuentes secundarias son aquellas que recopilan, analizan y sintetizan la información existente sobre un tema en particular; se basan en estudios previos y fuentes primarias; además, proporcionan un resumen, una evaluación de los resultados y las conclusiones de las investigaciones anteriores. Maranto y González

(2015), explican que “esta clase de fuentes son las que ya la información ha sido procesada de una fuente primaria. El proceso de esta información se logró por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria”.

Cabe destacar que, en esta investigación, se requirió información secundaria, como lo fueron diez tesis que tratan temas sobre mejora continua de procesos productivos, lo cual ayuda a darle más conocimiento y soporte al tema de estudio.

### 3.3.1 Sujetos de información

Tabla 3.1: Project charter

<b>ACTA CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO</b>	
<b>1.- Fecha:</b> Setiembre 2024	<b>2.- Nombre de Proyecto:</b> Evaluación del proceso actual de ensamble de los integrados en la línea RXH de Dynamics costa rica, con la aplicación de DMAIC y Métodos de trabajo, que disminuya el porcentaje de scrap
<b>3.- Miembros</b> <b>3.1 Equipo de trabajo:</b> - Esteban Alonso Chavarría Porras <b>3.2 Supervisores del Proyecto:</b> Nelson Zamora	<b>4.- Área de aplicación, interesados del proyecto:</b> <i>Dynamics</i>
<b>5.- Fecha de inicio del proyecto:</b> 01/setiembre/2024	<b>6.- Fecha tentativa finalización:</b> 30/abril/2025
<b>7.- Objetivos del proyecto:</b> <b>7.1 Objetivo General:</b> Evaluar el proceso actual de ensamble de los Integrados en la línea RXH de Dynamics Costa Rica, con la aplicación de DMAIC y Métodos de trabajo, que disminuya el porcentaje de scrap <b>7.2. Objetivos Específicos:</b> <b>7.2.1</b> Medir el impacto de los defectos o no conformidades en el ensamble de los integrados en la línea de RXH. <b>7.2.2</b> Determinar las causas raíz de los defectos más recurrentes en el ensamble de los integrados en la línea de RXH. <b>7.2.3</b> Proponer mejoras y controles que garanticen la conformidad de los integrados y, así, reducir el porcentaje de scrap.	
<b>Descripción del producto:</b> Ensamble de integrados	
<b>Necesidad del proyecto:</b> Disminución del scrap al momento de realizar en ensamble de los integrados	
<b>Posibles restricciones:</b> Falta del registro de la información y tiempo para desarrollo del estudio.	
<b>Supuestos:</b> Argumentos formulados a priori que pueden afectar para bien o para mal el proyecto.	

<b>Identificación de grupos de interés (Stakeholders):</b> Esteban Alonso Chavarría Porras	
<b>Cliente(s) directo(s):</b> Dynamics	
<b>Cientes indirectos:</b> público en general	
<b>Aprobado por:</b> Esteban Alonso Chavarría Porras	<b>Firma:</b>
<b>Presentado por:</b> Esteban Alonso Chavarría Porras	<b>Firmas:</b>

Fuente: Autor, 2025.

### 3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

A continuación, se describen las características de las variables de estudio y su conexión con los objetivos específicos de la investigación

Tabla 3.2: Variables de Análisis

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Medir el impacto de los defectos o no conformidades al momento de ensamblar los integrados.	Causa raíz	Factor fundamental que origina un problema o una situación no deseada. Al ser identificado y abordado de manera adecuada, se puede prevenir o solucionar de forma efectiva.	Desarrollar técnicas o herramientas para determinar las causas de la problemática en estudio.	Lluvia de ideas. Diagrama de Ishikawa. Multivoto. Diagrama de Pareto. Diagrama SIPOC. Project charter. Análisis FODA. Diagrama de flujo. Herramienta cinco porqués. Gráficas de control. Análisis de capacidad.
Determinar las causas raíz de los defectos más recurrentes en el ensamble de los integrados	Capacitación	Proceso de adquirir conocimientos, habilidades, competencias y aptitudes específicas para mejorar el desempeño laboral.	Definir e implementar un plan de capacitación para los nuevos conceptos de calidad en el proceso.	Gemba Walk. Reuniones de seguimiento
Proponer mejoras y controles que garanticen la conformidad de los integrados y, así, reducir el scrap y las quejas de los clientes.	Controles de calidad	Son procesos y actividades diseñados para garantizar que los productos o procesos cumplan con los estándares de calidad establecidos.	Estandarizar la propuesta de mejora, una vez que se haya implementado en la empresa. Mantener el control y seguimiento de esta.	Diagrama de Gantt. Reuniones de seguimiento. Metodología 5S. Gemba Walk.

Fuente: Autor, 202

### 3.5 INSTRUMENTOS

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos son los métodos y acciones que permiten al investigador obtener la información necesaria para alcanzar los objetivos de la investigación.

Para la ejecución de este proyecto, se consideraron distintos medios y procedimientos confiables y objetivos que facilitaron la recolección de información que se desarrolló con los objetivos del estudio, los cuales son:

- **Observación:** Esta técnica se utilizó ampliamente en la investigación y recolección de información en diferentes áreas.

Mediante esta técnica, el investigador establece una relación directa con el estudio, para obtener información concreta y detallada de dicho proceso.

Para Barrantes (1999), “la ciencia comienza con la observación y, finalmente, tiene que volver a ella para su validación final.

En cualquier sector de la investigación científica, cabe la observación para descubrir y poner en evidencia las condiciones de los fenómenos (puede ser cotidiana o científica). Ambas se utilizan para obtener conocimientos, pero la segunda es la que debe aplicarse en la investigación” (p. 259).

- **Consulta de documentos:** Es una técnica efectiva para obtener información detallada de cómo se deben de llevar a cabo los procesos productivos. Implica revisar y analizar cuidadosamente los documentos pertinentes e instrucciones de trabajo para comprender los pasos y procedimientos involucrados.

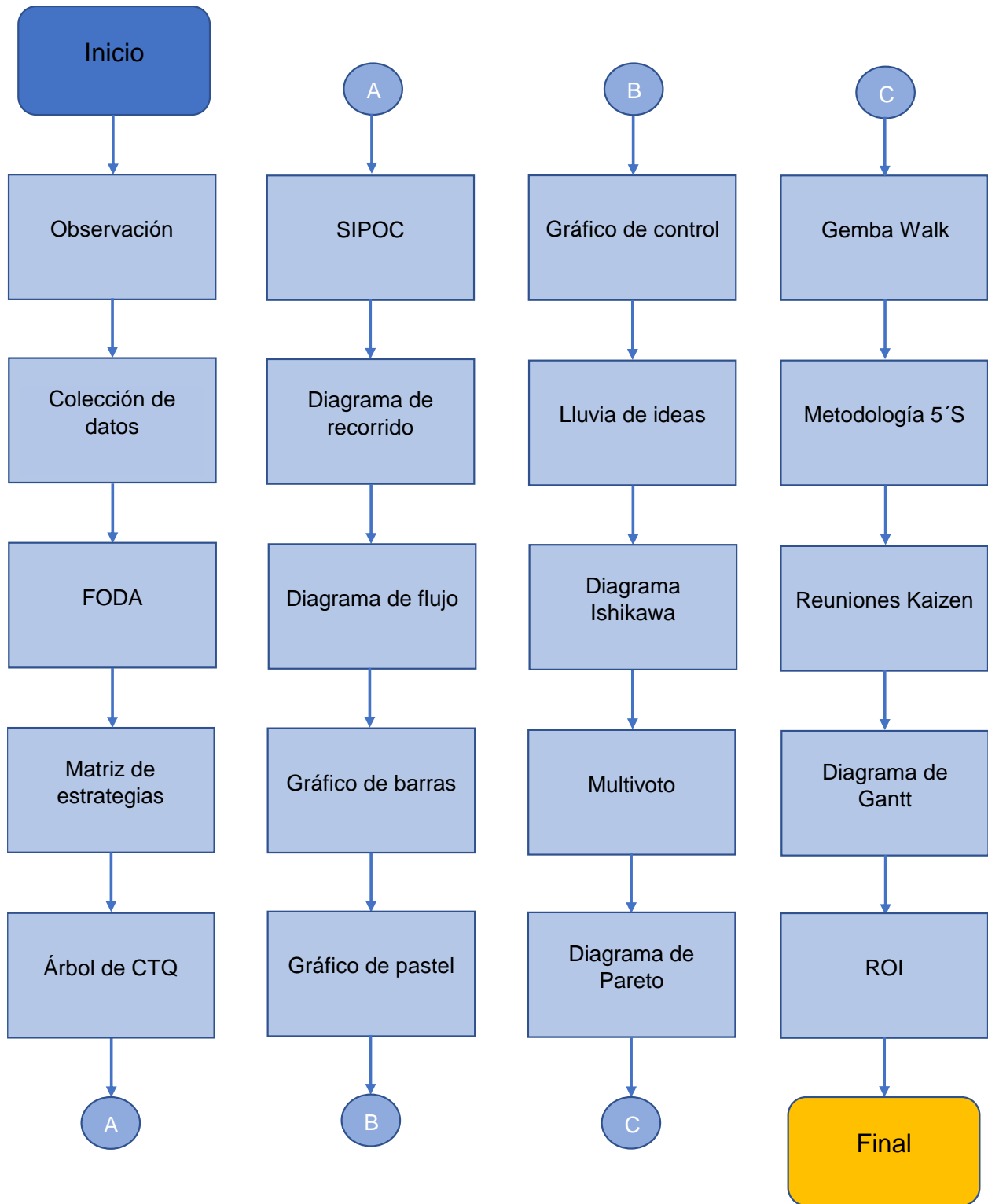
Al implementar esta técnica, se busca lograr una comprensión clara y completa del proceso de producción en estudio.

- **Utilización de herramientas:** Para poder canalizar y recopilar toda la información, se emplearon diversas herramientas ingenieriles mencionadas con anterioridad.

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

A continuación, se describe el proceso para la recolección y análisis de datos.

Figura 3.2: Diagrama de flujo para la recolección de datos



Fuente: Autor, 2025.

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

Dynamics. es una empresa dedicada a la fabricación de integrados electrónicos, se ubica en la Rivera de Belén Heredia, Costa Rica.

El estudio se realizó, específicamente, en cuanto a la fabricación de procesadores electrónicos en la línea de RHX, ya que experimenta múltiples defectos en su elaboración, por lo cual se genera un alto índice de scrap, un aumento de monetario en perdidas, lo más importante, quejas por parte del cliente.

De este modo, se empleó la metodología DMAIC, mediante sus etapas definir, medir, analizar, mejorar y controlar, para llegar a una mejora en el proceso de fabricación de los Integrados, con el fin de disminuir la mayor cantidad de defectos y, por consiguiente, reducirla cantidad de scrap y quejas por parte del cliente.

En este capítulo se desarrollan las tres primeras etapas, a saber, definir, medir y analizar.

#### **4.1 DEFINIR**

En esta etapa, se busca obtener una comprensión clara del problema, identificando el impacto del scrap en la línea RXH y sus implicaciones económicas y operativas. Para ello, se analizó la situación actual del equipo TGB, considera sus alcances, las partes involucradas y la imposibilidad de retrabajo en unidades no conformes.

El presente estudio se centra en la reducción del scrap, generado en el equipo TGB de la línea RXH en la empresa Dynamic, debido al alto costo de las unidades producidas, que varía entre \$4,000 y \$24,000 cada una.

Durante el período de junio a noviembre de 2024, se fabricaron un total de 3,123,583 unidades, de las cuales 609 fueron no conformes, generando una pérdida económica estimada de \$4,870,200, con un costo promedio de \$8,000 por unidad rechazada.

El análisis realizado en julio de 2024 reveló un nivel de scrap del 0.999%, lo que representó pérdidas de \$1,312,000 en un solo mes. Esta situación evidenció la necesidad de abordar el problema y mejorar la eficiencia del equipo TGB, dado que cualquier unidad no conforme se convierte automáticamente en scrap, impactando directamente la rentabilidad de la empresa.

Bajo la metodología DMAIC, este proyecto se estructura en cinco fases:

- Definir las causas principales del scrap en el equipo TGB.
- Medir su impacto en términos de unidades afectadas y pérdidas económicas.
- Analizar las variables clave que influyen en el rechazo de unidades.
- Implementar mejoras en el proceso para reducir el porcentaje de scrap.
- Controlar las soluciones aplicadas para asegurar la sostenibilidad de los resultados.

Este enfoque permitirá minimizar las pérdidas económicas y mejorar la eficiencia operativa en la línea RXH, asegurando una reducción del scrap y optimizar la rentabilidad del proceso productivo.

A continuación, se exponen las herramientas empleadas para el desarrollo de dicha etapa.

#### **4.1.1 Análisis FODA**

Se realizó un análisis FODA para identificar y evaluar el entorno de la empresa, tanto en factores externos como internos, con el propósito de capitalizar las fortalezas, abordar las debilidades, aprovechar las oportunidades y mitigar las amenazas.

Figura 4.1: FODA de Dynamics.



Fuente: Autor, 2025.

Seguidamente, se detalla el análisis de cada factor.

### Fortalezas

- **Tecnología avanzada y automatización:**

Dynamics cuenta con equipos de alta tecnología y procesos automatizados en sus líneas de producción, lo que favorece la precisión y repetibilidad en los ensambles, contribuyendo a la reducción de scrap

- **Capacitación constante:**

Los colaboradores en Dynamics reciben formación continua en procesos de manufactura, control de calidad y mejora de procesos, lo que favorece la detección temprana de problemas y la implementación de soluciones eficaces.

- **Cultura de mejora continua:**

Dynamics tiene una fuerte cultura de mejora continua (Lean Manufacturing, Six Sigma), lo que facilita la implementación de proyectos para reducir el scrap y mejorar la eficiencia en la línea RHX.

- **Sistema de control de calidad robusto:**

Existen controles de calidad en diversas etapas del proceso de ensamble, lo que permite identificar y corregir errores antes de que los productos lleguen al cliente final, reduciendo la posibilidad de scrap.

### **Debilidades**

- **Variabilidad en la calidad de los insumos:**

Aunque los procesos internos de Dynamics son rigurosos, la calidad de algunos insumos o componentes de terceros puede variar, lo que contribuye a la generación de scrap durante el ensamble.

- **Falta de flexibilidad en los procesos:**

Algunas de las líneas de producción pueden no estar suficientemente adaptadas para cambios rápidos o modificaciones de última hora, lo que puede generar ineficiencias y aumento de scrap en situaciones no planificadas.

- **Desviaciones en la capacitación del personal:**

Aunque la capacitación es un punto fuerte, las diferencias en el nivel de conocimiento y habilidades del personal pueden generar errores operativos que aumenten la cantidad de scrap.

- **Falta de un sistema integral de feedback en tiempo real:**

Si bien, se dispone de un control de calidad, la ausencia de un sistema inmediato de retroalimentación sobre el scrap generado podría retrasar la identificación de las causas raíz del problema.

## **Oportunidades**

- **Implementación de tecnologías de monitoreo en tiempo real:**

El uso de sensores y software para monitorear el rendimiento de las máquinas y el proceso de ensamble puede permitir detectar de inmediato desviaciones que conduzcan al scrap, mejorando la eficiencia.

- **Colaboración con proveedores para mejorar la calidad de los insumos:**

Dynamics tiene la oportunidad de trabajar más estrechamente con sus proveedores para garantizar la calidad y homogeneidad de los materiales suministrados, lo que reduciría el scrap generado por problemas en los componentes.

- **Adopción de métodos de mejora continua como DMAIC:**

Aprovechar metodologías como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para enfocar los esfuerzos de mejora hacia la reducción de scrap, ya que esta herramienta estructurada ofrece resultados medibles.

- **Inversión en capacitación especializada:**

Con el creciente enfoque en la automatización y la inteligencia artificial, Dynamics puede ofrecer a su personal formación en nuevas tecnologías y procesos avanzados, optimizando aún más la producción y reduciendo el desperdicio.

## **Amenazas**

- **Riesgo de variabilidad en la demanda de productos:**

La fluctuación en la demanda de los productos puede generar ajustes en la producción que no siempre se alinean con los procesos, lo que puede resultar en mayor scrap por un exceso de producción o ineficiencia en los cambios de lote.

- **Costos crecientes de insumos:**

Los aumentos en los precios de los materiales y componentes pueden poner presión sobre los márgenes, lo que podría reducir la capacidad de inversión en nuevas tecnologías o procesos para disminuir el scrap.

- **Cambios regulatorios en la industria electrónica:**

Las regulaciones ambientales o de seguridad más estrictas podrían afectar los procesos de manufactura, generando dificultades en la gestión de scrap y en la adaptación de las líneas de producción.

- **Competencia y presión por reducir costos:**

La presión constante para reducir costos en la industria electrónica puede llevar a recortes en áreas clave como mantenimiento preventivo o control de calidad, lo que podría aumentar la tasa de scrap.

#### **4.1.2 Matriz de estrategias FODA**

Esta herramienta de análisis estratégico se utiliza para evaluar la situación actual de la empresa al relacionar las fortalezas y debilidades internas con las oportunidades y amenazas externas.

Así, esta matriz ayuda a la empresa a generar estrategias al considerar cómo aprovechar las fortalezas para maximizar las oportunidades, superar las debilidades para aprovechar las oportunidades, mitigar las debilidades frente a las amenazas y poder defenderse de estas.

En la siguiente figura, se muestra la matriz de estrategias FODA empleada:

Figura 4.2: Matriz de estrategias FODA de la empresa Dynamics.

		Factores Internos	
		Fortalezas	Debilidades
Factores externos	Oportunidades	<b>Estrategia FO</b>	<b>Estrategia DO</b>
		Optimización tecnológica mediante monitoreo en tiempo real: Utilizar la tecnología avanzada y los sistemas automatizados de Dynamics para implementar herramientas de monitoreo en tiempo real que permitan identificar rápidamente las causas del scrap. Fortalecer la capacitación en metodologías de mejora continua: Aprovechar la cultura de mejora continua y los programas de formación existentes para capacitar al personal en tecnologías como DMAIC, enfocando los esfuerzos en la reducción de scrap.	Capacitación especializada en automatización y calidad: Reducir las desviaciones en el conocimiento del personal mediante programas de formación en tecnologías específicas de monitoreo y mejora continua. Adaptación de los procesos a la variabilidad de insumos: Desarrollar sistemas flexibles que permitan ajustar los parámetros de producción según las características de los materiales recibidos.
	Amenazas	<b>Estrategia FA</b>	<b>Estrategia DA</b>
		Diversificación de métodos de control para cambios regulatorios: Utilizar el sistema de calidad robusto y la cultura de mejora continua para adaptar los procesos a cualquier cambio regulatorio que impacte la gestión de scrap. Mejorar la planificación de la producción ante fluctuaciones de demanda: Usar el monitoreo avanzado y la automatización para ajustar las tasas de producción según las variaciones en la demanda y minimizar el scrap por exceso.	Estandarización y automatización en áreas críticas del proceso: Reducir la dependencia de habilidades individuales mediante la estandarización y el uso de tecnología en las fases más propensas al scrap. Revisión exhaustiva de insumos frente a cambios regulatorios: Establecer controles adicionales en los materiales suministrados para anticiparse a las exigencias regulatorias y evitar incrementos de scrap por componentes no conformes.

Fuente: Autor, 2025.

Estas estrategias se desarrollan en un plan de acción más detallado. La empresa debe considerar sus recursos, capacidades y objetivos al implementarlas para mejorar su situación y aprovechar las oportunidades del mercado; al mismo tiempo que aborda las amenazas y debilidades identificadas

### **Estrategias FO (Fortalezas + Oportunidades)**

La estrategia FO se centra en utilizar las fortalezas internas de la empresa para aprovechar las oportunidades externas del mercado.

Optimización tecnológica mediante monitoreo en tiempo real: Utilizar los sistemas automatizados y la tecnología avanzada de Dynamics para implementar sensores y herramientas de monitoreo en tiempo real dentro de las líneas RXH. Esto permite detectar

desviaciones en los parámetros de calidad antes de que se traduzcan en scrap, reduciendo tiempos de reacción y costos asociados. Esta estrategia se traduce en una propuesta de mejora tecnológica, enfocada en integrar sensores avanzados en puntos clave del proceso de ensamble. Esto permitirá tomar decisiones basadas en datos en tiempo real, optimizando el rendimiento de la línea y reduciendo los desperdicios.

Fortalecer la capacitación en metodologías de mejora continua.

Aprovechar los programas de formación internos para capacitar a los colaboradores en metodologías como DMAIC y Six Sigma, alineando los conocimientos del personal con las metas de reducción de scrap.

Incluir un plan de capacitación para el personal involucrado en las líneas RXH. Este plan debe enfocarse en herramientas de análisis y mejora continua, lo que contribuye a que los operarios puedan identificar y solucionar problemas de calidad de manera más eficiente.

### **Estrategia DO (Debilidades + Oportunidades)**

La estrategia DO se enfoca en abordar las debilidades internas de la empresa para aprovechar las oportunidades externas del mercado.

Capacitación especializada en automatización y calidad:

Superar la falta de habilidades técnicas uniformes mediante programas de formación especializados en automatización y herramientas de control de calidad avanzadas, asegurando que todos los operarios puedan operar y mantener los sistemas implementados.

Proponer una estrategia de formación personalizada que incluya sesiones prácticas y teóricas sobre las tecnologías específicas que se utilizan en las líneas RXH. Esto garantizará que el personal esté preparado para manejar las herramientas necesarias para reducir el scrap.

Fortalecer la flexibilidad en las líneas de producción:

Diseñar procesos más flexibles y adaptables que permitan ajustar parámetros operativos en respuesta a variaciones en los insumos o cambios en la demanda. Esto ayuda a reducir el scrap generado por inconsistencias en el proceso.

Plantear un rediseño de ciertos pasos del proceso de ensamble en las líneas DLA y en los mantenimientos, con el objetivo de permitir ajustes rápidos y minimizar las ineficiencias operativas. Esto puede incluir propuestas como cambios en los procedimientos estándar, mantenimientos o mejoras en la programación de la producción.

### **Estrategia FA (Fortalezas + Amenazas)**

Esta estrategia tiene como objetivo utilizar las fortalezas internas de la empresa para mitigar o defenderse de las amenazas externas del mercado.

Diversificación de métodos de control para cambios regulatorios

Aprovechar los sistemas robustos de calidad y la experiencia en procesos de Dynamics para diseñar controles que cumplan con regulaciones actuales y anticipen posibles cambios normativos. Esto evita que las nuevas exigencias impacten negativamente la tasa de scrap.

Incluir propuestas de controles adicionales que sean fácilmente adaptables a nuevas normativas. Esto refuerza la gestión de calidad y asegura la continuidad del cumplimiento normativo, incluso en un entorno regulatorio cambiante.

Mejorar la planificación de la producción ante fluctuaciones de demanda

Usar herramientas predictivas basadas en datos históricos para planificar la producción de manera que se reduzca el exceso de inventarios y scrap generado por ajustes imprevistos en los niveles de demanda.

Incluir un modelo de planificación basado en análisis de demanda, que permita a las líneas DLA programar sus operaciones de manera más eficiente y con menos desperdicio.

### **Estrategia DA (Debilidades + Amenazas)**

La estrategia DA se enfoca en cómo se pueden abordar las debilidades internas de la empresa para mitigar o defenderse de las amenazas externas del mercado.

Estandarización y automatización en áreas críticas del proceso

Identificar las áreas del proceso de ensamble donde más scrap se genera y estandarizar las operaciones mediante protocolos claros y herramientas automatizadas, reduciendo errores humanos y aumentando la consistencia.

Plantear un análisis de las fases críticas del ensamble en las líneas RXH, identificando aquellas que tienen mayores tasas de scrap. A partir de esto, proponer procedimientos estandarizados y automatizados que minimicen variaciones en los resultados.

Revisión exhaustiva de insumos frente a cambios regulatorios

Diseñar controles adicionales para garantizar que los materiales cumplan con las normativas más exigentes y minimizar el impacto de la variabilidad en la calidad de los insumos sobre el proceso de ensamble.

Proponer un sistema de auditorías regulares a los insumos, proveedores, operarios y técnicos, asegurando que cumplen con los estándares protocolos establecidos y que no contribuyen al incremento del scrap.

El uso de la matriz de estrategias FODA le proporcionó a la empresa Dynamics una dirección estratégica que le puede ayudar a mejorar su calidad, eficiencia y posición en un mercado que se encuentra en constante fluctuación.

A efectos del estudio, se aplicó la estrategia DO, que se ajustó con el tema del costo operativo del producto, el cual es fundamental para la empresa.

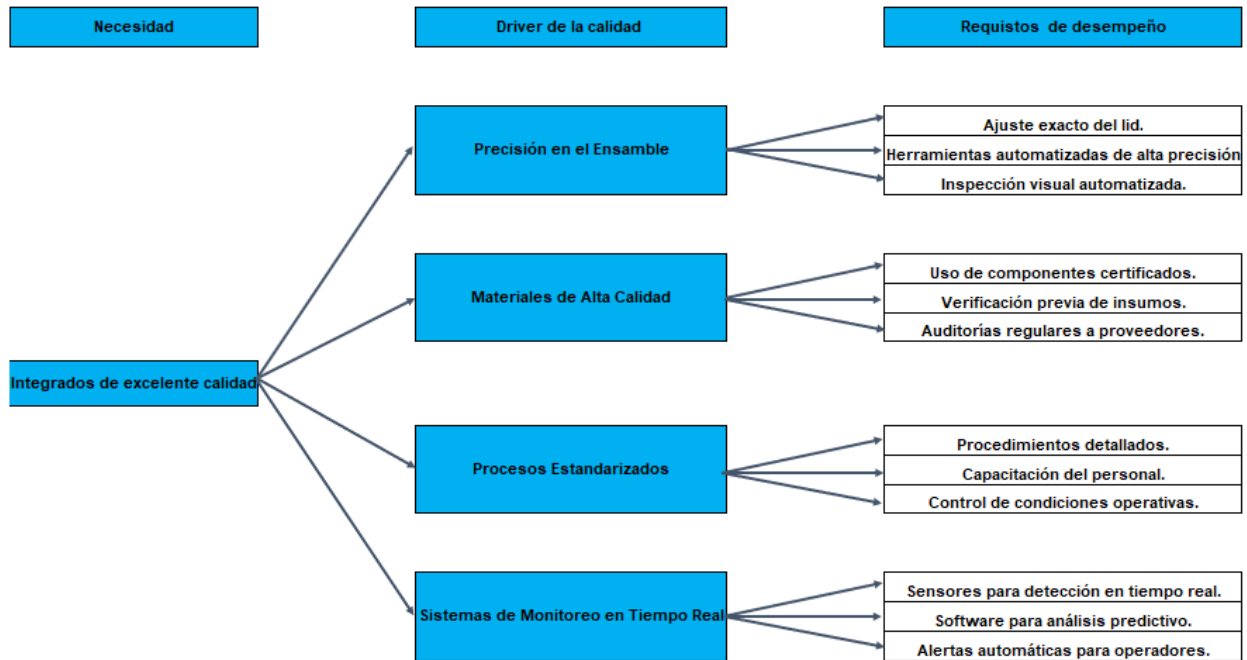
#### **4.1.3 Árbol de CTQ**

Se hizo uso del árbol de CTQ para identificar los factores que afectan la calidad del producto, los procesos y la satisfacción del cliente de los integrados fabricados por la empresa Dynamics. Cabe mencionar que cada uno de estos elementos posee subfactores adicionales que deben abordarse para mejorar la calidad del producto y satisfacer al cliente.

Al enfocarse en estos factores, la empresa mejoraría la calidad de los integrados y reduciría los costos asociados al scrap.

A continuación, se muestra el árbol de CTQ:

Figura 4.3: Árbol de CTQ para los requerimientos del cliente



Fuente: Autor, 2025.

En la figura anterior, se presenta un orden de los aspectos que el cliente estableció como críticos para su producto, los cuales se describen seguidamente:

### Precisión en el Ensamble

En el proceso de ensamble de los integrados, la precisión es un factor crítico para evitar defectos como el desplazamiento del lid.

Las tolerancias extremadamente pequeñas en la posición de lid requieren herramientas y métodos que aseguren una colocación exacta desde el primer intento. Si el posicionamiento inicial es incorrecto, puede generar scrap.

Para abordar este desafío, es fundamental verificar los correctos mantenimientos de, los brazos robóticos, el alineamiento de los conveyors entre los equipos que trabajan de guías para transportar las unidades y que estos garanticen que ajuste milimétrico del lid no se ha perdido.

## **Materiales de Alta Calidad**

El uso de componentes y materiales de alta calidad es esencial para garantizar que las piezas involucradas en el ensamble no presenten defectos de fábrica. En el caso del lid, cualquier inconsistencia en su diseño o fabricación puede provocar un mal ajuste, lo que contribuye al incremento del scrap.

La importancia de implementar auditorías regulares a los proveedores para asegurar que los insumos cumplan con las especificaciones técnicas establecidas. Esto podría incluir controles de calidad antes de que los componentes ingresen a la línea de ensamble, minimizando la variabilidad en las piezas y reduciendo la posibilidad de defectos que generen scrap.

## **Procesos Estandarizados**

La estandarización de los procesos asegura que cada operador o equipo siga las mismas pautas para realizar sus tareas, reduciendo errores y variaciones en el ensamble. Esto es especialmente importante en un entorno de alta tecnología como Dynamics, donde cualquier inconsistencia en los procedimientos puede traducirse en defectos como el desplazamiento del lid.

La estandarización de los pasos involucrados en el posicionamiento y ajuste del lid será clave para reducir el scrap.

Esto incluye el diseño de procedimientos operativos claros, el uso de herramientas específicas para tareas críticas y la capacitación continua del personal en estas metodologías.

Además, la estandarización permite integrar mejoras de manera consistente en toda la línea

## **Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real**

Los sistemas de monitoreo en tiempo real permiten detectar y corregir desviaciones en el proceso de ensamble al momento en que ocurren, evitando que los defectos se propaguen a lo largo de la línea.

Esto es particularmente útil en la identificación de problemas relacionados con la posición del lid, ya que permite acciones correctivas inmediatas.

La implementación de sensores avanzados y software de análisis en tiempo real para monitorear continuamente la posición del lid.

Estos sistemas podrían generar alertas automáticas si detectan desviaciones críticas, permitiendo a los operadores o al sistema automatizado realizar ajustes inmediatos.

Esto no solo reduce el scrap, sino que también mejora la eficiencia general del proceso de ensamble.

Al observar el árbol de CTQ, se determinó que la empresa Dynamics no está cumpliendo a cabalidad con los requisitos de desempeño, lo cual provoca un impacto negativo en el cliente y el scrap.

Esto permitió contemplar la implementación de medidas que garanticen el mejoramiento del proceso actual y, de esta forma, satisfacer las necesidades del cliente y la reducción del scrap.

#### **4.1.4 Diagrama SIPOC**

El diagrama SIPOC es una herramienta utilizada en la metodología Six Sigma y en la gestión de procesos para comprender y visualizar de una manera clara y sencilla un proceso.

Esta ayuda a las organizaciones a identificar quiénes son los interesados clave en el proceso. También se emplea como punto de partida para un análisis más detallado, identificación de oportunidades de mejora y optimización de la cadena de suministro.

A continuación, se muestra el diagrama SIPOC de la empresa Dynamics, en el cual se visualizan los diferentes factores que interactúan en el proceso de la fabricación de integrados:

Figura 4.4: SIPOC del proceso de fabricación de integrados

S	I	P	O	C
SUPLIDOR	ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	CLIENTES
Proveedores de componentes	Lids, adhesivos, tornillos, sensores, componentes, tornillería, repuestos, químicos	Recepción y verificación de materiales	Integrados, ensamblados sin defectos	Cientes finales de Dynamics (empresas)
Fabricantes de herramientas y maquinas	Herramientas, maquinas de ensamble y equipos de inspección automatizada	Colocación precisa del lid con herramientas y maquinas automatizadas.	Datos de monitoreo de calidad	Equipos de prueba de control interno
Empresas de tecnología (software y hardware)	Software para monitoreo en tiempo real, sensores para inspección	Inspección en tiempo real de la posición del lid.	Reportes sobre defectos detectados	Operadores, técnicos, ingenieros y gerentes de la línea RXH

Fuente: Autor, 2025.

Seguidamente, se explican con más detalle los elementos de la tabla anterior:

### Suplidor

Son las fuentes que proveen los recursos necesarios para el proceso de ensamble. Los proveedores de componentes como los lids y sensores entre otros son clave, ya que la calidad de los insumos afecta directamente el scrap. Además, los fabricantes de herramientas y sistemas tecnológicos deben garantizar que sus productos sean confiables y precisos, alineados con los estándares de Dynamics.

### Entradas

Son los materiales, herramientas, y recursos que alimentan el proceso de producción.

Los insumos como el lid deben cumplir con estrictas especificaciones dimensionales para evitar defectos en el ensamblaje. Las herramientas y sensores también deben estar calibrados correctamente para garantizar un monitoreo y ajuste precisos en tiempo real.

## Proceso

Es el conjunto de actividades realizadas para convertir las entradas en salidas.

Este es el núcleo de análisis, ya que aquí se identifican los pasos críticos donde pueden ocurrir defectos, como el desplazamiento del lid. Acá se describe el proceso en la línea RXH, es la etapa central donde se hace la transformación de las entradas en salidas donde se centra la investigación. A continuación, se detalla cómo se efectúa el proceso:

- 1- En la máquina de dispensado de sealant adhesivo (Asymtek), un adhesivo sealant se dispensa sobre el sustrato. El propósito del sealant adhesivo es adjuntar mecánicamente el disipador (Lid) de calor al sustrato.
- 2- A continuación, el flux se dispensa en la parte superior del die antes de la colocación del preform, esto sucede en la cuarta dispensadora (Asymtek) o dispensadora de flux
- 3- En la máquina de pick and place (Iflex) del solder, un material de conducción térmica se pone sobre el die, se usa un rectángulo suave de metal (llamado preform). El propósito del material de conducción térmica es proveer una ruta térmica desde la parte posterior del die hacia la superficie de arriba del disipador de calor (Lid). Esta conexión de "metal a metal a metal" crea una buena ruta para remover el calor del die.
- 4- Todas las cuatro superficies (parte superior del die, parte inferior del preform, parte superior del preform y parte inferior del lid) desarrollan óxido al exponerse al aire; estos óxidos inhibirán el pegado del solder. El flux se utiliza para remover estos óxidos químicamente, y debe cubrir todas las superficies a unirse, por lo que otra dispensadora de flux (Asymtek) coloca otra capa de Flux sobre el preform.

- 5- Las unidades son inspeccionadas en el equipo IIS por medio de una cámara super precisa con luces led, para verificar la colocación del sealant y el preform en la unidad estos deben de estar dentro de los parámetros de medidas y pociones según la receta del producto que se esté procesando.
- 6- En la máquina (LPP) se realiza la colocación del disipador de calor o tapa de la unidad (Lid), este disipador se coloca sobre el sustrato. El propósito de la operación de colocación del Lid, sobre el sustrato de una manera muy precisa por medio de dos brazos robóticos que realizan una medición por medio de una cámara de las unidades para verificar las opciones de cada para luego tomar el lid y colocarlo según la receta que se está trabajando esto con una precisión de cuatro micras de tolerancia dentro de las medidas de la receta.
- 7- Las unidades ya como conjunto (sustrato, Die, preform y el lid) son sometidas a un curado en el equipo (TGB). El propósito del curado es asegurar la sujeción mecánica adecuada entre el sustrato y el Lid, esto se lleva a cabo por medio de unos calentadores (thermos) que tiene el equipo que trabajan a 148 grados C, y los mismos suministran presión 150N a cada una de las unidades por un tiempo de 2 minutos por ciclo del cual se curan 4 trays ya sea 4up o 6up según el producto que se esté trabajando. En el equipo (TBG), el preform se calienta casi al punto de fundición, y el solder se pega al die y al lid. Nota: El preform no se derrite en el equipo TGB; este proceso es para realizar un pre curado y se pueda obtener la unión del sealant con el sustrato y el lid.
- 8- Las unidades salen hacia el equipo OIS el cual es una cámara super precisa con luces led y un dispositivo laser de medición que realiza la inspección de las unidades para verificar si la posición del Lid es correcta según las medidas y tolerancias de la receta que se está trabajando. Al equipo realizar la inspección, en la pantalla se debe de una figura que simula las unidades y sus pociones en el tray, cuando la acamara las inspecciona en la pantalla deben de verse al figura de las unidades de color verde, esto indica que el equipo las acepte como

buenas(están en rangos correctos de medidas), en algunas ocasiones algunas unidades salen en color amarillo esto indica que se debe de realizar un ajuste de los calippers de la receta moviéndolos para que el equipo vuelva a realizar inspección y las acepte como buenas. También en algunas ocasiones salen unidades en color azul, esto significa que se debe de ajustar los fiduciales los cuales son unas marcas en el sustrato que funcionan para que la cámara se puede posicionar para realizar las inspecciones por lo que realiza el ajuste de los fiduciales en el programa del equipo, para que se puede realizar una correcta revisión y las unidades sean aceptadas como buenas y en otros casos salen unidades de color Negro estas unidades son las que quedan mal posicionadas o desplazadas y el equipo las interpreta como scrap a este fallo no se puede realizar ningún tipo de ajuste por loque se debe de aceptar el rechazo.

9- Las unidades son enviadas seguidamente al JLP de salida para ser apiladas en el JLP Cart.

10-Los JLP Carts son llevados al área de wip de línea donde queda en espera que sea movido por otro operario ala siguiente operación.

### **Salidas:**

En esta sección se enumeran los productos resultantes del proceso, en este caso, los integrados

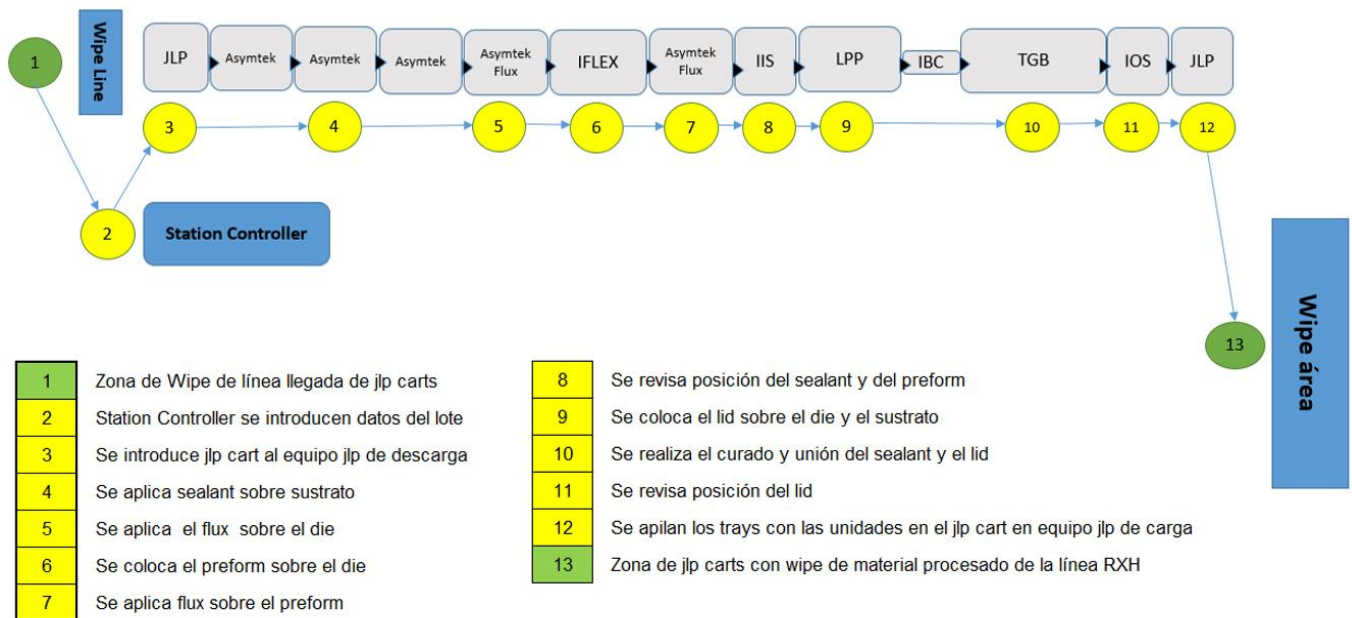
### **Clientes:**

Aquí se identifican los clientes o destinatarios finales de las salidas del proceso, por lo que en el caso de los integrados son los clientes que continúan con la siguiente operación de test.

### 4.1.5 Diagrama de recorrido

Esta herramienta se utiliza para visualizar y analizar el flujo del proceso productivo, identificando ineficiencias, cuellos de botella, tiempos de espera y oportunidades de mejora en la disposición física del trabajo. En este caso, el diagrama de recorrido de la línea RXH de la empresa Dynamics permite comprender mejor el flujo de fabricación de los integrados y su impacto en la eficiencia del proceso.

Figura 4.5: Diagrama de recorrido de Dynamics



Fuente: Autor, 2025.

Como se observa en la figura, el material inicia su recorrido en la línea de RXH desde la zona de Wipe de línea (punto 1).

Se lleva el etraveler a la station controller donde se carga la identidad del lote en el sistema (punto 2).

Seguido se carga el jlp cart en el equipo jlp de descarga para alimentar la línea por los conveyors front y rear de cada maquina (punto 3).

En los tres primeros equipos Asymtek se dispensa el sealant a las unidades en la parte del sustrato (punto 4).

En este equipo Asymtek se dispensa flux sobre el die de la unidad (punto 5). Seguidamente, se le coloca el preform sobre el die de la unidad (punto 6). En este equipo se dispensa flux sobre el preform (punto 7).

En este equipo se realiza una revisión por medio de una cámara de visión de la posición del sealant y del preform en la unidad (punto 8).

En este punto el equipo por medio de dos brazos robóticos coloca el Lid sobre las unidades el mismo equipo detecta si los Lid están bien posicionados (punto 9).

Se realiza el curado y la unión del sealant y el lid (punto 10). En este equipo se realiza una revisión por medio de una cámara de visión de la posición del lid en la unidad las mimas pueden pasar, presentar un fallo y se debe de ajustar o puede salir con el lid mal posicionado generando scrap (punto 11).

Seguido, las unidades entran al jlp donde el equipo carga el jlp cart apilando los trays hasta terminar de pasar todo el lote por la línea (punto 12).

En este último punto, es llevado el jlp cart al terminar el proceso en la línea RXH aquí se queda hasta ser movido a la siguiente operación (punto 13).

Este trayecto recorre una distancia desde el punto 1 al punto 13 de 20mt con un tiempo promedio total de 3h.

Sin embargo, el análisis del diagrama de recorrido permite identificar dos aspectos clave que impactan la productividad y la generación de scrap:

- Impacto de los retrabajos en la eficiencia del proceso

En la línea RXH, varios equipos permiten retrabajar unidades no conformes, lo que implica movimientos adicionales en el recorrido del material.

Estos reprocesos pueden aumentar el sit time (tiempo de permanencia de las unidades en la línea), afectando la productividad si los tiempos de retrabajo no están controlados.

Un lote que exceda las 3 horas de procesamiento podría indicar un cuello de botella o una acumulación excesiva de reprocesos.

- Impacto del scrap en el equipo TGB

A diferencia de otros equipos, el TGB no permite retrabajo, lo que significa que cualquier unidad rechazada en este punto se convierte directamente en scrap.

El diagrama de recorrido muestra que, si hay una alta cantidad de rechazos en TGB, el scrap generado será proporcionalmente mayor, aumentando las pérdidas económicas.

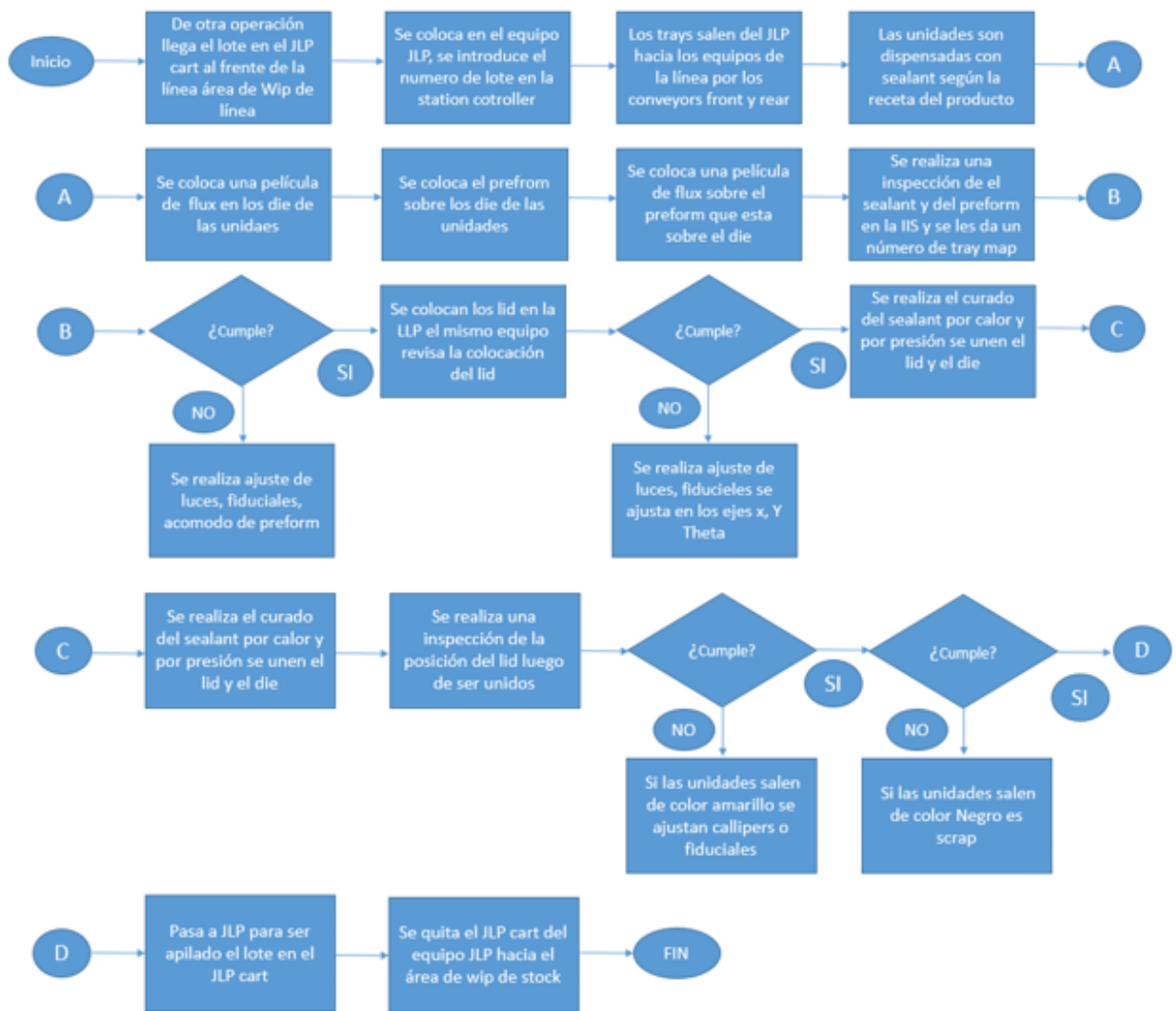
En conclusión, el análisis del recorrido evidencia que el tiempo de procesamiento y los retrabajos impactan directamente la eficiencia de la línea y la generación de scrap. Al monitorear el tiempo total de recorrido y los puntos donde ocurren más reprocesos, es posible detectar desviaciones y optimizar la gestión del scrap en la línea RXH.

#### **4.1.6 Diagrama de flujo**

Se elaboró el diagrama de flujo para representar gráficamente el procedimiento de fabricación de los integrados, en la línea RXH. Esta herramienta permite visualizar de forma secuencial y clara las etapas del proceso, utilizando símbolos estandarizados para mostrar las actividades, decisiones e interacciones que ocurren en cada estación de trabajo.

A continuación, se aprecia el diagrama de flujo que lleva el proceso de ensamble del integrado en la línea RXH:

Figura 4.6: Diagrama de flujo de los integrados.



Fuente: Autor, 2025.

Como se aprecia en la figura anterior, el material realiza un recorrido por la línea de RXH de la siguiente manera el lote llega de otra operación(línea) al frente de la línea de producción al área marcada como Wipe en un JLP Cart, se toma el etraveler que contine la descripción, numero del lote, esto es la identificación.

Se introducen los datos del lote en la station controller y al mismo tiempo se coloca el JLP cart en el equipo JLP, la station controller marca el inicio de toda la línea y carga el número de lote en los equipos para poder subir el Jlp cart al equipo y que inicie a descargar los trays por los conveyors front y rear de todos los equipos.

Los trays con las unidades comienzan a pasar por los equipos Asymtek donde se aplica el dispensado de sealant adhesivo.

Seguido pasa por otro equipo Asymtek que dispensa flux en la parte superior del die, y pasa para el equipo lflex para que le coloque el preform sobre el die que trabaja como material de conducción térmica.

Luego pasa por otro equipo Asymtek que le vuelve a colocar flux.

Seguido pasa por el equipo IIS el cual es una cámara que revisa la posición del sealant y el preform.

Seguido pasa para el equipo LPP que son dos brazos robóticos que colocan los lids en las unidades de cada tray ella misma con sus cámaras verifica la posición correcta del lid.

Seguido pasar por el IBC que es un buffer que conduce al equipo TGB este equipo aplica calor y presión a las unidades uniendo el lid y el sustrato realizando un curado para el sealant formando una unión.

Luego pasa por el equipo OIS que es una cámara que revisa la posición de los lids en las unidades para verificar que no estén corridas (T02), ya para finalizar los trays entran al JLP de salida para ser apilados en el JLP Cart. Cuando todo el lote ha pasado el proceso y se encuentra en el JLP Cart la station controller da por terminado el lote y el operario puede sacar el JLP Cart para llevarlo al área de Wipe Stock.

El tiempo promedio para completar el ciclo completo de producción es de 3 horas, con un recorrido continuo desde el punto de entrada hasta la salida del JLP Cart.

El uso de esta herramienta permite identificar varios elementos clave para el análisis del proceso:

- Visualización de puntos críticos del proceso

El diagrama permite ubicar con claridad en qué estaciones se ejecutan actividades críticas como inspecciones (IIS y OIS) y curado (TGB), lo que facilita enfocar los esfuerzos de mejora en estas zonas.

- Identificación de posibles fuentes de scrap

Se observa que las inspecciones automáticas determinan si una unidad continúa en el proceso o se desvía por no conformidad. En especial, el equipo TGB representa un

punto crítico, ya que las unidades no conformes no pueden ser retrabajadas, convirtiéndose automáticamente en scrap

- Relación entre secuencia del proceso y tiempo de ciclo

El flujo completo dura en promedio 3 horas por lote, por lo tanto, cualquier interrupción, reproceso o parada en alguno de los equipos puede aumentar el tiempo total del proceso (sit time), afectando la eficiencia general y provocando acumulación o sobrecarga en estaciones posteriores

- Base para optimización y control

Tener una representación visual clara permite realizar análisis más profundos con herramientas como análisis de tiempos, estudios de capacidad, y evaluación de cuellos de botella, lo cual es fundamental para la implementación de mejoras sostenibles bajo la metodología DMAIC.

El diagrama de flujo no solo permite representar el proceso de ensamble, sino que aporta valor al análisis identificando puntos de control, fuentes de generación de scrap y oportunidades para optimizar tiempos y recursos. Su aplicación refuerza la comprensión del proceso productivo y sirve como base para la toma de decisiones dentro del proyecto.

## **4.2 MEDIR**

Esta fase se centró en recopilar datos y medir el rendimiento actual del proceso. Al respecto, se muestran datos del proceso de fabricación los integrados, desde su costo, precio de venta, entre otros datos que posibilitaron obtener una comprensión cuantitativa de cómo se encuentra el proceso de fabricación de los integrados en la línea RXH de la empresa Dynamics.

En la siguiente tabla se observan los datos recolectados:

### **Significados de los códigos de fallas**

**TD 02:** Integrated heat spreader misalignment / Este fallo es cuando el lid queda mal posicionado en el sustrato y es curado por el equipo TGB.

**TD 23:** Missing sealant / Falta de Sealant en las unidades al pasar por los equipos Asymtek.

**TD 63:** Bond thermodo temperatura failure / Falla de temperatura del thermodo, el mismo deja de calentar y la temperatura cae del setpoint de la receta del producto.

**TD 95:** Lid height reject / Rechazo por altura del Lid, al ser curado el lid y el sustrato en el equipo TGB este queda levantado por mal posicionamiento de la unidad en el poket.

**GN 02:** Equipment malfunction, Abort / Este fallo corresponde a un mal funcionamiento del equipo y el mismo se aborta o cancela el ciclo de proceso.

**GN 13:** Human processing error / Error humano de proceso

Tabla 4.2: Datos recopilados en los Gemba Walk

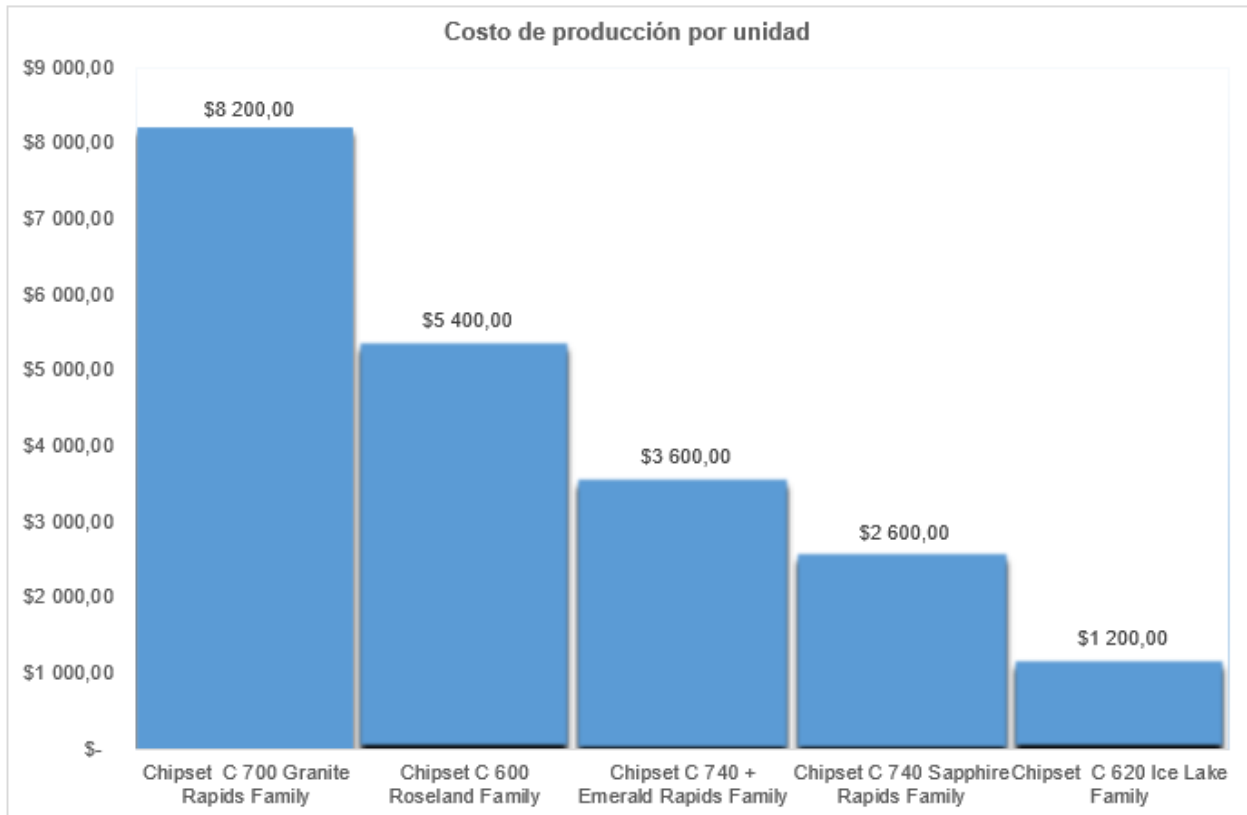
	TD 02	TD 23	TD 63	TD 95	GN 02	GN 13
21	0	0	2	10	0	
15	1	0	0	9	0	
19	0	0	3	7	0	
26	1	0	2	3	0	
25	1	0	0	4	0	
15	0	0	2	2	0	
30	0	0	2	0	0	
10	1	0	0	3	0	
17	3	0	2	0	2	
11	2	2	0	0	3	
24	0	0	3	0	0	
16	2	1	0	0	1	
46	1	0	6	5	3	
35	2	0	5	7	5	
29	0	0	3	2	4	
16	2	0	4	1	2	
19	3	2	0	2	0	
16	1	0	7	0	1	
14	0	0	5	1	0	
12	1	1	3	0	0	
12	0	0	3	1	0	
10	1	0	1	0	0	
6	1	0	1	0	0	
4	0	0	0	0	0	
<b>Total</b>	<b>448</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>54</b>	<b>57</b>	<b>21</b>

Fuente: Autor, 2025.

#### 4.2.1 Costos de producción

Se elaboró un gráfico de barras para visualizar y comparar los costos de producción de los diferentes productos fabricados en la empresa:

Figura 4.7: Costos de producción de Dynamics en la línea RXH



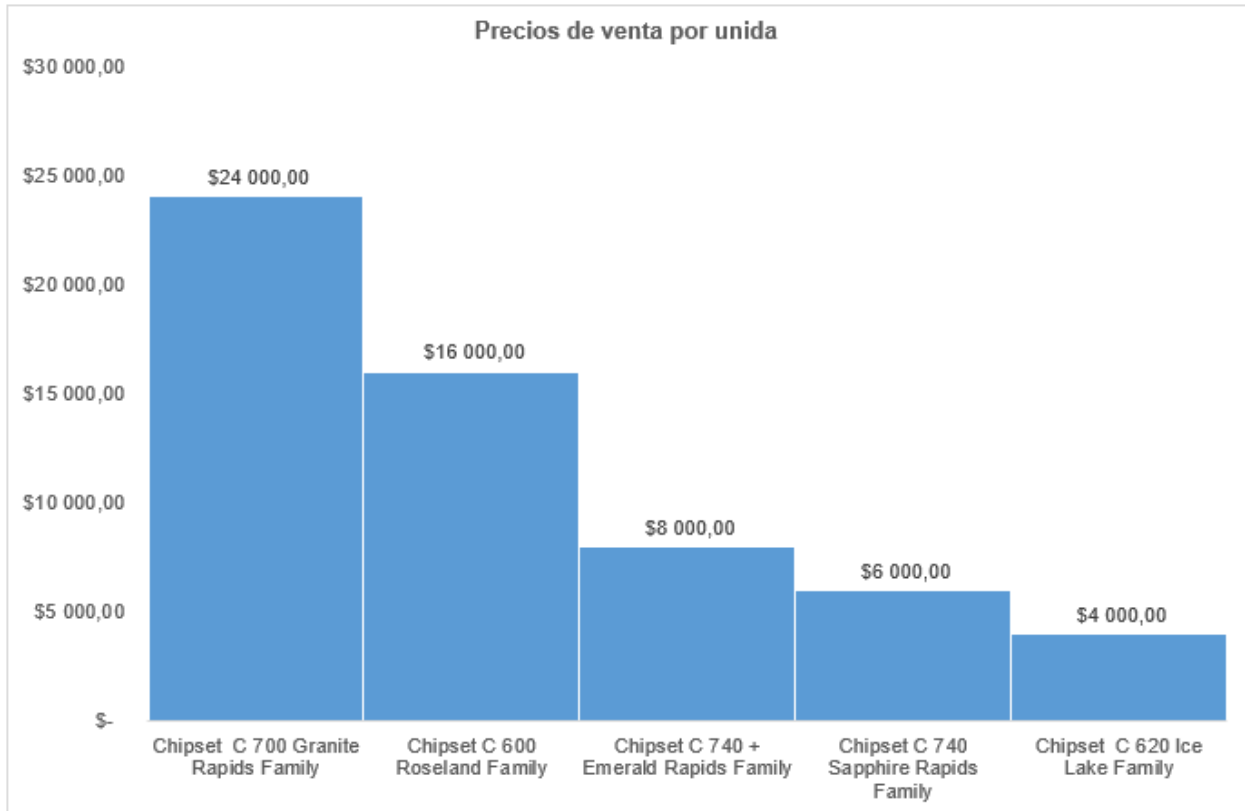
Fuente: Autor, 2025

En la figura anterior, se muestran los costos con valores aproximados de producción de los principales productos fabricados en Dynamics, donde se observa que el producto EMR MCC está dentro de los productos cuyo costo de producción es el más elevado, lo cual justifica por qué el estudio se enfocó en dicho producto. Para la empresa es de gran relevancia identificar los problemas que se presentan en este proceso al ser los de mayor costo para esta.

#### 4.2.2 Precios de venta por unidad

Para poder analizar de manera más clara lo que ocurre con los productos de la empresa, se realizó el siguiente gráfico:

Figura 4.8: Precios de venta por unidad en Dynamics.

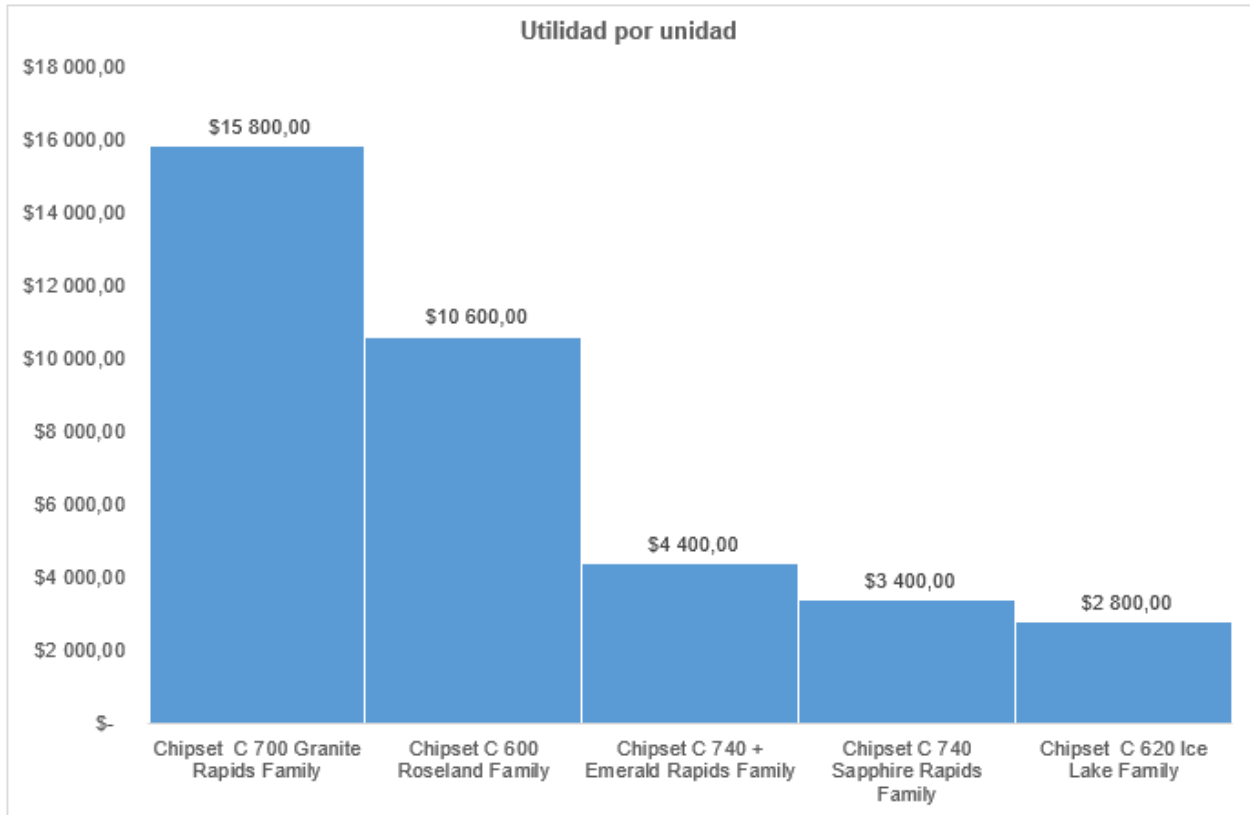


Fuente: Autor, 2025

### 4.2.3 Utilidades por unidad

Se hizo la siguiente gráfica para comprender las utilidades que la empresa puede obtener con cada uno de sus productos:

Figura 4.9: Utilidad por unidad en Dynamics.



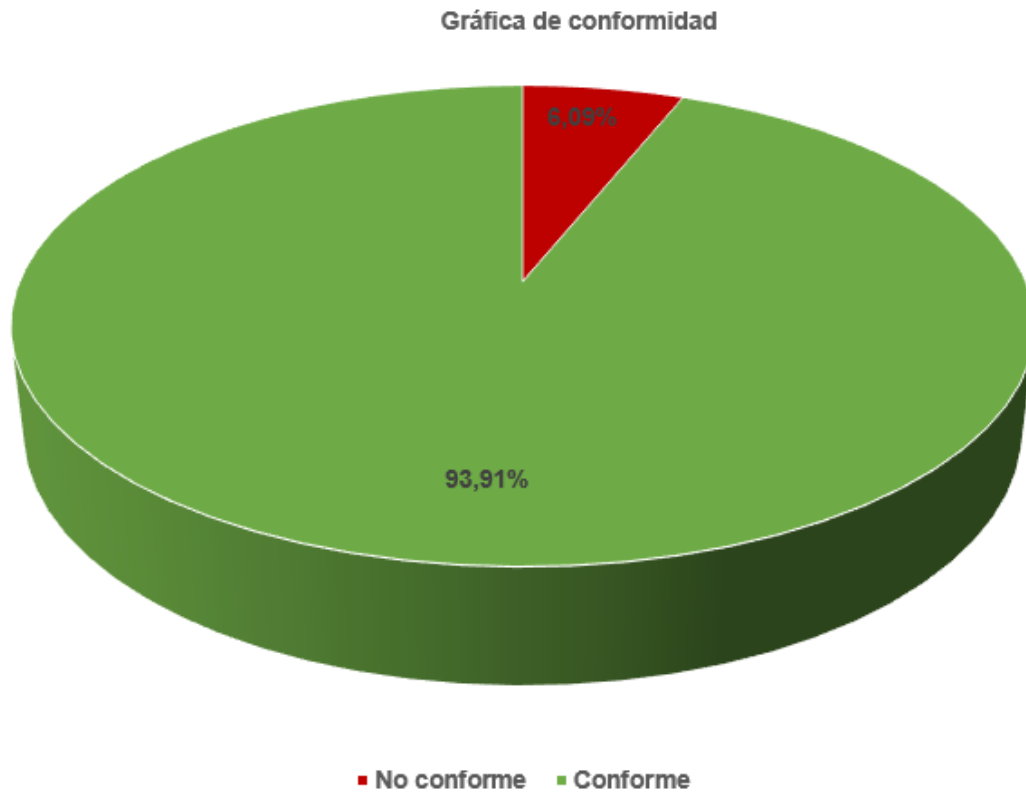
Fuente: Autor, 2025

En la figura previa, se exhiben los márgenes de utilidad que genera cada producto, siendo evidente que el Integrados el producto que menos contribuye a los ingresos de la empresa. Por esta razón, es necesario para la empresa mejorar este proceso con el propósito de aumentar las utilidades

#### 4.2.4 Porcentaje de conformidad de los integrados

A continuación, se exponen datos cuantificables relacionados con los defectos que surgen durante el proceso de fabricación de los integrados y las consecuencias que estos acarrearán para la empresa:

Figura 4.10: Defectos encontrados en la producción de integrados



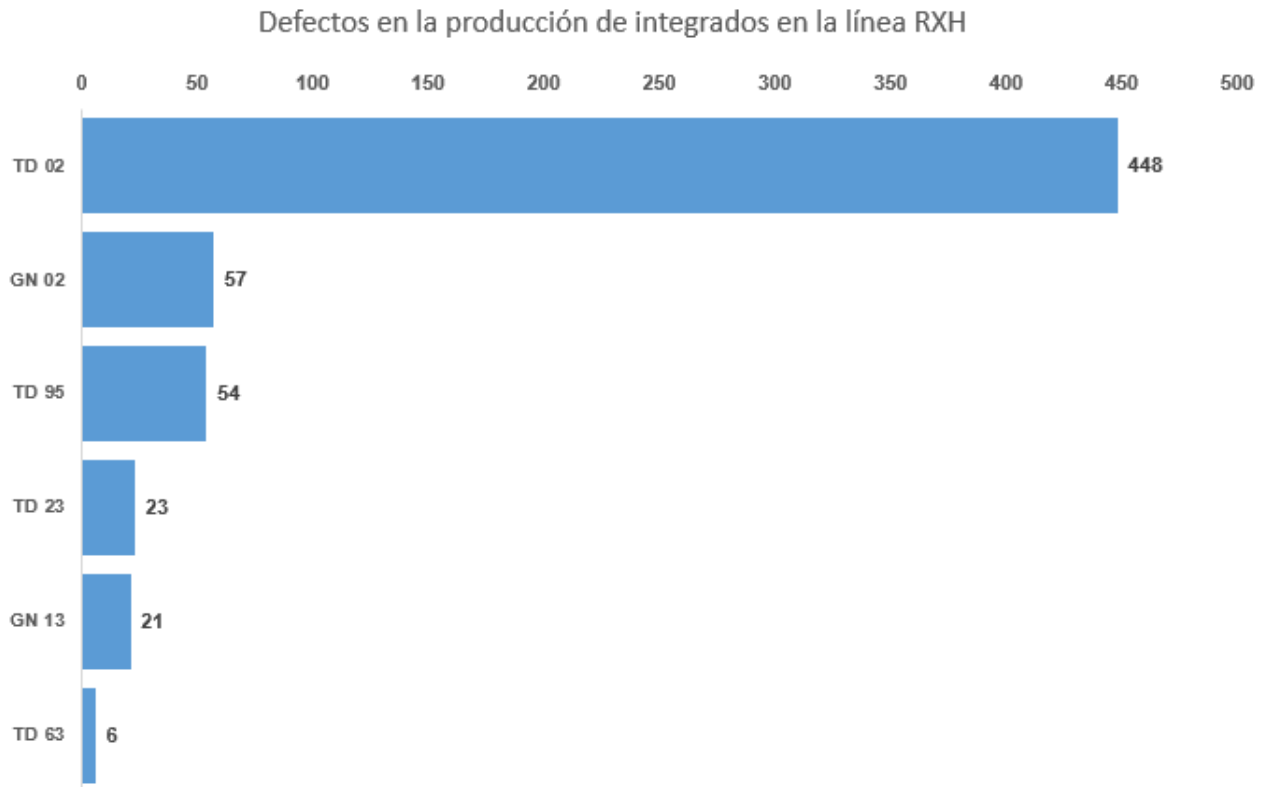
Fuente: Autor, 2025.

En la gráfica de pastel se aprecia el porcentaje de conformidad o no conformidad que se presenta con la producción de los Integrados. En cuanto a esto, la empresa ha producido un total de 3 123 583 unidades, de las cuales un 93,91% (3.122.974) son piezas conformes y el restante 6,09 % (609) no conformes, por lo que se buscó reducir ese porcentaje. Esta no conformidad ocurrió porque se presentan varios defectos de los integrados.

#### 4.2.5 Defectos en los integrados

Se realizó un gráfico de barras para cuantificar los defectos que suceden en los integrados:

Figura 4.11: Defectos encontrados en la producción de los integrados



Fuente: Autor, 2025

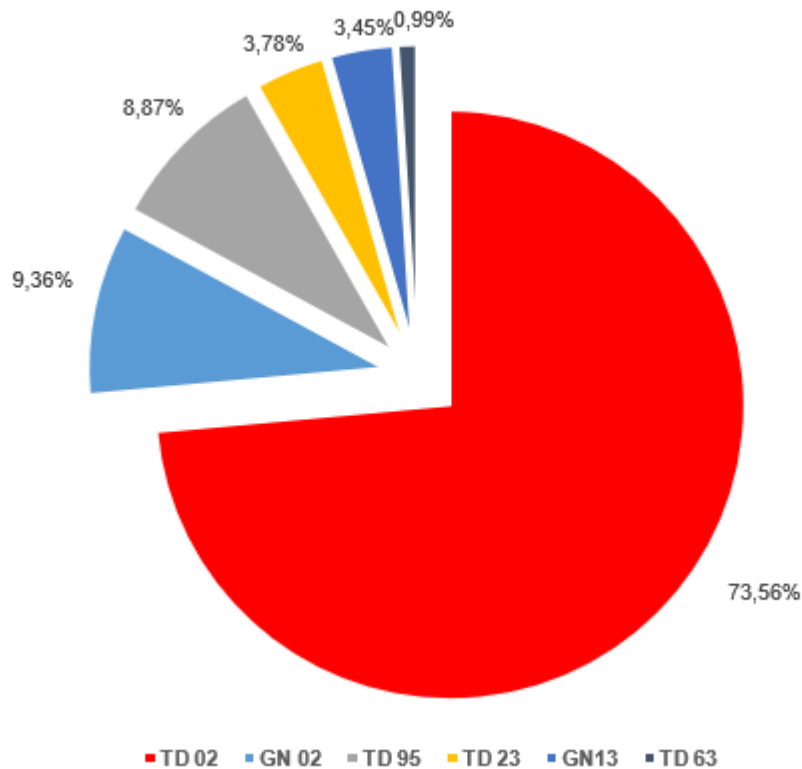
En la figura anterior, se observan seis defectos en los integrados después de que estos llegaran al cliente, donde el de mayor incidencia fue el de lid desplazado (T02) con 448 unidades.

#### 4.2.6 Porcentaje de defectos de los integrados

Con el fin de analizar el impacto que tiene cada defecto en el proceso de fabricación de los integrados, se elaboró el siguiente gráfico de pastel:

Figura 4.12: Porcentaje de defectos de los Integrado

**Porcentaje de defectos en la línea RXH**



Fuente: Autor, 2025

Al examinar la tendencia del gráfico anterior, se concluyó que el 73,56 % de las unidades no conformes pertenecían al lid desplazado (TD 02) este es un alto porcentaje en comparación con los demás que fueron desde un 0,99 % hasta un 9,36 %, por lo tanto, este defecto se convirtió en un punto alto de estudio.

A continuación, se describe en qué consiste dicho defecto:

Las unidades luego de que se le coloca el lid estas pasan por el IBC hacia el equipo TGB para el siguiente proceso las unidades van en trays por los conveyors rear y front del equipo al entrar al equipo TGB este consta de dos sistemas de curado al pasar del sistema uno al sistema dos, los trays pueden chocar con las guías de los conveyors o quedar mal posicionadas en los pedestales lo que genera que las unidades se desplacen y se desalinean ocasionando que al momento que se curan por calor y se une el lid y el

sustrato si las unidades quedan desalineadas o movidas de la posición según la receta se convierten en unidades de scrap.

Los trays no se deben de golpear, mover fuertemente o quedar desalineadas fuera de pocket para que la unión del lid y el sustrato sea la correcta.

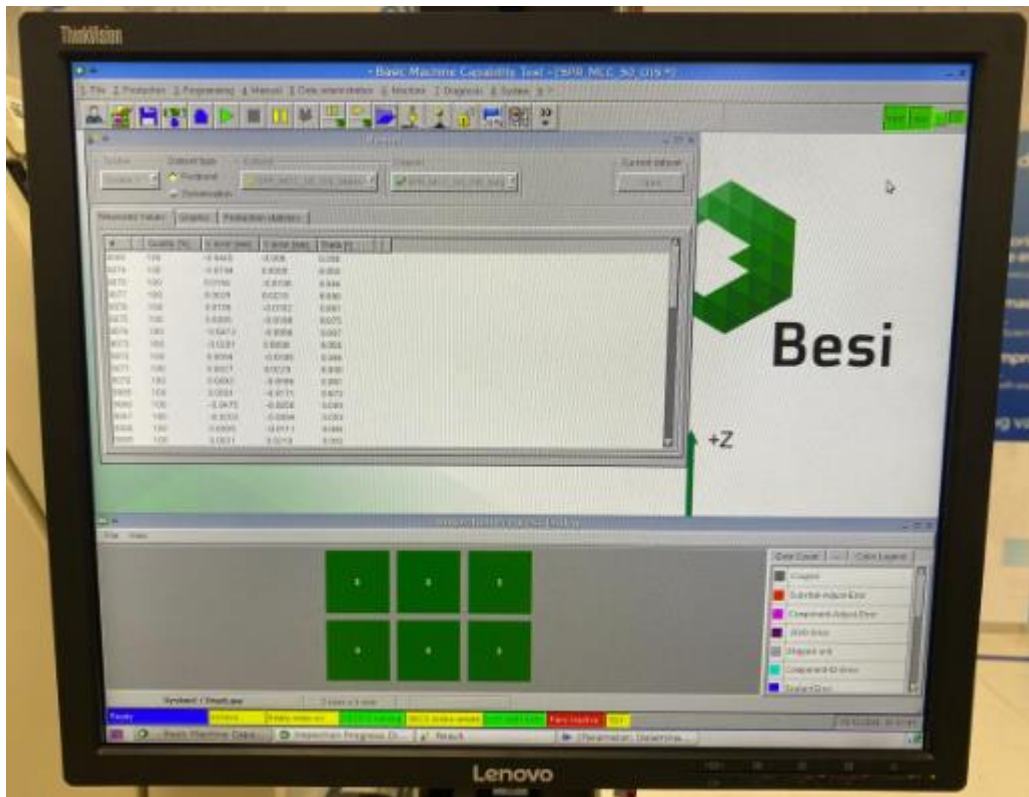
Este desalineamiento es casi imperceptible al ojo humano ya que se trabaja con medidas muy bajas en micras, por lo tanto, hace que este proceso sea muy delicado y preciso.

Figura 4.13: Trays en equipo TGB



Fuente: Autor, 2025.

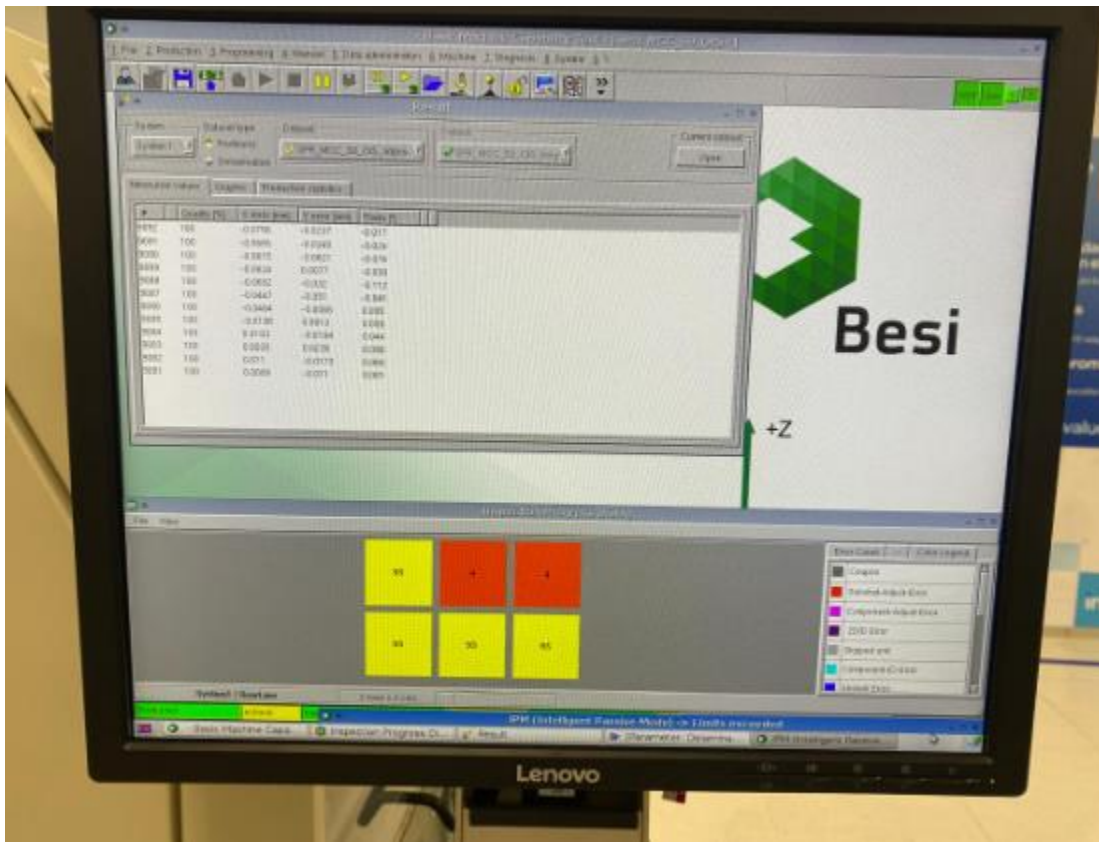
Figura 4.14: Revisión de las unidades en el equipo OIS



Fuente: Autor, 2025.

La revisión de las unidades en el equipo OIS se hace por medio de una cámara, la cual envía datos de las unidades y la visualización del estado de las unidades en la pantalla del equipo, las unidades buenas se muestran en color verde.

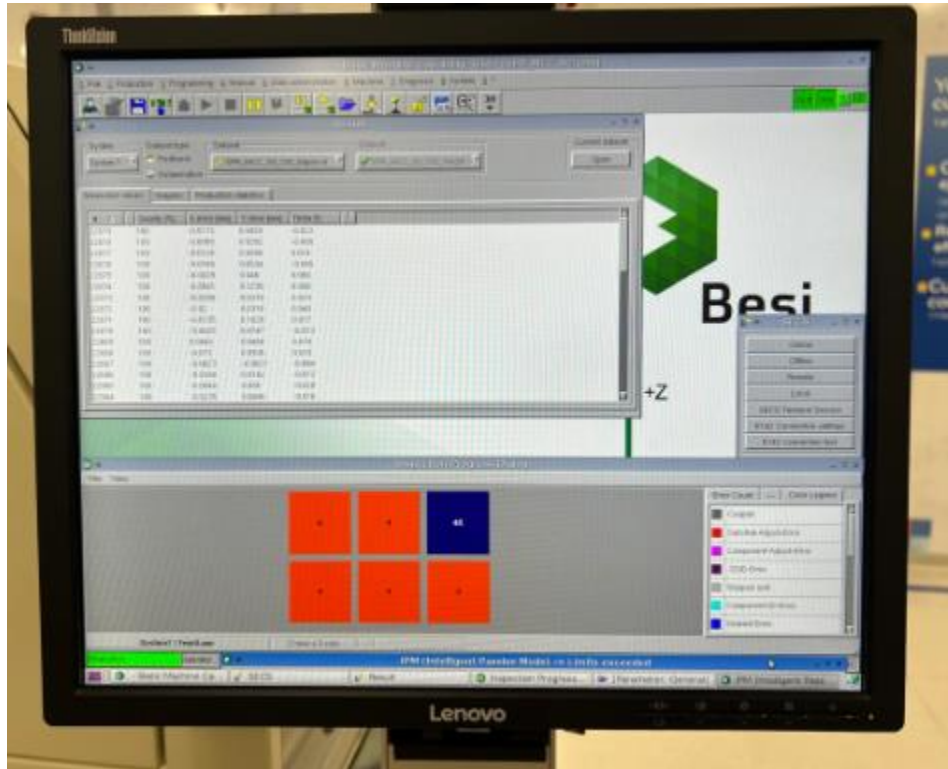
Figura 4.15: Revisión de las unidades en color amarillo



Fuente: Autor, 2025

También se presentan otros códigos de fallas: Las unidades que presentan algún problema de altura del lid más alto o más bajo de los límites permitidos en la receta, se presentan de color amarillo, estas unidades se pueden ajustar por medio del software del equipo de visión del equipo.

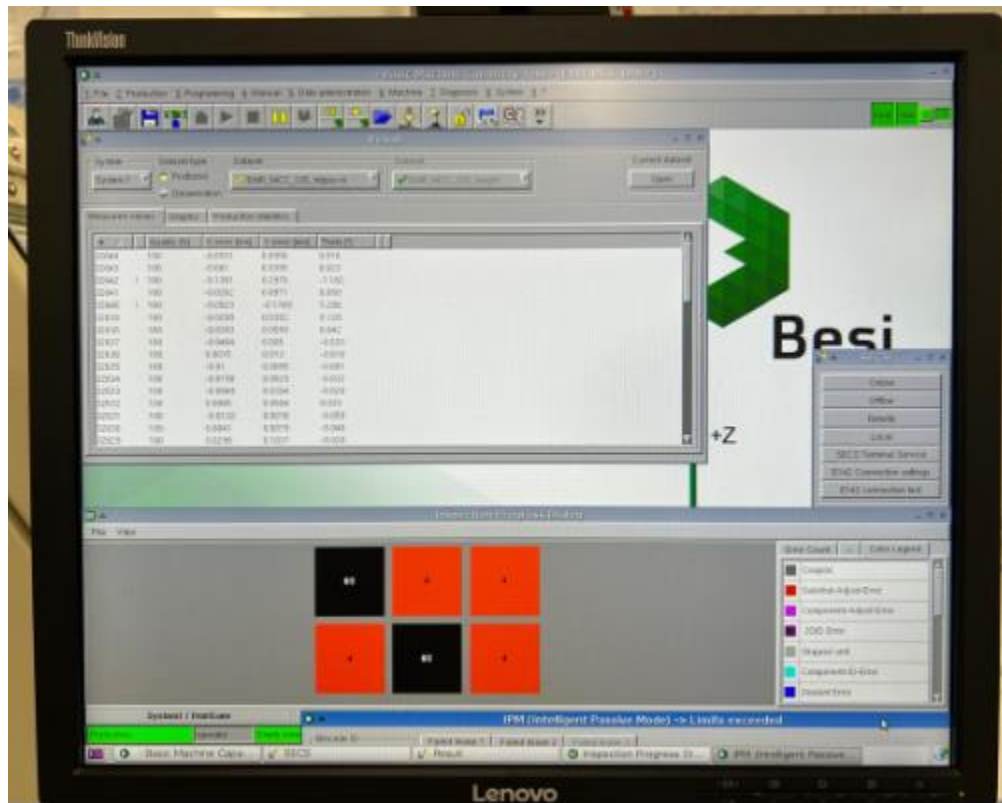
Figura 4.16: Revisión de las unidades en color azul



Fuente: Autor, 2025

Este código nos indica que el equipo no está identificando los fiduciales de las unidades, por lo que se debe de ajustar los parámetros del software para que la máquina puede realizar la identificación correcta y las unidades sean leídas correctamente.

Figura 4.17: Revisión de las unidades en color negro



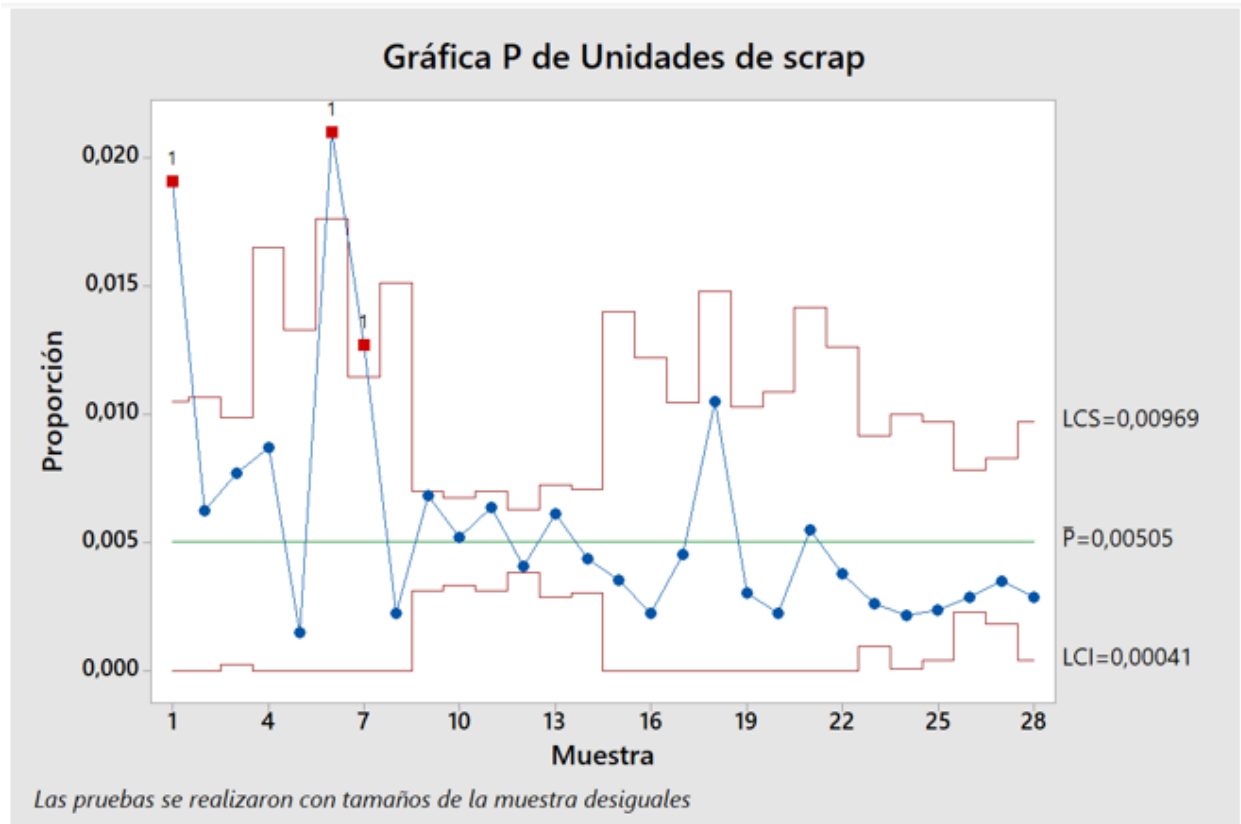
Fuente: Autor, 2025.

Este código nos indica que las unidades están desalineadas, el lid y el sustrato no están correctamente unidos ellos se desplazaron salieron de la medida de posición he inclusive sobrepasan la tolerancia permitida con este código no se puede ajustar y se debe de aceptar el cual suma como scrap del lote y se contabiliza en la station controller la cual se encarga de subir el dato al sistema.

#### 4.2.8 Gráfico de control P

Este gráfico se utiliza para supervisar y controlar la variabilidad en la proporción de elementos defectuosos en un proceso. Así, este gráfico ayuda a identificar problemas y permite tomar medidas correctivas para mantener la calidad del producto.

Figura 4.18: Gráfico de control P de los defectos de los integrados



### Resultados de la prueba para la gráfica P de Unidades de scrap

PRUEBA 1. Un punto fuera más allá de 3,00 desviaciones estándar de la línea central.

La prueba falló en los puntos: 1; 6; 7

Fuente: Autor, 2025

De acuerdo con el gráfico p, se tuvo un promedio de integrados rechazados o *scrap* de 0.00505 %, con un límite superior de 0.00969 % y un límite inferior de 0.00041 %; no se observaron tendencias ni peculiaridades, pero sí 3 puntos fuera del límite superior que fueron las muestras 1, 6 y 7, por consiguiente, el proceso no está bajo control estadístico en el porcentaje de *scrap* en el proceso de los integrados en la línea RXH.

### 4.3 ANALIZAR

En esta etapa se comprendió en detalle el proceso existente y los datos recopilados, además se identificaron las causas de los problemas determinados en la etapa anterior.

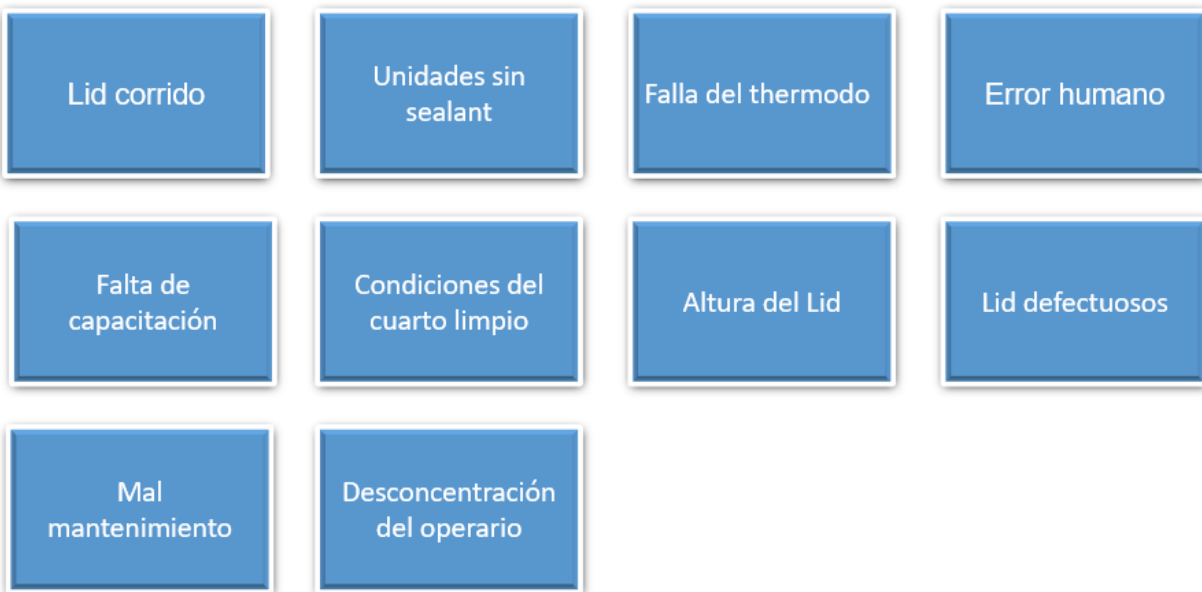
Para esto, se utilizó una serie de herramientas ingenieriles que posibilitaran llegar a la causa raíz de los defectos en los integrados y brindar una solución que pueda mitigar estos problemas. A continuación, se enumeran dichas herramientas.

#### 4.3.1 Lluvia de ideas

Esta herramienta consiste en una generación de ideas para estimular la creatividad y el planteamiento de soluciones a problemas o para identificar nuevas oportunidades.

A efectos de esta investigación, la lluvia de ideas se efectuó con la ayuda del operario del equipo, ingeniero de modulo, técnico de modulo y el gerente de ingeniería, quienes aportaron sus conocimientos y sus perspectivas de los problemas.

Figura 4.19: Lluvia de ideas de las posibles causas que provocan los defectos de los integrados



Fuente: Autor, 2025.

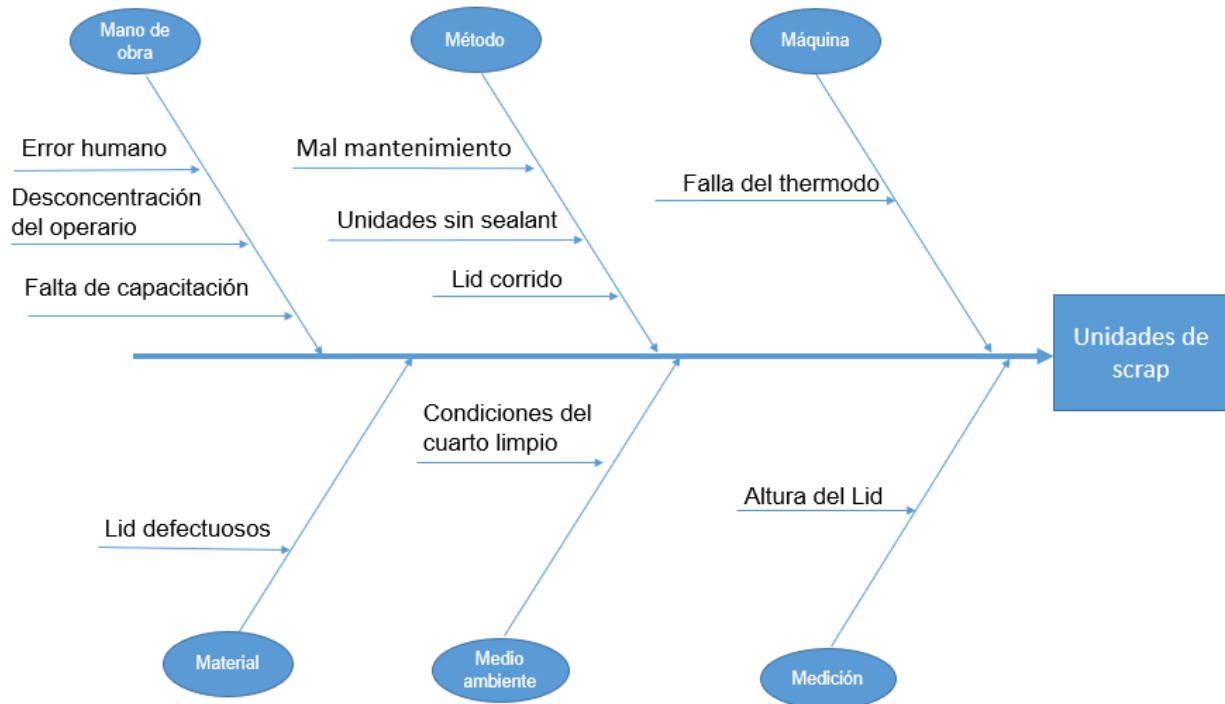
#### 4.3.2 Diagrama de Ishikawa

Esta herramienta visual ayuda a identificar y analizar las posibles causas de un problema o efecto específico.

Así, a partir de los resultados obtenidos por medio de la lluvia de ideas, se elaboró un diagrama de Ishikawa con las causas más contribuyentes a los defectos que aparecen en los integrados.

En la siguiente figura, se mencionan las principales causas agrupadas según su respectiva categoría:

Figura 4.20: Diagrama de Ishikawa de las causas que provocan los defectos de los integrados



Fuente: Autor, 2025.

En el diagrama se observan con mayor exactitud las causas que más influyen en los defectos de los integrados; seguidamente, se detalla cada una en la categoría correspondiente.

### **Máquina:**

- **Falla del thermodo:** Un thermodo defectuoso o des calibrado afecta la estabilidad térmica durante el ensamblaje, causando variaciones que impactan la calidad del

producto final. Las causas pueden incluir desgaste, mal mantenimiento o instalación incorrecta.

### **Método:**

- Lid corrido: Este defecto ocurre cuando el componente lid no se alinea, correctamente durante el ensamblaje, afectando la calidad del sellado y el funcionamiento del integrado. Las posibles causas incluyen el alineamiento de los conveyors de los equipos, haciendo que al pasar el tray se mueva las unidades de posición al llegar al equipo TGB ser unidos el lid con el sustrato estos queden desalineados, otra causa puede ser al momento de realizar las conversiones a otro tipo de material el cual implica quitar y colocar los pedestales o drawer del equipo TGB, llevando a configuraciones incorrectas del equipo o procedimientos de colocación inadecuados.
- Unidades sin sealant: La falta de sealant compromete la hermeticidad del ensamblaje, aumentando el riesgo de exposición del die al momento de unir el lid y el sustrato y fallos funcionales. Esto puede deberse a fallos en la dispensado o al descuido del operario por un mal set up.
- Mal mantenimiento: Un mal mantenimiento preventivo o correctivo conduce al deterioro de los equipos, o la marginalidad de los mismos, esto nos influye en el incremento de las tasas de fallas, afectando la productividad. Un plan de mantenimiento deficiente también puede derivar en paradas no programadas.

### **Material:**

- Lid defectuosos: Los lids con defectos de fabricación, como imperfecciones en las dimensiones o materiales fuera de especificación, o mal acabado generan problemas de ensamblaje y funcionalidad, impactando directamente la calidad del integrado.

**Mano de obra:**

- Error humano: Los errores operativos, como la omisión de pasos, o el manejo incorrecto de componentes o una mal conversión, son una de las principales fuentes de defectos. Estos suelen derivarse de la fatiga, distracción o falta de supervisión en procesos manuales.
- Desconcentración del operario: La distracción de los operarios, causada por factores como la fatiga, monotonía o estrés, puede llevar a omisiones o errores en las tareas asignadas, la falta de cuidado al ver las alarmas de los equipos, afectando la calidad del ensamblaje.
- Falta de capacitación: La rapidez con la que se ejecuta el programa de capacitación limita las competencias técnicas de los operadores y técnicos, su capacidad para manejar procedimientos críticos en el ensamblaje. Esto puede resultar en errores durante el proceso, falta de identificación de fallas y tiempos de inactividad prolongados al resolver problemas.

**Medio ambiente:**

- Condiciones del cuarto limpio: El cuarto limpio debe mantener estrictas condiciones ambientales para evitar la contaminación de los componentes. Factores como partículas en el aire, humedad o temperatura fuera de rango pueden afectar el ensamblaje y la funcionalidad del integrado.

**Medición:**

- Altura del Lid: La altura del lid afecta la conexión mecánica y térmica de los componentes, lid y sustrato. Esto puede originarse por una mala conversión, por movimientos bruscos (golpes) de los trays con las unidades al transportarse por los conveyors de los equipos, por termodos defectuosos o errores en la calibración del equipo

### 4.3.3 Multivoto

Esta técnica se emplea para tomar decisiones basadas en la opinión de un grupo de personas, permite priorizar opciones o identificar los factores más relevantes dentro de un problema. Se basa en la asignación de un número determinado de votos que los participantes distribuyen entre las alternativas disponibles.

En el caso de Dynamics, se efectuó una reunión Kaizen y se les explicó la dinámica de la multivotación a los participantes, donde se les asignó una cantidad de 100 puntos para distribuir entre las causas que consideraban más relevantes en la generación de scrap en los integrados.

Para asegurar que la votación reflejara una visión integral del problema, se seleccionó un grupo representativo de la línea RXH compuesto por:

**Operarios:** Son los encargados de la manipulación directa del material y la ejecución de tareas en el proceso de ensamble. Su percepción es clave para identificar problemas en la operación diaria.

**Ingenieros:** Tienen un enfoque analítico y técnico del proceso, permitiendo evaluar las posibles fallas desde un punto de vista estructural y metodológico.

**Técnicos de soporte:** Son responsables del mantenimiento y calibración de los equipos, por lo tanto, pueden aportar información sobre problemas mecánicos o eléctricos que influyan en la calidad.

**Gerentes:** Supervisan el rendimiento global de la línea y garantizan el cumplimiento de los estándares de calidad y producción, aportando una visión estratégica sobre el impacto de los defectos.

Este enfoque permitió obtener una evaluación equilibrada y basada en la experiencia de los distintos niveles operativos de la empresa.

Tabla 4.4: Tabla multivoto de posibles causas

Unidades de scrap de los integrados	Multivotación:				
	Operario	Ingeniero	Técnico	Gerente	Total
Lid corrido	24	25	30	25	104
Mal mantenimiento	15	20	15	20	70
Altura del Lid	10	10	10	9	39
Unidades sin sealant	10	10	7	10	37
Falla del thermode	8	10	7	6	31
Error humano	14	5	6	5	30
Falta de capacitación	5	5	6	8	24
Desconcentración del operario	5	5	8	5	23
Lid defectuosos	5	5	6	7	23
Condiciones del cuarto limpio	4	5	5	5	19
	100	100	100	100	400

Fuente: Autor, 2025.

En la tabla anterior se observa que las causas con mayor cantidad de votos fueron: lid corrido (104 votos), mal mantenimiento (70 votos), altura del lid (39 votos) y unidades sin sealant (37 votos), lo que indica que estos factores representan las principales fuentes de scrap en la línea RXH.

#### 4.3.4 Diagrama de Pareto

Esta herramienta se utiliza para identificar y priorizar los problemas o causas principales que generan la mayoría de los defectos en un proceso, basándose en el “principio de Pareto” o la “regla del 80/20”.

Con base en los datos obtenidos, se elaboró el diagrama de Pareto. En cuanto a esto, tomando como referencia las frecuencias y los porcentajes acumulados, se pueden visualizar las causas relevantes que afectan el proceso de fabricación de los integrados.

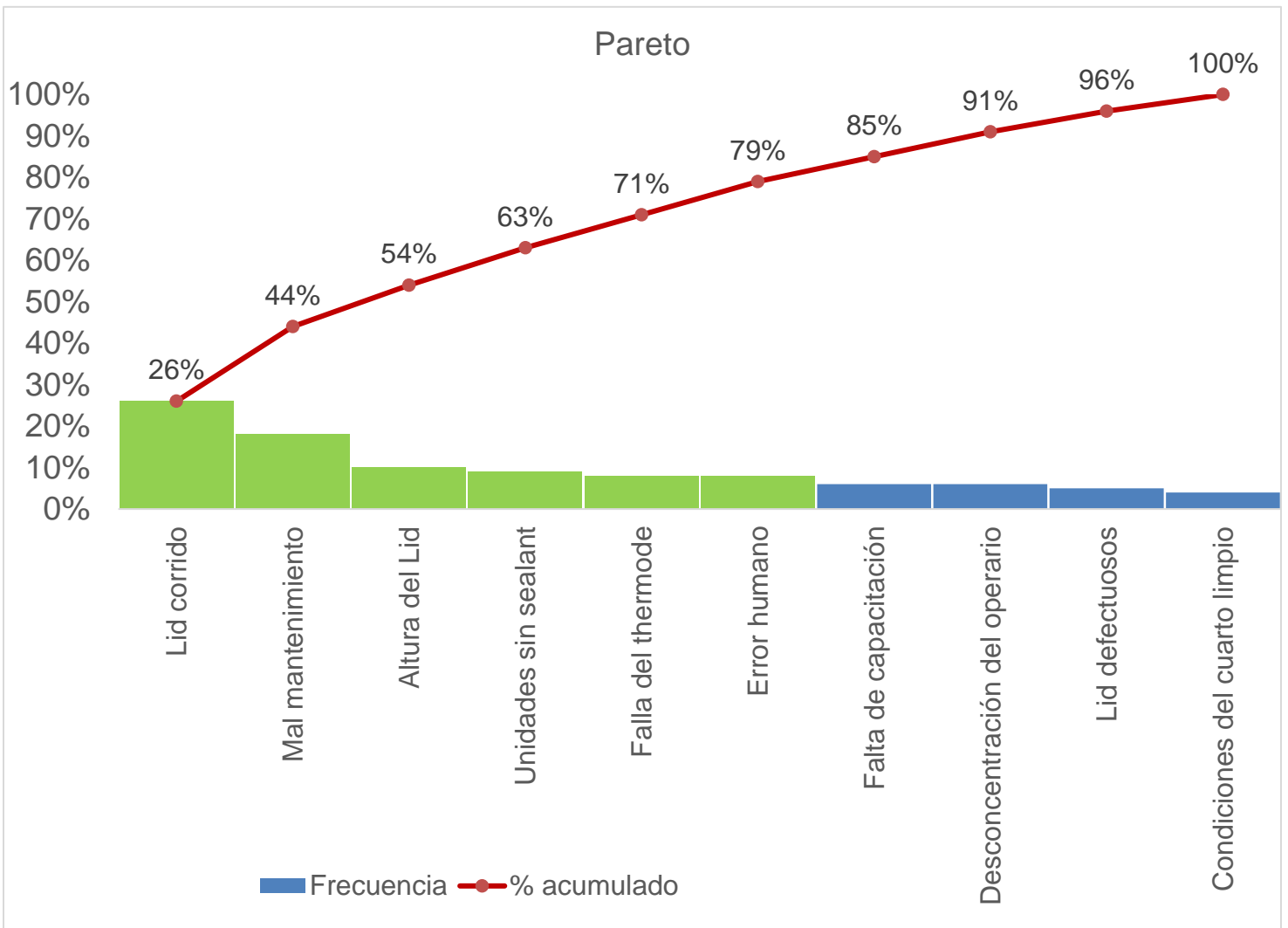
Tabla 4.5: Tabla de porcentaje de frecuencia y acumulado

<b>Causas</b>	<b>Ocurrencia</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Acumulado</b>
Lid corrido	<b>104</b>	26%	26%
Mal mantenimiento	<b>70</b>	18%	44%
Altura del Lid	<b>39</b>	10%	53%
Unidades sin sealant	<b>37</b>	9%	63%
Falla del thermode	<b>31</b>	8%	70%
Error humano	<b>30</b>	8%	78%
Falta de capacitación	<b>24</b>	6%	84%
Desconcentración del operario	<b>23</b>	6%	90%
Lid defectuosos	<b>23</b>	5%	95%
Condiciones del cuarto limpio	<b>18</b>	4%	100%
	<b>400</b>	<b>100%</b>	

Fuente: Autor, 2025.

Ahora bien, se realizó el siguiente diagrama con los datos anteriores:

Figura 4.18: Diagrama de Pareto de las causas de los defectos de los integrados.



Fuente: Autor, 2025.

Como se puede ver en la figura anterior, hasta el ítem número seis se encuentra casi el 80 % de la frecuencia de los defectos, lo cual significa que el 80 % de los defectos ocurren en estas seis causas, así como lo indica la regla 80-20.

Por lo tanto, las causas críticas son:

- Lid Corrido, con un total de 104 votos, lo que equivale a un 26 % del total de las causas.
- Mal mantenimiento, con un total de 70 votos, equivalente a un 18 % del total de las causas.

- Altura del lid, con un total de 39 votos, correspondiente a un 10 % del total de las causas.
- Unidades sin sealant, con un total de 37 votos, equivalente a un 9 % del total de las causas.
- Falla del thermodo, con un total de 31 votos, correspondiente a un 8 % del total de las causas.
- Error humano, con un total de 30 votos, equivalente a un 8 % del total de las causas.

Analizados los datos anteriores, se consideraron como las más significativos las primeras seis causas que representaron el 78 %, estas fueron la base para efectuar las siguientes etapas de la metodología DMAIC.

## **CAPÍTULO V. PROPUESTA**

De acuerdo con el DMAIC, en estas fases se proponen y se planifican las soluciones para mejorar un proceso con el objetivo de lograr una mayor calidad y eficiencia. Así, en este capítulo se desarrollaron las posibles soluciones o propuestas con base en las causas más críticas que arrojó el diagrama de Pareto sobre el proceso de fabricación de los integrados.

## **5.1 MEJORAR**

Esta fase tiene como fin implementar las soluciones para abordar la causa raíz identificada en la fase de análisis, lo cual implica la ejecución de cambios en el proceso con el propósito de mejorar su desempeño y alcanzar los objetivos del proyecto de mejora continua.

La implementación efectiva de las soluciones es esencial para mejorar en la calidad y eficiencia del proceso de fabricación de los integrados.

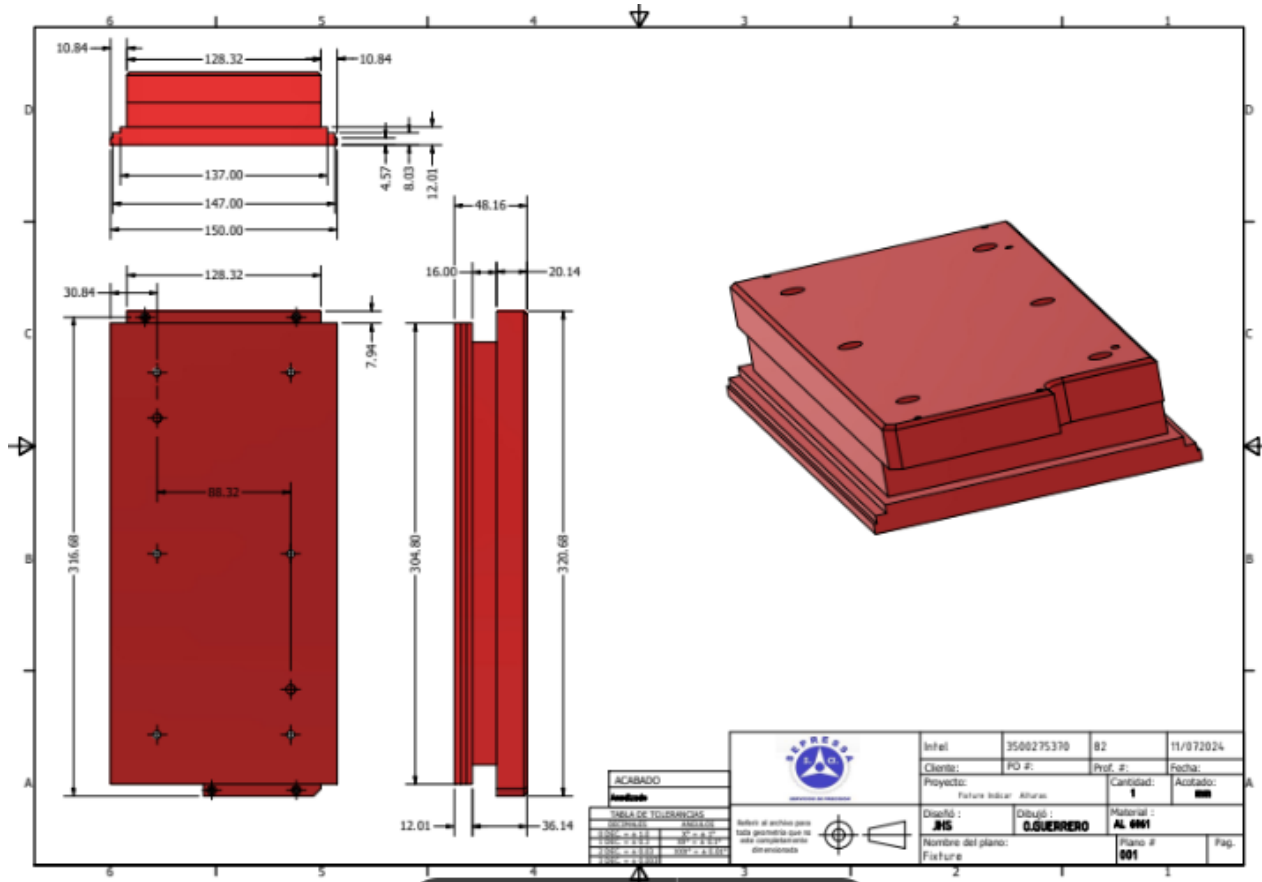
Se plantean mejoras para las causas críticas del capítulo anterior, y debe detallarse muy claramente cómo realizar estas mejoras: qué se debe realizar, cómo se debe hacer, quién es el responsable de hacerlo, existe algún proveedor, costo de esta mejora, se requiere capacitación para implementarse, lugar exacto donde debe implementarse, cantidad y detalle de artículos que deben comprarse, diseño de dichos artículos, precios-cotizaciones, etc.

### **5.1.1 Fabricación de fixture para ajuste de ancho de los conveyors en equipo TBG.**

El equipo TGB es el punto más crítico en el proceso de ensamble de los integrados de la línea RXH, ya que en esta etapa las unidades no pueden ser reprocesadas, lo que incrementa el impacto económico y operativo del scrap que se genera en esta operación. Actualmente, el ancho de los conveyors front y rear del equipo TGB generan defectos como el movimiento de las unidades al chocar entre las guías generando que las unidades queden desplazadas, esto hace un ensamble incorrecto y también compromete la funcionalidad del equipo y la integridad de los thermodos. Implementar un fixture que asegure el ancho correcto reducirá significativamente estos defectos y permitirá que la línea de producción sea más eficiente y fluida.

El valor del fixture es de \$1870

Figura 5.1: Fixture de alineamiento de los conveyors



Fuente: Autor, 2025

El objetivo principal: Es diseñar e implementar un fixture para garantizar el correcto ancho de los conveyors front y rear del equipo TGB.

El propósito del fixture es para poder:

- Reducir el porcentaje de scrap generado en el proceso del equipo TGB,
- Mejorar la precisión en el posicionamiento de las unidades durante el ensamblaje.
- Aumentar la confiabilidad del proceso mediante una herramienta de fácil utilizar.

El fixture será un dispositivo mecánico diseñado para:

- Corregir el ancho de los conveyors front y rear en una posición óptima, mediante las guías ajustables que el equipo tiene de fábrica, este fixture cuenta con la medida exacta para poder generar el gap necesario entre los trays y las guías, al obtener esta medida los trays se podrán desplazar de forma libre hasta llegar a los sensores que posicionan los trays en los pedestales sin chocar entre las guías por lo que las unidades no se desplazarán.
- Incorpora un indicador visual y mecánico para validar la alineación y el ancho de los conveyors durante las operaciones regulares (mantenimientos correctivos) y las actividades de mantenimiento programado.
- Estar fabricado con materiales resistentes al desgaste y compatibles con las condiciones del cuarto limpio.

Se realizará un análisis inicial, para poder valorar la implementación del fixture este análisis se realizará, posteriormente, a la implantación:

- Medir las desviaciones actuales en la alineación del ancho de los conveyors.
- Identificar las principales causas de desalineación (vibraciones, desgaste, ajustes manuales el trabajo diario del equipo).
- Validar el estándar de las medidas de los trays
- Facilidad de instalación del fixture en el equipo.
- Validación de riesgos de seguridad.

- Uso de LOTO para garantizar la seguridad de los técnicos e ingenieros al instalar el fixture.

Realización del Diseño del fixture, con lleva las siguientes partes:

- Crear un modelo CAD que integre las medidas que se necesitan para asegura el paso libre de los trays.
- Solicitar al departamento de EHS la validación del fixture

Para la parte de fabricación se verán los siguientes aspectos:

- Seleccionar un proveedor para la fabricación del fixture.
- Realizar pruebas iniciales para validar su funcionalidad.

Para la implementación se valoran los siguientes aspectos:

- La implementación y entrenamiento estará a cargo del equipo de ingeniería del módulo RXH.
- Verificar que la instalación del fixture en el equipo TGB es de forma fácil y efectiva.
- Capacitar al personal técnico e ingenieros para su uso y mantenimiento. Lo realiza ingeniería
- Realizar un manual de uso del fixture. Lo realiza ingeniería
- Estandarizar el uso del fixture en los documentos oficiales de la empresa. Lo realiza ingeniería

Monitoreo y mejora continua:

Se debe de registrar métricas antes y después de la implementación para evaluar el impacto en la reducción del scrap.

Los indicadores de Éxito son:

- La reducción en el porcentaje de scrap en el equipo TGB en al menos un 0.5%.

Para calcular la reducción en el porcentaje de scrap en el equipo TGB, podemos utilizar la siguiente fórmula de reducción porcentual:

$$\text{Reduccion de Scrap (\%)} = \frac{\text{Scrap antes de la mejora} - \text{Scrap después de la mejora}}{\text{Scrap antes de la mejora}} \times 100$$

Scrap antes de la mejora: Porcentaje de scrap registrado antes de la implementación de mejoras en el equipo TGB.

Scrap después de la mejora: Porcentaje de scrap registrado después de la implementación.

Un valor positivo y alto indica que la reducción del scrap ha sido efectiva.

Si el valor es bajo o negativo, significa que no hubo mejora o que el scrap incluso aumentó.

- incremento en la productividad al eliminar paradas relacionadas con desalineaciones o trays atascados entre las guías de los conveyors.

Para medir el incremento en la productividad tras eliminar paradas relacionadas con desalineaciones o trays atascados, podemos utilizar la siguiente fórmula de mejora porcentual:

$$\begin{aligned} & \text{Incremento en la productividad (\%)} \\ & = \frac{\text{Producción después de la mejora} - \text{Producción antes de la mejora}}{\text{Producción antes de la mejora}} \times 100 \end{aligned}$$

Producción antes de la mejora: Cantidad de unidades producidas antes de la implementación de mejoras.

Producción después de la mejora: Cantidad de unidades producidas después de la implementación de mejoras.

Un valor positivo y alto indica que la productividad ha mejorado significativamente tras la eliminación de paradas.

Si el valor es bajo o negativo, significa que no hubo mejora o que la productividad incluso disminuyó.

- Disminución en los tiempos de ajustes y mantenimientos que se generan por el uso diario del equipo o en los mantenimientos programados que se realizan al equipo.

Para calcular un indicador de éxito que mide la reducción en el porcentaje de scrap en el equipo TGB, puedes crear una fórmula que compare el porcentaje de scrap antes y después de la implementación de las mejoras. La fórmula podría ser algo como esto:

*Reducción*

$$\text{Reducción en Scrap} = \frac{\text{Scrap Inicial} - \text{Scrap Final}}{\text{Scrap Inicial}} \times 100$$

Scrap Inicial sería el porcentaje de scrap antes de aplicar las mejoras.

Scrap Final sería el porcentaje de scrap después de aplicar las mejoras.

Si la reducción en scrap es mayor o igual al 0.5%, entonces el indicador de éxito será 1 (éxito). Si es menor, el indicador será 0 (no éxito).

Ventajas de la Propuesta>

- Mejora de la calidad del producto final.
- Reducción de costos asociados a scrap.
- Incremento en la eficiencia operativa.

### **5.1.2 Uso de Cobertores de Hule para Proteger los Pedestales**

Los pedestales del equipo TGB son componentes esenciales y muy importantes que aseguran la correcta alineación y estabilidad durante el ensamblaje del su trato y el lid. Sin embargo, los golpes frecuentes causados por el manejo, ajustes o manipulación en el área pueden deteriorarlos, reduciendo su precisión y aumentando la probabilidad de scrap.

La implementación de cobertores de hule permitirá proteger los pedestales, prolongando su vida útil y manteniendo la calidad del proceso.

Como objetivos de esta propuesta:

- Implementar cobertores de hule para los pedestales que se utilizan equipo TGB para prevenir daños y mejorar la eficiencia del proceso.
- Reducir los costos asociados al reemplazo o reparación de pedestales dañados.
- Aumentar la vida útil de los pedestales mediante su protección contra impactos.
- Disminuir la probabilidad de scrap generado por desviaciones causadas por pedestales deteriorados.

Descripción de la Solución:

El cobertor será un protector de hule diseñado para:

- Cubrir completamente las áreas más importantes de los pedestales, absorbiendo los impactos.
- Ser resistente a las condiciones del cuarto limpio y fácil de instalar o reemplazar.
- Tienen un costo accesible de \$32 por unidad.

Dado que cada equipo TGB utiliza cuatro pedestales y el área cuenta con siete equipos en total y tomando en cuenta la cantidad de productos que se trabajan, la implementación requerirá un total de 140 cobertores, con un costo total de \$4480.

Figura 5.2: Cobertores de hule



Fuente: Autor, 2025

Pasos para la Implementación:

**Análisis inicial:**

- Identificar las áreas de los pedestales más propensas a golpes o deterioro.
- Evaluar el impacto económico de los daños actuales en los pedestales.
- Adquisición de cobertores:

- Los cobertores ya están en el sistema de repuestos de la compañía por lo que se necesita es alertar a los compradores para que estén enterados de la necesidad de pedir la cantidad de 140 cobertores y ellos alerten al proveedor.

### **Instalación:**

- Colocar los cobertores en los pedestales que se encuentran en las gavetas de la porta drawers de los equipos TGB.

### **Monitoreo y evaluación:**

- Supervisar el desempeño de los cobertores durante un período de prueba de tres meses.
- Registrar métricas de reducción de daños y scrap en comparación con datos históricos.

### **Indicadores de Éxito:**

- Se propone de al menos un 30% en los daños reportados en pedestales.

Para calcular el indicador de éxito relacionado con la reducción de daños reportados en pedestales, puedes utilizar una fórmula similar a la anterior, pero adaptada a este nuevo caso. La fórmula sería:

$$Reducción\ en\ Daños = \frac{Daños\ Iniciales - Daños\ Finales}{Daños\ Iniciales} \times 100$$

Daños Iniciales: el número total de daños reportados en los pedestales antes de la mejora.

**Daños Finales:** el número total de daños reportados en los pedestales después de la mejora.

Si la reducción de daños es mayor o igual al 30%, el indicador de éxito será 1 (éxito).

Si es menor, será 0 (no éxito).

**Ahorro en costos de mantenimiento o reemplazo de pedestales.**

Para calcular el ahorro en costos de mantenimiento o reemplazo de pedestales, la fórmula dependerá de los costos antes y después de la mejora implementada. Podríamos establecer una fórmula basada en la diferencia entre el costo inicial de la mejora) y el costo final (después de la mejora), para determinar el ahorro.

La fórmula sería:

$$\text{Porcentaje de Ahorro en Costos} = \frac{\text{Costo Inicial} - \text{Costo Final}}{\text{Costo Inicial}} \times 100$$

**Costo Inicial:** es el costo total de mantenimiento o reemplazo de los pedestales antes de implementar las mejoras.

**Costo Final:** es el costo total de mantenimiento o reemplazo de los pedestales después de implementar las mejoras.

- Incremento en la estabilidad del proceso, medido por una disminución del scrap en la etapa del equipo TGB.

Para calcular el incremento en la estabilidad del proceso, medido por la disminución del scrap en la etapa del equipo TGB, podemos establecer una fórmula similar a la de la reducción en scrap, pero enfocándonos en la estabilidad del proceso. Si el objetivo es medir la mejora en la estabilidad, la fórmula puede ser:

$$\text{Reducción en Scrap} = \frac{\text{Scrap Inicial} - \text{Scrap Final}}{\text{Scrap Inicial}} \times 100$$

En este caso, si la reducción en el scrap refleja una mejora significativa en la estabilidad del proceso (es decir, si el valor de reducción está por encima de un umbral que definan como adecuado, por ejemplo, 0.5% o 1%), se puede considerar que el proceso es más estable

### **Costo-Beneficio:**

- Inversión inicial: \$4480 para los cobertores de los 140 pedestales.

### **Beneficios esperados:**

- Disminución del deterioro de los pedestales por golpes.
- Disminución de gastos por reposiciones.
- Mayor consistencia en la calidad del ensamblaje.
- Reducción en tiempos de inactividad por ajustes o reemplazos de pedestales.

### **Ventajas de la Propuesta:**

- Protección eficiente de los pedestales contra impactos.
- Prolongación de la vida útil de los pedestales sin alterar el diseño actual del equipo.
- Implementación sencilla y económica.

### **5.1.3 Asignación de productos exclusivos por línea de producción.**

Actualmente, las conversiones frecuentes entre productos en las líneas de producción generan tiempos de inactividad, mayor manipulación de colaterales, y riesgos asociados a errores operativos. Implementar la asignación estratégica de productos exclusivos por línea reducirá significativamente la necesidad de conversiones y permitirá

un flujo de trabajo más eficiente y estandarizado, disminuyendo los tiempos muertos y como más importante disminuye el riesgo de que los pedestales se puedan dañar.

**Como objetivos de esta propuesta:**

Optimizar el uso de las líneas de producción mediante la asignación exclusiva de productos por línea, mejorando la eficiencia, reduciendo el desgaste de colaterales y evitando el daño de los mismos.

- Eliminar las conversiones frecuentes entre productos en cada línea.
- Disminuir el tiempo de manipulación de colaterales en al menos un 20%.
- Incrementar la productividad al mantener líneas dedicadas y configuradas para productos específicos.

**Descripción de la Solución:**

Cada una de las 7 líneas de producción será asignada a un grupo reducido de productos similares los cuales tiene colaterales en común o el impacto de cambio es menor, considerando:

- Las características técnicas y requisitos específicos de cada producto.
- El historial de scrap y tiempos de conversión de cada línea.
- La compatibilidad de los colaterales con los productos asignados para evitar ajustes frecuentes o verificaciones.

La asignación estratégica se basará en un análisis de capacidad y demanda para garantizar un balance óptimo entre las líneas.

Figura 5.2: Pedestales destinados para cada línea



Fuente: Autor, 2025.

### **Pasos para la Implementación:**

#### **Análisis inicial:**

- El equipo de ingeniería realizará la disposición de los pedestales para cada una de las siete líneas.
- El equipo de técnicos será el encargado de realizar la colocación de los pedestales en las gavetas de los porta drawers.
- Revisar los datos históricos de producción, scrap, y tiempos de conversión por línea.
- Identificar los productos que generan mayor complejidad al ser trabajados en líneas múltiples.

**Definición de la asignación:**

- Asignar productos específicos a cada línea considerando su compatibilidad y frecuencia de producción.
- Realizar un mapeo detallado de los cambios requeridos en cada línea.

**Capacitación del personal:**

- Esta capacitación estará a cargo del supervisor de línea y de los ingenieros de modulo.
- Entrenar a los operarios para trabajar exclusivamente con los productos asignados a sus líneas.
- Establecer procedimientos estandarizados para evitar confusiones.

**Implementación progresiva:**

- Introducir la exclusividad de productos por línea de forma gradual para minimizar interrupciones.
- Monitorear el desempeño de cada línea y realizar ajustes según sea necesario.

**Monitoreo y mejora continua:**

- Evaluar las métricas de desempeño (scrap, tiempos muertos, productividad) antes y después de la implementación.
- Ajustar la asignación de productos según cambios en la demanda o nuevos requerimientos requeridos por el departamento de planeamiento de producción.

**Indicadores de Éxito:**

- Reducción en los tiempos de conversión por línea en un 25% y 50%. Esto porque ya no se mezclarán productos 6up con productos 4up.

Para calcular la reducción en los tiempos de conversión por línea, dado que ya no se mezclarán los productos 6up con los productos 4up, la fórmula debe reflejar la diferencia en los tiempos de conversión antes y después de la mejora. La reducción de los tiempos puede calcularse en términos de porcentaje.

$$\text{Reducción en Tiempos de conversión} = \frac{\text{Tiempo Inicial} - \text{Tiempo Final}}{\text{Tiempo Inicial}} \times 100$$

De esta manera, si la reducción en el tiempo de conversión es del 25% o más, el indicador de éxito será 1 (cumplimiento parcial).

Si es del 50% o más, será 2 (cumplimiento total).

Si la reducción es menor al 25%, el indicador será 0 (no cumplimiento).

- Disminución en el porcentaje de scrap asociado a conversiones y errores operativos.

Para calcular la disminución en el porcentaje de scrap asociado a conversiones y errores operativos, la fórmula que podemos utilizar es similar a la de la reducción en scrap, pero, específicamente, tomando en cuenta los errores operativos y conversiones.

*Reducción en Scrap Asociado a conversiones y Errores Operativos*

$$= \frac{\text{Scrap Inicial} - \text{Scrap Final}}{\text{Scrap Inicial}} \times 100$$

Scrap Inicial: es el porcentaje de scrap asociado a conversiones y errores operativos antes de las mejoras.

Scrap Final: es el porcentaje de scrap asociado a conversiones y errores operativos después de las mejoras.

- Incremento en la productividad total de las líneas en un 15%.

Para calcular el incremento en la productividad total de las líneas, la fórmula se basará en la comparación de la productividad antes y después de la mejora. La productividad generalmente se mide como la cantidad producida por unidad de tiempo, o producción por hora, pero también puede basarse en otros factores, como la eficiencia o el uso de recursos.

$$\text{Incremento en Productividad} = \frac{\text{Productividad Final} - \text{Productividad Inicial}}{\text{Productividad Inicial}} \times 100$$

Productividad Inicial: es la productividad total de las líneas antes de la mejora (por ejemplo, cantidad de unidades producidas por hora antes de las mejoras).

Productividad Final: es la productividad total de las líneas después de la mejora (por ejemplo, cantidad de unidades producidas por hora después de las mejoras).

#### **Ventajas de la Propuesta:**

- Reducción de los tiempos de las conversiones.
- Reducción en la manipulación de colaterales, disminuyendo el desgaste y los costos asociados.
- Mayor estabilidad en los procesos al trabajar con líneas configuradas específicamente para ciertos productos.
- Simplificación del trabajo operativo y logístico, favoreciendo la eficiencia y reduciendo errores humanos.

#### **Costo-Beneficio:**

- Inversión inicial: Tiempo y recursos destinados a la reconfiguración de líneas y capacitación del personal.
- Beneficios esperados: Reducción de costos por scrap, menor desgaste en los colaterales, y aumento en la productividad total.

#### **5.1.4 Entrenamientos para Mejorar el Mantenimiento Preventivo y Correctivo en las Líneas de Producción**

Un mantenimiento inadecuado o insuficiente en las líneas de producción puede generar paradas no planificadas, aumentar el porcentaje de scrap y disminuir la eficiencia operativa. Capacitar al personal de mantenimiento en las mejores prácticas, herramientas modernas y técnicas específicas para el equipo utilizado en las líneas garantizará una mayor efectividad en los trabajos preventivos y correctivos, reduciendo el impacto de fallas y mejorando la confiabilidad del sistema.

## **Como objetivos de esta propuesta**

- Incrementar la efectividad del mantenimiento preventivo y correctivo mediante entrenamientos especializados para el personal de mantenimiento.
- Mejorar el alineamiento de las guías de toda la línea de producción.
- Reducir el tiempo de inactividad de las líneas de producción causado por fallas mecánicas o eléctricas.
- Disminuir el porcentaje de scrap relacionado con fallas en los equipos.
- Estandarizar las prácticas de mantenimiento para garantizar la uniformidad y calidad en las reparaciones.

La propuesta consiste en implementar un programa de entrenamiento continuo que abarque:

- Mantenimiento preventivo: Capacitación en inspección, lubricación, ajustes, y limpieza de los equipos para prevenir fallas.
- Mantenimiento correctivo: Formación en diagnóstico de problemas, técnicas avanzadas de reparación, y uso de herramientas especializadas.
- Gestión del mantenimiento: Uso de sistemas de gestión computarizada de mantenimiento (CMMS) para planificar, registrar y analizar las actividades realizadas.

## **Pasos para la Implementación**

### **Diagnóstico inicial:**

- Identificar las brechas de conocimiento en el equipo de mantenimiento.
- Priorizar las áreas críticas de los equipos que requieren mayor atención.

### **Diseño del programa de entrenamiento:**

- Crear módulos de capacitación enfocados en mantenimiento preventivo, correctivo y gestión.
- Aprovechar el conocimiento de los técnicos e ingenieros más experimentados para impartir los entrenamientos.

- Contratar expertos o proveedores para impartir entrenamientos especializados, si es necesario.
- **Ejecución de los entrenamientos:**
- Este proceso estará a cargo del super de mantenimiento del área.
- Implementar sesiones teóricas en aulas y prácticas directamente en las líneas de producción.
- Evaluar el aprendizaje mediante pruebas y ejercicios prácticos.

### **Seguimiento y evaluación:**

- Medir el impacto de los entrenamientos en métricas clave como tiempo de inactividad, scrap, y frecuencia de fallas.
- Realizar actualizaciones periódicas del programa según nuevos requerimientos o tecnologías.

### **Indicadores de Éxito:**

- Reducción del tiempo de inactividad de las líneas de producción en un 20%.

Para calcular la reducción del tiempo de inactividad de las líneas de producción, podemos usar una fórmula que mida la diferencia en el tiempo de inactividad antes y después de la implementación de las mejoras.

$$\text{Reducción en Tiempos de Inactividad} = \frac{\text{Tiempo Inicial} - \text{Tiempo Final}}{\text{Tiempo Inicial}} \times 100$$

Si la reducción en el tiempo de inactividad es mayor o igual al 20%, el indicador será 1 (éxito).

Si la reducción es menor al 20%, el indicador será 0 (no éxito).

Disminución del porcentaje de scrap asociado a fallas de mantenimiento en un 15%.

Para calcular la disminución del porcentaje de scrap asociado a fallas de mantenimiento, podemos utilizar una fórmula basada en la reducción del scrap antes y después de la mejora.

$$\text{Reducción en Scrap por Fallas de Mantenimiento} = \frac{\text{Scrap Inicial} - \text{Scrap Final}}{\text{Scrap Inicial}} \times 100$$

Scrap Inicial: porcentaje de scrap generado por fallas de mantenimiento antes de las mejoras.

Scrap Final: porcentaje de scrap generado por fallas de mantenimiento después de las mejoras.

Incremento en la frecuencia y calidad de los mantenimientos preventivos realizados.

Para medir el incremento en la frecuencia y calidad de los mantenimientos preventivos, podemos definir dos indicadores:

Frecuencia de mantenimientos preventivos (cantidad de mantenimientos realizados en un período de tiempo).

Calidad de los mantenimientos preventivos (porcentaje de mantenimientos realizados correctamente sin generar fallas posteriores).

$$\text{Incremento en Frecuencia} = \frac{\text{Frecuencia Final} - \text{Frecuencia Inicial}}{\text{Frecuencia Inicial}} \times 100$$

Frecuencia Inicial: número de mantenimientos preventivos realizados antes de la mejora (por semana, mes, según estén planificados).

Frecuencia Final: número de mantenimientos preventivos realizados después de la mejora.

Este cálculo mostrará el porcentaje de incremento en la frecuencia de mantenimiento preventivo.

$$\text{Calidad del Mantenimiento} = \frac{\text{Mantenimientos Exitosos}}{\text{Total de Mantenimientos Realizados}} \times 100$$

Mantenimientos Exitosos: cantidad de mantenimientos preventivos que no generaron fallas posteriores en un período determinado.

Total de Mantenimientos Realizados: total de mantenimientos preventivos efectuados en ese mismo período.

## **Costo-Beneficio**

### **Inversión inicial:**

- Selección de capacitadores o expertos de los equipos.
- Tiempo dedicado por parte del personal de mantenimiento para asistir a los entrenamientos.

### **Beneficios esperados:**

- Reducción de costos por reparaciones y paradas no planificadas.
- Mayor durabilidad y rendimiento de los equipos.
- Incremento en la productividad general de las líneas.

### **Ventajas de la Propuesta:**

- Aumento en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Desarrollo de habilidades técnicas en el equipo de mantenimiento.
- Mejora en la calidad del proceso productivo mediante un mantenimiento más eficiente.

## **5.1.5 Entrenamientos Técnicos para Nivelar el Conocimiento en los Equipos de la Línea RXH**

En la línea RXH, se ha identificado una brecha en el conocimiento técnico entre los técnicos e ingenieros que operan y dan soporte a los equipos. Estas diferencias pueden provocar inconsistencias en la solución de problemas, tiempos de inactividad más prolongados y una falta de estandarización en la operación. La implementación de entrenamientos diseñados para nivelar el conocimiento técnico permitirá un mejor

desempeño en la línea, reducirá errores, y fomentará un trabajo más colaborativo y eficiente.

### **Como objetivos de esta propuesta:**

- Mejorar la eficiencia operativa en la línea RXH mediante la capacitación del personal técnico y de ingeniería para unificar y estandarizar el conocimiento sobre los equipos.
- Capacitar al 100% del personal técnico e ingenieros en las funciones clave de los equipos de la línea RXH y primordialmente en el equipo TGB el cual es el más crítico del proceso.
- Reducir el tiempo de resolución de problemas técnicos en un 20%.
- Fomentar una comunicación más efectiva entre técnicos e ingenieros para el manejo de los equipos y sus fallos.

### **Descripción de la Solución:**

El departamento de Training será el encargado de diseñar e impartir los entrenamientos, los cuales incluirán:

- Módulos teóricos: Explicación detallada del funcionamiento de los equipos de la línea RXH, especificaciones técnicas y mejores prácticas.
- Sesiones prácticas: Resolución de problemas simulados en los equipos y actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Estandarización de procedimientos: Introducción de guías prácticas y procedimientos operativos estándar para facilitar la uniformidad en la línea.

Los entrenamientos se llevarán a cabo en horas de producción para minimizar los costos adicionales, aprovechando el tiempo operativo sin necesidad de pagar horas extras.

### **Pasos para la Implementación:**

#### **Análisis inicial:**

- Identificar las brechas de conocimiento específicas entre técnicos de soporte de líneas e ingenieros de modulo.

- Priorizar los temas críticos relacionados con el desempeño de los equipos en la línea RXH.
- Dividir las carencias con respecto a los equipos de la línea RXH.

#### **Diseño del plan de entrenamiento:**

- Crear módulos específicos para técnicos e ingenieros, enfocados en conocimientos fundamentales y avanzados según las necesidades.
- Preparar materiales de apoyo como manuales, guías prácticas y presentaciones.
- Dividir los entrenamientos por cada equipo del módulo de la línea RXH para poder hacer más efectivo el entrenamiento.

#### **Ejecución de los entrenamientos:**

- Impartir sesiones teóricas y prácticas en un formato dinámico y participativo.
- Realizar simulaciones de problemas comunes en los equipos para reforzar el aprendizaje práctico.
- Se aprovechará de las líneas que se encuentren procesando para poder ver los fallos en vivo.

#### **Evaluación del desempeño:**

- Aplicar pruebas teóricas y prácticas al personal capacitado para medir el nivel de aprendizaje.
- Recopilar retroalimentación de los participantes para mejorar futuras capacitaciones.

#### **Seguimiento y mejora continua:**

- Monitorear el impacto de los entrenamientos en indicadores como tiempo de inactividad, scrap, y eficiencia operativa.
- Actualizar los entrenamientos periódicamente según las necesidades y cambios en la línea RXH.

## Indicadores de Éxito:

- Incremento del nivel de conocimiento técnico, medido a través de evaluaciones antes y después de los entrenamientos.

Para medir el incremento del nivel de conocimiento técnico a través de evaluaciones antes y después de los entrenamientos, podemos usar la siguiente fórmula:

$$\text{Incremento en Conocimiento} = \frac{\text{Puntaje Final} - \text{Puntaje Inicial}}{\text{Puntaje Inicial}} \times 100$$

Aplicar una evaluación antes del entrenamiento y registrar el puntaje inicial.

Realizar el entrenamiento técnico.

Aplicar una evaluación después del entrenamiento y registrar el puntaje final.

Calcular el incremento en conocimiento usando la fórmula.

- Reducción de tiempos de inactividad de los equipos en un 20%.

Para medir la reducción de los tiempos de inactividad de los equipos, podemos utilizar la siguiente fórmula basada en la comparación del tiempo de inactividad antes y después de la implementación de mejoras.

$$\text{Reducción en Tiempos de Inactividad} = \frac{\text{Tiempo Inicial} - \text{Tiempo Final}}{\text{Tiempo Inicial}} \times 100$$

Si la reducción en el tiempo de inactividad es mayor o igual al 20%, el indicador será 1 (objetivo cumplido).

Si la reducción es menor al 20%, el indicador será 0 (objetivo no cumplido).

- Uniformidad en la aplicación de procedimientos técnicos y operativos.

Para medir la uniformidad en la aplicación de procedimientos técnicos y operativos, podemos utilizar un índice de cumplimiento basado en auditorías, inspecciones o registros de ejecución de los procedimientos.

$$\text{Índice de Uniformidad} = \frac{\text{Número de Procedimientos Aplicados Correctamente}}{\text{Total de Procedimientos Evaluados}} \times 100$$

Número de Procedimientos Aplicados Correctamente: cantidad de procedimientos que se ejecutaron conforme a los estándares establecidos.

Total de Procedimientos Evaluados: cantidad total de procedimientos revisados en auditorías o inspecciones.

El resultado será un porcentaje de uniformidad, donde 100% indica que todos los procedimientos se aplican de manera correcta y uniforme.

**Costo-Beneficio:**

**Inversión inicial:**

- Tiempo del personal técnico y de ingeniería durante las horas de producción para asistir a los entrenamientos.
- Recursos mínimos para materiales de apoyo y simulaciones.

**Beneficios esperados:**

- Reducción de costos operativos asociados a fallas técnicas y tiempos de inactividad.
- Mejor desempeño de los equipos, disminuyendo scrap y errores operativos.
- Aumento en la motivación y confianza del personal técnico e ingeniero, promoviendo un ambiente de trabajo colaborativo.

**Ventajas de la Propuesta:**

- Implementación en horario de producción para minimizar costos adicionales.
- Mejora en la eficiencia operativa y resolución de problemas técnicos.
- Unificación del conocimiento técnico, reduciendo las brechas y mejorando la comunicación.

### **5.1.6 Actualización y Mejora de los Manuales de Mantenimiento de los Equipos de la Línea RXH**

Tras la nivelación técnica del personal y la implementación de mejoras en los procesos de mantenimiento, se identificó la necesidad de actualizar y optimizar los manuales de mantenimiento de los equipos en la línea RXH. Los manuales actuales no reflejan las mejoras recientes ni las mejores prácticas identificadas durante el proceso de capacitación y análisis.

Una documentación clara, precisa y actualizada es esencial para garantizar la estandarización, minimizar los errores y optimizar el desempeño de los equipos.

#### **Como objetivos de esta propuesta:**

- Actualizar y mejorar los manuales de mantenimiento de los equipos de la línea RXH para incluir las nuevas prácticas y estándares desarrollados durante la nivelación técnica e ingenieril y las propuestas de mejora.
- Incorporar los ajustes técnicos realizados durante el proceso de nivelación y las mejoras propuestas en los equipos.
- Estandarizar los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo, garantizando su claridad y accesibilidad para el personal técnico.
- Reducir los tiempos de intervención en los equipos mediante documentación optimizada y detallada.

#### **Descripción de la Solución:**

- Se desarrollarán nuevos manuales de mantenimiento basados en:
- Estructura mejorada: Incluir secciones específicas para mantenimiento preventivo, correctivo y solución de problemas comunes, con un formato claro y visualmente atractivo.
- Incorporación de mejoras técnicas: Documentar todas las mejoras realizadas en los equipos, como el uso de fixtures, cobertores de hule, exclusividad de productos por línea, y otros cambios introducidos.
- Contenido práctico y visual: Agregar diagramas, fotografías y pasos secuenciales para facilitar la comprensión y aplicación.

- Disponibilidad digital y física: Publicar los manuales en formato digital, accesibles desde dispositivos móviles y en las computadoras de cada línea de producción.

### **Pasos para la Implementación:**

- Recopilación de información:
- Revisar los manuales actuales y evaluar las brechas existentes.
- Incorporar las mejores prácticas, ajustes y cambios documentados durante las capacitaciones y las propuestas de mejora.

### **Diseño y redacción de los nuevos manuales:**

- Dividir los manuales en secciones claras: mantenimiento preventivo, correctivo, troubleshooting y cambios introducidos.
- Diseñar diagramas y fotografías en alta resolución para cada procedimiento.

### **Revisión y validación:**

- Realizar una revisión técnica con el personal de mantenimiento e ingeniería para garantizar la precisión de los manuales.
- Validar los nuevos manuales mediante pruebas en situaciones reales en la línea RXH.

### **Distribución e implementación:**

- Someter a revisión los manuales con los gestores de calidad de la compañía para su aprobación.
- Subir los manuales digitales al sistema interno para fácil acceso del personal técnico.

### **Seguimiento y actualización continua:**

- Establecer un proceso regular para actualizar los manuales según nuevos ajustes o mejoras en los equipos.

## Indicadores de Éxito:

- Accesibilidad: 100% del personal técnico e ingeniero tiene acceso a los manuales actualizados en formato digital.

Para medir la accesibilidad de los manuales actualizados en formato digital, podemos utilizar un índice de acceso basado en la cantidad de personal con acceso verificado.

$$\text{Índice de Accesibilidad} = \frac{\text{Número de Personas con Acceso Verificado}}{\text{Total de Personal Técnico e Ingenieros}} \times 100$$

Número de Personas con Acceso Verificado: cantidad de técnicos e ingenieros que han confirmado o registrado acceso a los manuales digitales.

Total, de Personal Técnico e Ingenieros: número total de personas que deben tener acceso.

El resultado será un porcentaje de accesibilidad, donde 100% indica que todos los técnicos e ingenieros tienen acceso a los manuales actualizados.

Reducción de tiempos de mantenimiento: Disminución del tiempo promedio de intervención en un 15%.

Para medir la reducción de los tiempos de mantenimiento, específicamente la disminución del tiempo promedio de intervención en un 15%, podemos utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Reducción de Tiempos de Mantenimiento} = \frac{\text{Tiempo Promedio Inicial} - \text{Tiempo promedio Final}}{\text{Tiempo Promedio Inicial}} \times 100$$

Tiempo Promedio Inicial: tiempo promedio de intervención antes de la implementación de mejoras (medido en minutos u horas).

Tiempo Promedio Final: tiempo promedio de intervención después de la implementación de mejoras.

Este cálculo proporciona el porcentaje de reducción en el tiempo de mantenimiento.

Satisfacción del personal: Incremento en la percepción de claridad y utilidad de los manuales según encuestas internas.

Para medir la satisfacción del personal en relación con la claridad y utilidad de los manuales, podemos utilizar encuestas internas y calcular el incremento en la percepción antes y después de las mejoras implementadas.

$$\begin{aligned} & \textit{Incremento en la Percepcion} \\ & = \frac{\textit{Puntaje Promedio Final} - \textit{Puntaje Promedio Inicial}}{\textit{Puntaje Promedio Inicial}} \times 100 \end{aligned}$$

Puntaje Promedio Inicial: promedio de satisfacción obtenido en la encuesta antes de la actualización de los manuales.

Puntaje Promedio Final: promedio de satisfacción obtenido en la encuesta después de la actualización de los manuales.

Los puntajes pueden obtenerse a partir de encuestas en una escala de 1 a 5 o de 1 a 10, dependiendo de cómo se estructuren las preguntas.

Aplicar una encuesta antes de actualizar los manuales para obtener el puntaje inicial.

Realizar las mejoras en los manuales para aumentar su claridad y utilidad.

Aplicar una nueva encuesta después de la actualización para obtener el puntaje final.

## **Costo-Beneficio**

### **Inversión inicial:**

- Tiempo para la redacción y diseño de los nuevos manuales.

### **Recursos para la digitalización:**

- Esta propuesta es realizada por el departamento de ingeniería con la ayuda del departamento de training.

### **Beneficios esperados:**

- Reducción en el tiempo de resolución de problemas.
- Menor frecuencia de errores operativos debido a procedimientos mal documentados.
- Incremento en la eficiencia del mantenimiento preventivo y correctivo.
- Ventajas de la Propuesta:
- Mayor claridad y estandarización en los procedimientos de mantenimiento.
- Reducción de la curva de aprendizaje para el personal nuevo o en proceso de entrenamiento.
- Acceso inmediato a información precisa en formato digital y físico.

## **5.2 CONTROLAR**

En esta fase se establecen los procesos y sistemas para garantizar que las mejoras implementadas en la etapa anterior se mantengan a largo plazo y el proceso sea eficiente y de alta calidad.

Esto implica la implementación de controles y mecanismos de seguimiento para prevenir la reincidencia de problemas y mantener el proceso a medida que se adapta a cambios en el entorno o según las necesidades del cliente.

Por tanto, con el fin de asegurar que las propuestas de mejora sean exitosas y puedan contribuir con la mejora del proceso de fabricación del tanque, se detallan las siguientes acciones.

### **5.2.1 Implementación de la metodología 5S**

Para mantener un mayor orden en las gavetas de los porta drawers y poder colocar los pedestales para los equipos TGB en cada línea, es necesario someter el proceso a la metodología de 5S.

Al respecto, está a cargo del supervisor de producción, quien hace una introducción sobre la metodología, donde explica qué significa y cómo se lleva a cabo la implementación de cada una de las 5S.

- **Seiri (Clasificar)**

**Objetivo:**

Identificar y eliminar elementos innecesarios en el área de trabajo para reducir el desorden y facilitar las operaciones.

**Aplicación:**

Revisar las estaciones de la línea RXH para identificar herramientas, materiales o componentes que no sean esenciales para el ensamblaje de los integrados.

**Acción:**

Eliminar componentes o colaterales defectuosos o fuera de especificación para evitar su reutilización accidental, clasificar herramientas y consumibles por frecuencia de uso: herramientas críticas y consumibles de mayor uso deben estar fácilmente accesibles.

**Resultado esperado:**

Obtener un tener espacio organizado que reduzca el tiempo de búsqueda de herramientas y consumibles para evitar errores por uso de materiales.

- **Seiton (Ordenar)**

**Objetivo:**

Organizar los materiales y herramientas necesarios de forma lógica y accesible para optimizar el flujo de trabajo.

**Aplicación:**

Área de trabajo: Establecer un sistema de almacenamiento estándar para los materiales y herramientas utilizadas en el ensamblaje.

**Acción:**

Diseñar un esquema visual para las estaciones de trabajo (sombreados o marcadores para las herramientas y áreas delimitadas para materiales).

Implementar el uso de los racks porta drawers sus gavetas etiquetadas para clasificar los pedestales.

**Resultado esperado:**

Reducción del tiempo de conversión de la líneas y minimización de interrupciones por la falta de organización.

- **Seiso (Limpiar)**

**Objetivo:**

Mantener un área de trabajo limpia y funcional para prevenir fallas técnicas y defectos.

**Aplicación:**

Área de trabajo: Establecer un plan de limpieza regular en la línea RXH, con enfoque en los equipos críticos como el TGB.

**Acción:**

Limpiar los pedestales y equipos al inicio de turno y cada vez que se realiza set up de línea, eliminando residuos que puedan afectar el rendimiento y la calidad.

Realizar inspecciones visuales para detectar daños o suciedad que puedan contribuir al scrap.

**Resultado esperado:**

Mayor durabilidad de los equipos disminución de scrap, disminución de fallas por acumulación de residuos y mejora en la calidad del producto final.

- **Seiketsu (Estandarizar)**

**Objetivo:**

Establecer estándares claros para mantener las mejoras logradas en las primeras tres S.

**Aplicación:**

Área de trabajo: Formalizar procedimientos estándar para clasificar, organizar y limpiar en la línea RXH.

**Acción:**

Crear listas de verificación (checklists) para clasificar y limpiar diariamente los equipos.

Desarrollar instrucciones visuales o diagramas que muestren el orden correcto de los materiales y herramientas en cada estación.

Capacitar al personal en la importancia de mantener estos estándares.

**Resultado esperado:**

Uniformidad en las prácticas operativas, asegurando que todos los operarios trabajen bajo los mismos lineamientos y procedimientos.

- **Shitsuke (Disciplina)**

**Objetivo:**

Fomentar la cultura de disciplina y compromiso en el personal para sostener las mejoras logradas con las 5S.

**Aplicación:**

Área de trabajo: Implementar auditorías regulares para garantizar el cumplimiento de las 5S en toda la línea.

**Acción:**

Asignar responsabilidades específicas a los operarios y técnicos para cada S.

Establecer un programa de reconocimiento para los equipos que mantengan altos estándares en la práctica de las 5S.

Realizar reuniones periódicas para revisar el estado de implementación y ajustar según las necesidades.

**Resultado esperado:**

Una cultura organizacional enfocada en la mejora continua, con personal motivado para mantener los estándares de calidad y orden.

**Resultados Esperados de las 5S en la Fase de Controlar:**

- Reducción de scrap mediante el manejo adecuado de materiales y herramientas.
- Incremento en la eficiencia del ensamblaje al eliminar tiempos muertos.
- Mayor satisfacción del personal al trabajar en un entorno limpio y organizado.
- Un proceso estandarizado que facilite el monitoreo y la mejora continua.

### **5.2.2 Gemba Walk**

Para darle un seguimiento de cerca al proceso, se pretende continuar haciendo uso de esta herramienta, mediante la cual se realiza la inspección por medio de caminatas programadas, donde se efectúan auditorías para llevar el control de la implementación de las propuestas y conocer cómo estas ayudan al mejoramiento del proceso.

Estas caminatas las hace el supervisor de producción o el ingeniero del proceso cada 15 días e invitan a los gerentes, donde se observan las actividades en curso, cómo se ejecutan y si se siguen los procedimientos estipulados. De esta manera, se fomenta el aprendizaje al obtenerse una mayor comprensión del proceso.

Se establecen las siguientes preguntas para poder obtener este tipo de apreciaciones:

- ¿De qué es responsable?
- ¿Cuál es el procedimiento para llevar a cabo la tarea?
- ¿Cómo se siente realizando esa tarea?
- ¿Cuenta con las herramientas necesarias para ejecutar la tarea?
- ¿Tiene alguna recomendación de mejora para el proceso?

Debido a esta interacción con los operarios, se puede brindar una retroalimentación en tiempo real, lo que da como resultado una mejor relación entre las partes e identificar medidas de mejora y toma de decisiones.

Referenciar como anexo el checklist

### **5.2.3 Reuniones Kaizen**

Se formuló hacer reuniones Kaizen una vez a la semana, el día, lunes al inicio de cada turno, para hablar de las metas de la semana y se analizan las métricas del área.

Se identifican, se discuten y se abordan problemas que surgieron a lo largo de la semana de trabajo anterior y de cómo se pueden evitar, corregir o disminuir en esta semana de trabajo que comienza.

En estas reuniones participan los operarios con el supervisor de producción y el ingeniero de procesos, ayudando a la empresa a adaptarse a los cambios, optimizar el proceso de fabricación los integrados.

Estas reuniones serán lideradas por el departamento de ingeniería del módulo.

Las reuniones Kaizen quedan documentadas para llevar un control más específico y que las ideas surgidas en estas no se pierdan y se puedan tomar las acciones pertinentes.

#### **5.2.4 Diagrama de Gantt**

La implementación de este diagrama es para visualizar el progreso del proyecto, planificar y realizar el seguimiento de las propuestas a lo largo del tiempo.

El siguiente diagrama de Gantt muestra el orden cronológico aproximado de cómo se implementa cada propuesta de mejora, pero está sujeto a modificaciones según como avancen.

Se tiene destinado que para finales del mes de mayo del presente año 2025 estén en la empresa todas estas herramientas y entren en función las propuestas de mejora, ya con el personal debidamente capacitado.

Figura 5.8: Diagrama de Gantt del plan de capacitación

Nombre de la Tarea	Noviembre		Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
	Semana 46	Semana 47	Semana 49	Semana 50	Semana 51	Semana 52	Semana 01	Semana 02	Semana 03	Semana 04	Semana 05	Semana 06	Semana 07	Semana 08	Semana 09	Semana 10	Semana 11	Semana 12
Cobertores de hule																		
Pedir los cobertores a Wiings																		
Instalación de los cobertores																		
Fixture de alineamiento																		
Cotización del taller																		
Aprobación de la compra del Fixture																		
Fabricación del Fixture																		
Entrega del Fixture																		
Entrenamiento del uso																		
Asignación de productos																		
Acomodo de los pedestales																		
Rotulación de las gavetas de los porta Drawers																		
Entrenamientos para PM																		
Realizar pruebas previas de conocimiento																		
Realizar Entrenamientos																		
Realizar pruebas de conocimiento adquirido																		
Nivelar conocimientos																		
Realizar pruebas previas de conocimiento																		
Realizar Entrenamientos																		
Realizar pruebas de conocimiento adquirido																		
Actualización de manuales																		
Realizar las mejoras																		
Subir los manuales al sistema de la empresa																		
Compartir los manuales actualizados																		

Fuente: Autor, 2025.

### 5.2.5 Retorno de la inversión del proyecto (ROI)

Con el fin de establecer si el proyecto en la empresa Dynamics. es rentable, se hace uso de esta herramienta, la cual se muestra a continuación:

El costo total de la implementación de las mejoras es de \$17.933,60, este monto incluye los gastos relacionados en la tabla 5.2. Eso señala que la implementación debe generar un retorno de inversión positivo.

Se estima que con la implementación de las propuestas la empresa reducir el nivel de scrap en un 30% y los gastos que estas producen. Lo anterior se aprecia en las siguientes tablas:

Tabla 5.2: Costos de implementación

Rubros	Costos
Cobertores de hule	\$ 4 480,00
Fixture de alineamiento	\$ 1 870,00
Asignación de productos	\$ 1 177,92
Entrenamientos para PM	\$ 1 177,92
Nivelar conocimientos	\$ 8 638,80
Actualización de manuales	\$ 588,96
Total	\$ 17 933,60

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 5.3: Costos de la capacitación

Actividad	Horas por semana	Costo por capacitación	Catidad de personas	Total, inversión
Asignacion de productos	48	\$ 392,64	3	\$ 1 177,92
Entrenamientos para PM	24	\$ 196,32	6	\$ 1 177,92
Nivelar conocimientos	48	\$ 392,64	22	\$ 8 638,08
Actualizacion de manuales	24	\$ 196,32	3	\$ 588,96
Total	144	\$ 1 177,92	34	\$ 11 582,88

Fuente: Autor, 2025.

Por lo tanto, se utiliza la siguiente fórmula para calcular el periodo de recuperación en meses:

$$ROI = \frac{\text{Costos de implementación}}{\text{Ahorros obtenidos}}$$

$$ROI = \frac{\$17933.60}{\$ 1461600.00/\text{año}} = 0.15 \text{ meses}$$

$$0.15 \text{ meses} \approx 4.4 \text{ días}$$

Se necesitan aproximadamente 0.15 meses (5 días) para recuperar la inversión realizada, lo que indica que es un retorno muy rápido y una decisión altamente rentable.

Esto refuerza la viabilidad de la propuesta ya que los beneficios se materializan casi de inmediato después de la implementación.

Cabe recalcar que este retorno de la inversión (ROI) no es un período definitivo porque se encuentra sujeto a varios factores tales como riesgos asociados y la priorización de objetivos estratégicos.

Tras el desarrollo de esta herramienta, la empresa Dynamics puede obtener, con ayuda de la inclusión de las propuestas de mejora, una visualización más clara del impacto que puede tener su proceso de fabricación de los integrados, disminuyendo el porcentaje de scrap y los inconvenientes que estos trae a su organización; al lograr un proceso más eficiente y estable, se consigue un mejor rendimiento.

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

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

## **Conclusiones**

El presente proyecto tuvo como objetivo general evaluar el proceso de ensamble de los integrados en la línea RXH de Dynamics Costa Rica, con el fin de reducir el porcentaje de scrap y mejorar la eficiencia operativa. A continuación, se presentan las conclusiones puntuales, organizadas en función de los objetivos específicos:

- Determinar el impacto de los defectos en el ensamble de los integrados

Se evidenció un impacto económico significativo derivado del scrap: en el periodo de junio a noviembre de 2024 se fabricaron 3,123,583 unidades, de las cuales 609 fueron rechazadas, generando pérdidas por aproximadamente \$4,872,000.

El análisis mostró que el equipo TGB es un punto crítico, ya que no permite retrabajos, y cualquier no conformidad en esta etapa se traduce directamente en scrap.

- Identificar las causas raíz de los defectos más recurrentes

A través de herramientas como el Diagrama de Ishikawa, Pareto y Gemba Walk, se identificaron como causas principales:

- Alineación incorrecta de conveyors en el TGB
- Falta de estandarización en colaterales
- Alta manipulación de componentes
- Deficiencias en la capacitación técnica del personal

La técnica de multivotación reforzó la prioridad de estas causas desde distintos perfiles operativos (operarios, técnicos, ingenieros y gerentes).

- Diseñar e implementar mejoras y controles para reducir el scrap

Se implementaron soluciones puntuales como:

- Fabricación de un fixture de alineamiento
- Asignación exclusiva de colaterales por línea
- Cobertores de hule para evitar impactos
- Reducción en los cambios de configuración
- Ejecución de capacitaciones técnicas y actualización de manuales

Estas mejoras fueron controladas mediante auditorías, aplicación de 5S y monitoreo en tiempo real, asegurando su sostenibilidad en el tiempo.

### **Conclusiones adicionales del análisis global**

El diagrama de recorrido y el diagrama de flujo evidenciaron cómo los retrabajos, cuando son posibles, afectan el tiempo total del proceso (sit time), mientras que el scrap en el TGB tiene impacto inmediato en la rentabilidad.

El análisis FODA permitió identificar condiciones internas y externas que afectan el desempeño del proceso, destacando fortalezas como el respaldo de la alta dirección y oportunidades claras para la mejora continua.

El uso del árbol CTQ facilitó la definición de indicadores clave como tasa de scrap, estabilidad del proceso y reducción de la variabilidad, asegurando que las soluciones respondan a los requisitos del cliente.

### **Evaluación Financiera**

La inversión total fue de \$17,933.60, con un retorno de inversión (ROI) estimado en 5 días, gracias a la reducción significativa del scrap.

Se demuestra que el proyecto no solo es técnicamente viable, sino también financieramente rentable y sostenible.

La aplicación estructurada de la metodología DMAIC permitió abordar el problema del scrap de forma integral, técnica y eficaz. Este proyecto sienta una base sólida para futuras iniciativas de mejora continua dentro de la línea RXH, reforzando el compromiso de Dynamics con la calidad y la eficiencia operativa.

### **Recomendaciones**

Tras la ejecución del proyecto y el análisis de sus resultados, se presentan las siguientes recomendaciones para garantizar la sostenibilidad de las mejoras, así como la identificación de nuevas oportunidades de optimización dentro de la línea de ensamblaje RXH.

- Implementar un monitoreo continuo de las mejoras aplicadas:

Para evitar que el proceso vuelva a generar altos niveles de scrap, se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo que permita evaluar la efectividad de las soluciones implementadas.

### **Esto incluye:**

Auditorías semanales del uso de fixtures de alineamiento y cobertores de hule en la línea de producción.

Inspección periódica de la estabilidad del conveyors en el equipo TGB, asegurando su alineación adecuada.

Registro y análisis de datos sobre defectos detectados después de la implementación de las mejoras, utilizando gráficos de control para identificar tendencias anómalas.

- Reforzar la capacitación y certificación del personal técnico

El conocimiento del personal técnico es un factor clave para el éxito y sostenibilidad de las mejoras. Se recomienda:

Implementar un programa de capacitación periódica sobre el correcto uso de colaterales, técnicas de manipulación segura y criterios de calidad en el ensamblaje.

Desarrollar un sistema de certificación interna que garantice que los técnicos asignados a la línea RXH posean los conocimientos adecuados para reducir defectos.

Evaluar periódicamente el nivel de conocimientos del personal, a través de auditorías de procesos y sesiones de actualización.

- Fortalecer el uso de herramientas ingenieriles para la toma de decisiones

Para mantener el enfoque en la mejora continua, se recomienda el uso de herramientas de análisis de datos que permitan anticiparse a posibles problemas.

### **Algunas acciones clave incluyen:**

- Continuar utilizando el Diagrama de Pareto para identificar las causas más frecuentes de defectos en la línea.
- Aplicar análisis estadísticos como Cpk (Índice de Capacidad del Proceso) para validar que las mejoras han incrementado la estabilidad del proceso.
- Implementar AMFE (Análisis de Modos y Efectos de Falla) de manera recurrente para detectar riesgos potenciales antes de que generen scrap.

- Digitalizar los registros de scrap y defectos para facilitar su análisis en tiempo real.
- Mantener y optimizar la asignación exclusiva de colaterales por línea  
 La estandarización de los materiales utilizados en cada línea de producción ha demostrado ser una estrategia efectiva para reducir la manipulación innecesaria y minimizar defectos. Para reforzar esta práctica, se recomienda:  
 Realizar auditorías periódicas para verificar el cumplimiento de la asignación exclusiva de colaterales.
- Implementar un sistema visual con etiquetas y señalización en la línea para evitar confusiones en el uso de materiales.
- Ampliar el alcance de la metodología DMAIC a otras áreas de la empresa  
 Dado el impacto positivo de la metodología DMAIC en la reducción del scrap, se recomienda su aplicación en otros procesos dentro de la planta. Acciones sugeridas:  
 Identificar otras líneas de ensamblaje que presenten problemas similares y aplicar el mismo enfoque de mejora estructurada.
- Capacitar a más ingenieros y líderes de proceso en la metodología Six Sigma para fortalecer la cultura de mejora continua.
- Documentar los hallazgos y mejores prácticas obtenidas en este proyecto para compartirlas con otras áreas de producción.
- Realizar estudios de factibilidad para nuevas mejoras en la línea RXH  
 Para continuar con la optimización del proceso, se recomienda explorar otras mejoras tecnológicas y operativas, tales como:
- Evaluar la automatización de ciertas tareas dentro del ensamblaje para minimizar la manipulación manual de colaterales y reducir defectos.

- Explorar la viabilidad de implementar sensores de alineación en el equipo TGB para detectar desajustes en tiempo real y prevenir defectos.
- Analizar la posibilidad de incorporar inteligencia artificial para detectar patrones en los datos de scrap y anticipar posibles fallas en la línea.
- Mantener un enfoque financiero en las decisiones de mejora.
- Para garantizar la rentabilidad de futuras mejoras, se recomienda:
  - Evaluar el Retorno de Inversión (ROI) de cada nueva iniciativa antes de su implementación.
  - Priorizar proyectos que generen un impacto financiero significativo en la reducción de costos de scrap.
  - Implementar un sistema de medición financiera que compare los costos de scrap antes y después de cada mejora, asegurando que las inversiones realizadas continúen generando beneficios económicos.
- Desarrollar un plan de control a largo plazo

Finalmente, para mantener los beneficios obtenidos y prevenir futuros incrementos en los niveles de scrap, se recomienda:

- Documentar las mejoras implementadas en un procedimiento estándar (SOP) accesible para todo el personal.
- Establecer una revisión trimestral del desempeño del proceso para garantizar el cumplimiento de los nuevos estándares de calidad.

- Mantener reuniones periódicas con los equipos de producción y calidad para discutir oportunidades de mejora y asegurar que las soluciones implementadas sean sostenibles en el tiempo.

Siguiendo estas recomendaciones, se garantiza la sostenibilidad de las mejoras implementadas y se abre la puerta a nuevas optimizaciones en la línea RXH.

La combinación de monitoreo continuo, capacitación, uso de herramientas ingenieriles, análisis financiero y expansión de la metodología DMAIC permitirá mantener la eficiencia del proceso, reducir costos y mejorar la calidad del producto final en Dynamics Costa Rica.

## REFERENCIAS

## Libros

Adam, E. y Ebert, R. (1991). *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*, (4° ed.). México: Prentice Hall-Hispanoamericana.

Bahena, M. y Reyes, P. (2006). *Curso de Seis Sigma*. México: Universidad Iberoamericana de México.

Barrantes, R. (1999). *Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo*. Costa Rica: EUNED.

Bremer, M. (2021). *¿Cómo hacer un Gemba Walk: visitar los puestos de trabajo para conocer la realidad y mejorar los procesos y los resultados?* España: Editorial Beneficio Barcelona.

David, F. (2008). *Conceptos de administración estratégica*. México: Pearson Educación.

Gil, J. (2016). *Técnicas de instrumentación para la recogida de información*. Costa Rica: EUNED.

Gutiérrez, H. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*, (3° ed.). McGraw Hill Interamericana de México.

Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2004). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. McGraw Hill Education.

Hernández, J. y Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing*. España: Fundación EOI.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2011). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*, (6° ed.). México: McGraw Hill.

Krajewski, L. y Ritzman, L. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*, (5° ed.). México: Pearson Educación.

Madariaga, F. (2013). *Lean Manufacturing: exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. España: Bubok Publishing.

Molina, Z. (1997). *Planeamiento didáctico: fundamentos, principios, estrategias y procedimientos para su desarrollo*. Costa Rica: EUNED.

Rey, F. (2005). *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. España: Fundación CONFEMETAL.

### **Manuales y documentación interna**

Dynamics. (2025). Guía de inspección y control de calidad en procesos de manufactura avanzada. Documento interno, empresa Dynamics.

Dynamics. (2025). Guía de procedimientos de mantenimiento correctivo en la línea RXH. Documento interno, empresa Dynamics.

Dynamics. (2025). Guía de procedimientos de mantenimiento preventivo en la línea RXH. Documento interno, empresa Dynamics.

Dynamics. (2025). Manual de LOTO de equipos en la empresa Dynamics. Documento interno, empresa Dynamics.

Dynamics. (2025). Manual de operación de equipos de la línea RXH. Documento interno, empresa Dynamics.

Dynamics. (2025). Manual de operación del equipo Asymtek. Documento interno, empresa Dynamics.

Dynamics. (2025). Manual de operación del equipo BESI. Documento interno, empresa Dynamics.

Dynamics. (2025). Manual de operación del equipo Iflex. Documento interno, empresa Dynamics.

Dynamics. (2025). Manual de operación del equipo TGB. Documento interno, empresa Dynamics.

Dynamics. (2025). Procedimientos estándar para el ensamblaje de integrados en la línea RXH. Documento interno, empresa Dynamics.

### **Proyectos de investigación**

Altuna, L. y Alva, I. (2018). *Lead time y su influencia en el nivel de servicio de las empresas de servicio de entrega rápida para las importaciones de Estados Unidos*. (Trabajo de graduación para optar por el título de Negocios Internacionales). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú.

Blandón, J. (2017). *Disminución del tiempo de ensamble del cuello de botella en las líneas de producción de fórceps*. (Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial). Universidad Central. Costa Rica.

Castañeda, S. y Bocanegra, H. (2019). *Propuesta de un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001:2015, para aumentar la satisfacción de los clientes de una empresa comercializadora de acero, 2016*. (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial). Universidad Privada del Norte. Perú.

Recuperado de  
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21171/Casta%20Vera%20Silvio%20-%20Bocanegra%20Dom%20adnguez%20Hugo.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Cortez, S. (2006). *Diseño de un sistema de calidad basado en la norma ISO 9001:2000 para la industria nacional de envases plásticos*. (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Químico). Universidad Nacional del Callao. Perú.  
Recuperado de  
<https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/373/T.660.2.C78.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Espinosa, J., Acosta, A. y Pache, J. (2017). *Propuesta de optimización del proceso de producción de ventanas salomónicas para la empresa plásticos y espejos S.R.L.* (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial). Universidad APEC. República Dominicana. Recuperado de  
<https://www.udocz.com/apuntes/524699/tesis-ingenieria-industrial-propuesta-de-optimizac>

Mora, A. (2022). *Propuesta de mejora de los procesos productivos de la fabricación de tarimas en la empresa Corporación de Desarrollo Agrícola del Monte*. (Trabajo final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial). Universidad Latina de Costa Rica. Recuperado de  
[https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1605/1/TFG\\_Ulatina\\_Alejandro\\_Mora\\_Mora\\_20151720054.pdf](https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1605/1/TFG_Ulatina_Alejandro_Mora_Mora_20151720054.pdf)

Orozco, Y., Rodríguez, M. y Zamora, J. (2019). *Mejora del proceso de producción de cables de aluminio enfocada en la disminución de “scrap” en la compañía General Cable Conducen*. (Trabajo de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial). Universidad de Costa Rica. Recuperado de  
<https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/8836/1/44162.pdf>

Quant, S. (2022). *Aseguramiento de calidad en el proceso de extrusión, para reducir la variabilidad de las dimensiones del producto del Departamento de Extrusiones, mediante la metodología DMAIC en la empresa TE Medical*. (Trabajo final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Mejora Continua). Universidad Latina de Costa Rica. Recuperado de [https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1685/1/TFG\\_Ulatina\\_Suiy\\_en\\_Quant\\_Melendez\\_2014022417.pdf](https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1685/1/TFG_Ulatina_Suiy_en_Quant_Melendez_2014022417.pdf)

Rabanales Ortiz, M.R. (2016). *Diseño de la investigación del desarrollo de un modelo de pronósticos por medio del método ABC para la reducción de merma por daño de productos cárnicos en un supermercado*. (Tesis para Ingeniería Mecánica Industrial). Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3334\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3334_IN.pdf)

Reyes, C., Dávila, A. y Cuadra, D. (2017). *Mejoramiento de la calidad de los procesos productivos en la empresa M. Verde 100 % natural, utilizando la metodología Lean Manufacturing*. (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial). Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua. Recuperado de <http://ribuni.uni.edu.ni/2769/1/92250.pdf>

Rodríguez, D. (2017). *Actualización de estándares de producción, tiempo de ciclo, personas y factor de eficiencia en las líneas de producción “Pantera” de Viant Costa Rica para el control de producción y mejora de reabastecimiento de material* (Trabajo final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Logística). Universidad Latina de Costa Rica. Recuperado de [https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1691/1/TFG\\_Ulatina\\_David\\_Rodriguez\\_Gutierrez\\_20160220021.pdf](https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1691/1/TFG_Ulatina_David_Rodriguez_Gutierrez_20160220021.pdf)

Sigüeñas, S. y Valverde, L. (2018). *Propuesta de mejora en una empresa de fabricación de productos plásticos por inyección y soplado*. (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Industrial). Universidad Católica del Perú. Recuperado de

[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15539/SIGUE%  
c3%91AS\\_SANCHEZ\\_VALVERDE\\_YNGA\\_PROPUESTA\\_MEJORA\\_EMPRE  
SA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/15539/SIGUE%c3%91AS_SANCHEZ_VALVERDE_YNGA_PROPUESTA_MEJORA_EMPRESA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vargas, J. (2017). *Diseño de un método estadístico estandarizado para analizar la tendencia de eventos de no-conformidades en la industria de manufactura de dispositivos médicos*. (Trabajo final de graduación para optar por el grado de Maestría Profesional en Ingeniería Industrial). Universidad Latina de Costa Rica. Recuperado de [https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1922/1/TFG\\_Ulatina\\_Jorge\\_Vargas\\_Leandro.pdf](https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1922/1/TFG_Ulatina_Jorge_Vargas_Leandro.pdf)

## **Fuentes de Internet**

Aiteco Consultores. (2017). *Diagrama de flujo (flujograma) en la gestión de procesos*. Recuperado de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo/>

Álvarez, A. (2022). *Diagrama de Pareto ejemplo*. Recuperado de <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/diagrama-de-pareto-ejemplo>

Asesor de Calidad. (2015). *Herramienta de Planificación: Diagrama de Gantt*. Recuperado de [http://asesordecalidad.blogspot.com/2016/12/herramienta-de-planificacion-diagrama.html#.Xu\\_GzGhKjIU](http://asesordecalidad.blogspot.com/2016/12/herramienta-de-planificacion-diagrama.html#.Xu_GzGhKjIU)

Asq Org. (2005). *El Retorno de Inversión*. Recuperado de <http://asq.org/quality-progress/2005/05/problem-solving/el-retorno-de-inversion.html>

Betancourt, D. (2016). *Diagrama de causa y efecto (Ishikawa) como herramienta de calidad*. Recuperado de [www.ingenioempresa.com/diagrama-causa-efecto](http://www.ingenioempresa.com/diagrama-causa-efecto)

Blanco, E. (2023). *ROI –retorno de la inversión–: fórmula, herramientas y paso a paso*. Recuperado de <https://www.rdstation.com/blog/es/roi/>

Bolivia Emprende. (2021). *La importancia del análisis FODA para una empresa*. Recuperado de <https://boliviaemprende.com/tips/la-importancia-del-analisis-foda-para-una-empresa>

Consumt. (2023). *Árbol de calidad*. Recuperado de <https://www.consuunt.es/arbol-de-calidad/>

Enfermería: módulo integrador. (2016). *Cronograma o gráfico de Gantt*. Recuperado de <https://enfermeriaunam.wordpress.com/2016/05/12/cronograma-o-grafico-de-gantt/>

Gómez, A. (2023). *Diagrama o gráfico de control: herramienta control de procesos*. Recuperado de <http://asesordecualidad.blogspot.com/2017/07/diagrama-o-grafico-de-control.html>

Hernández, J. (2019). *Análisis de procesos con SIPOC*. Recuperado de <https://agileexperience.es/2019/12/30/análisis-de-procesos-con-sipoc/>

JPM Statical. (2023). *Diagrama de barras*. Recuperado de [https://www.jmp.com/es\\_co/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/bar-chart.html](https://www.jmp.com/es_co/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/bar-chart.html)

Licari, S. (2021). *¿Qué es una lluvia de ideas? Ejemplos y técnicas eficaces*. Recuperado de <https://blog.hubspot.es/marketing/tecnicas-lluvia-de-ideas-creativas>

Maranto, M. y González, M. (2015). *Fuentes de información*. Recuperado de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Medina, G. (2022). *¿Qué es un Gemba Walk?* Recuperado de <https://es.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-un-gemba-walk-gerardo-j-medina-c->

Merkle. (2020). *Representación de datos: Las gráficas de tipo tarta*. Recuperado de <https://www.merkle.com/es/es/blog/representacion-datos-graficas-tarta>

*Método del consenso de criterio*. (2023). Recuperado de <https://marcoalixahuentitlaige.weebly.com/53-meacutetodos-del-consenso-de-criterios.html>

Minitab. (s.f.). *Soluciones de Minitab para la industria*. Recuperado de <https://www.minitab.com/es-mx/industry/>

Miquel, M. (2013). *Qué es un árbol CTQ*. Recuperado de <http://www.grupopedia.com/negocios/administracion/que-es-un-arbol-de-ctq/>

Muguirra, A. (2020). *Gráfica de pastel: qué es, características y cuándo utilizarla*. Recuperado de <https://tudashboard.com/grafica-de-pastel/>

Pérez, J. (2022). *DMAIC: Qué es y cuáles son sus pasos*. Recuperado de <https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/dmaic-que-es-y-cuales-son-sus-pasos/>

Pérez, M. (2017). *Multivoto*. Recuperado de [https://prezi.com/3\\_sg5e8g8zhh/multivoto/](https://prezi.com/3_sg5e8g8zhh/multivoto/)

Project Management Institute, Inc. (2020). *¿Qué es un Project Charter?* Recuperado de <https://www.pmi.org/learning/library/project-charter-template-improving-planning-process-1986>

Psicología y Mente. (s.f.). *Registro anecdótico: qué es y cómo se usa en psicología y educación.* Recuperado de <https://psicologiaymente.com/clinica/registro-anecdótico>

Riesco, D. (2020). *Las 5S japonesas para tu entorno y productividad.* Recuperado de <https://conrumbofijo.com/las-5s-japonesas-para-tu-entorno-y-productividad/>

Sarli, R., González, S. y Ayres, N. (2015). Análisis FODA una herramienta necesaria. *Revista de la Facultad de Odontología*, 9(1). Recuperado de <http://bdigital.uncu.edu.ar/7320>

Suárez, M. y Miguel, J. (2008). Encontrando al Kaizen: un análisis teórico de la mejora continua. *Pecunia*, 7, 285-311. Recuperado de [https://gide.unileon.es/admin/UploadFolder/07\\_285\\_311.pdf](https://gide.unileon.es/admin/UploadFolder/07_285_311.pdf)

Teoría General del Sistema. (2010). *Diagramas causales.* Recuperado de <http://teoriageneralsistema.blogspot.com/2010/11/diagramas-causales-un-diagrama-causal.html>

TuDashboard. (2020). *Gráfica de pastel. Conoce sus características y cuándo utilizarla.* Recuperado de <https://tudashboard.com/grafica-de-pastel/>

TuDashboard. (2021). *Gráfica de barras. Características y usos.* Recuperado de <https://tudashboard.com/grafica-de-barras/>

Universidad Politécnica de Valencia. (2022). *Diagrama de recorrido como herramienta de estudio de métodos.* Recuperado de

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/03/29/diagrama-de-recorrido-como-herramienta-de-estudio-de-metodos/>

Wang, Y., Zhao, S., Liu, L., Hu, X., Li, C. y Lu, Z. (2021). Application of Six Sigma DMAIC Method in improving the Good Rate of Blank Value of Cytological Method for Dairy Products. *Revista de Educación*, 13(10), 48-53. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.317712>

Wikipedia. (2023). *Diagrama de flujo*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_flujo](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_flujo)

## **APÉNDICES Y ANEXOS**

## APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Integrado:** Es un componente electrónico que reúne varios componentes miniaturizados en un chip de silicio. Se utiliza en aparatos electrónicos.
- **Scrap:** es una palabra en ingles que se traduce como chatarra o residuo en el contexto industrial se refiere a todos los desechos o residuos derivados del proceso industrial.
- **Lid:** Cobertor o tapa de metal con recubrimiento de oro el cual realiza la función de disipar el calor del integrado al momento de estar en funcionamiento
- **Sustrato:** Base donde van colocados los componentes electrónicos del integrado.
- **Trays:** soporte rectangular de material plástico donde se colocan las unidades para poder ser procesadas en los equipos de la línea, hay de tres unidades, cuatro unidades y seis unidades.
- **Conveyors:** Guías que tienen los equipos por donde se desplaza el material en los trays todos los equipos tienen conveyors frontales (Front) y traseros (Rear)
- **Fixture:** Dispositivo de sujeción, posicionamiento, alineamiento, o soporte, ya sea al inicio, durante y/o al final de una operación de ensamble, maquinado, en algún proceso industrial.
- **Feedback:** Termino que se refiere a la retroalimentación de un asunto o un proceso determinado en los equipos de trabajo.
- **Pass down:** Término empleado para referirse a la entrega de un turno a otro en la industria manufacturera.

- **Sealant:** Adhesivo tipo silicón que se utiliza para unir el sustrato y el lid
- **Flux:** Esta es una sustancia que se utiliza para ayudar a la unión de dos componentes en la industria.
- **Preform:** es una película de un material metálico que se encuentra en la tabla periódica con el nombre de indio con el símbolo In y se utiliza en la fabricación de componentes electrónicos.
- **Die:** es la placa núcleo de un integrado
- **Thermodo:** Parte mecánica del equipo TGB que contiene dos resistencias una termocupla y una placa de contacto el cual transmite calor a las unidades para realizar un pre curado y la unión del Lid y el sustrato
- **JLP:** es el equipo que se encarga de Cargar el JLP Cart
- **Asymtek:** es el equipo que se encarga de la colocación del Sealant
- **IIS:** Sistema de inspección de entrada (Incoming Inspection Systems)
- **LPP:** Lugar de picado y acomodo de tapa (Lid Pick Place)
- **TGB:** Junta de union termica (Thermal Gang Bonder)
- **OBC:** es el equipo que se encarga de transferencia de Trays
- **OIS:** Sistema de inspección de Salida (Outgoin Inspection Systems)
- **TD 02:** Este es el código de rechazo para el Lid corrido.

- **TD 23:** Este es el código de rechazo para Falta de Sealant.
- **TD 63:** Este es el código de rechazo para Falla de temperatura del thermodo.
- **TD 95:** Este es el código de rechazo para rechazo por altura del Lid.
- **GN02:** Este es el código de rechazo para mal funcionamiento del equipo.
- **GN13:** Este es el código de rechazo por error humano.
- **LOTO:** Este es el acrónimo en ingles de lockout / tagout que significa bloqueo y etiquetado lo cual se refiere a los procedimientos utilizados para asegurar el equipo esté libre de energías peligrosas al momento de realizar un trabajo, mantenimiento o reparación.
- **EHS:** Son las siglas en ingles de medio ambiente y seguridad en el trabajo y la compañía Dynamics se refiere al departamento de seguridad ocupacional.
- **Pedestales:** Son las bases metálicas que sostiene las unidades al ser procesadas en los equipos según el tipo de material el pedestal tiene diferente forma.
- **Colaterales:** Son diferentes tipos de partes que se utilizan en el proceso productivo en este caso se refieren a los pedestales a utilizar.
- **Drawer:** Se refiere a la parte superior del equipo donde van instalados los thermodos, la misma es intercambiable, esta parte se encuentra en tres configuraciones de tres thermodos, de cuatro thermodos y de seis thermodos, se debe de cambiar según el producto que se quiera trabajar.
- **Porta Drawers:** Se refiere al gabinete especialmente construido para guardar los drawers estos cuentan con una serie de gavetas a su vez.

- **Conversiones:** Esto se refiere a los cambios de línea según el tipo de material que se va a trabajar en la línea.

## APÉNDICE 2: Project charter

ACTA CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO	
1.- Fecha: Setiembre 2024	2.- Nombre de Proyecto: Evaluación del proceso actual de ensamble de los integrados en la línea RXH de Dynamics costa rica, con la aplicación de DMAIC y Métodos de trabajo, que disminuya el porcentaje de scrap
3.- Miembros 3.1 Equipo de trabajo: - Esteban Alonso Chavarría Porras 3.2 Supervisores del Proyecto: Nelson Zamora	4.- Área de aplicación, interesados del proyecto: Dynamics
5.- Fecha de inicio del proyecto: 01/setiembre/2024	6.- Fecha tentativa finalización: 30/abril/2025
7.- Objetivos del proyecto: 7.1 Objetivo General: Evaluar el proceso actual de ensamble de los Integrados en la línea RXH de Dynamics Costa Rica, con la aplicación de DMAIC y Métodos de trabajo, que disminuya el porcentaje de scrap 7.2. Objetivos Específicos: 7.2.1 Medir el impacto de los defectos o no conformidades en el ensamble de los integrados en la línea de RXH. 7.2.2 Determinar las causas raíz de los defectos más recurrentes en el ensamble de los integrados en la línea de RXH. 7.2.3 Proponer mejoras y controles que garanticen la conformidad de los integrados y, así, reducir el porcentaje de scrap.	
Descripción del producto: Ensamble de integrados	
Necesidad del proyecto: Disminución del scrap al momento de realizar en ensamble de los integrados	
Posibles restricciones: Falta del registro de la información y tiempo para desarrollo del estudio.	
Supuestos: Argumentos formulados a priori que pueden afectar para bien o para mal el proyecto.	
Identificación de grupos de interés (Stakeholders): Esteban Alonso Chavarría Porras Cliente(s) directo(s): Dynamics Clientes indirectos: público en general	
Aprobado por: Esteban Alonso Chavarría Porras	Firma:
Presentado por: Esteban Alonso Chavarría Porras	Firmas:

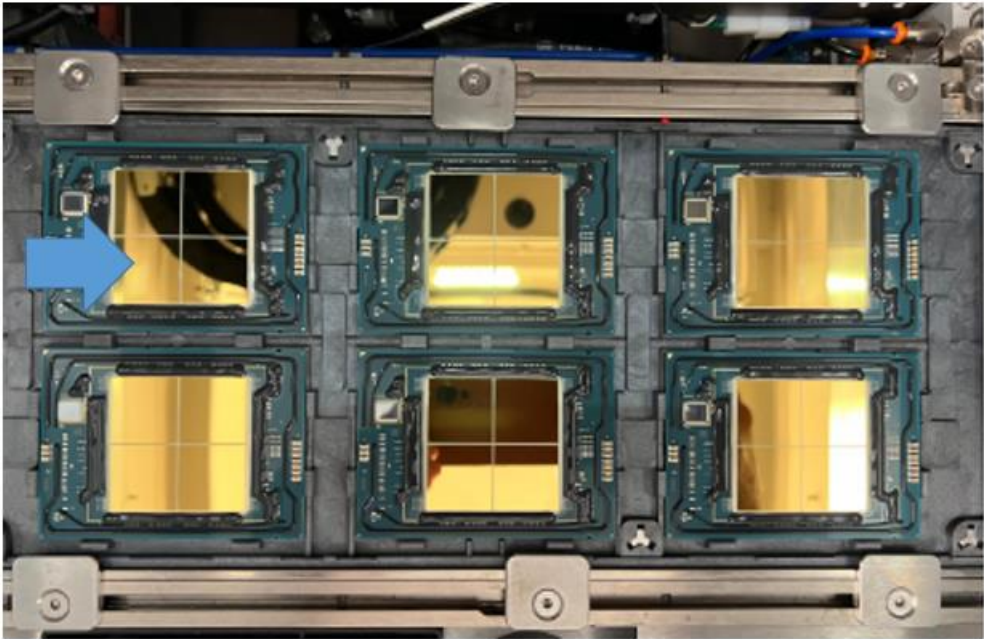
**APÉNDICE 3: JLP Cart**



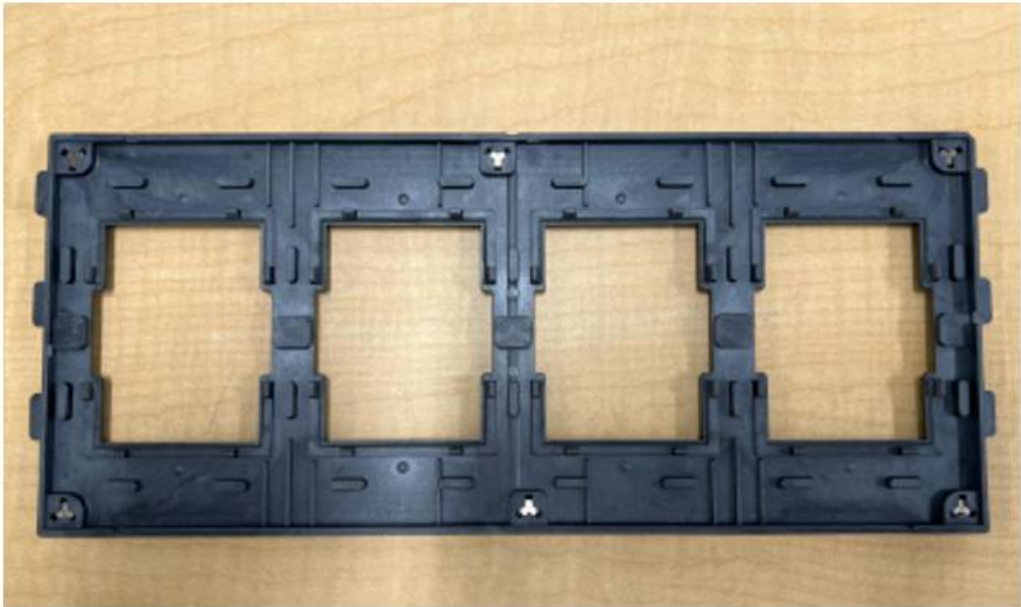
**APÉNDICE 4: Lid**



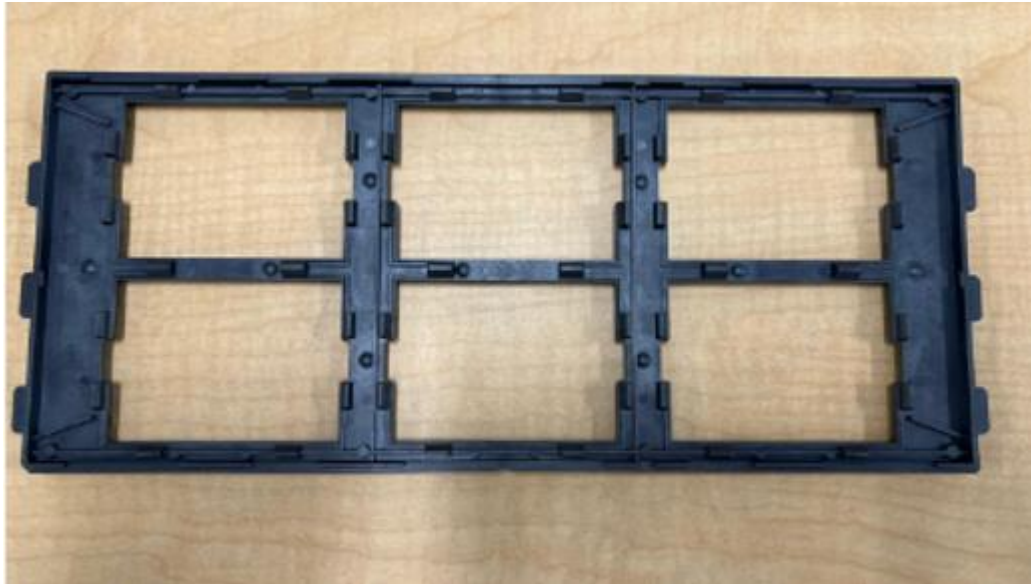
**APÉNDICE 4: Die**



**APÉNDICE 5: Tray 4up**



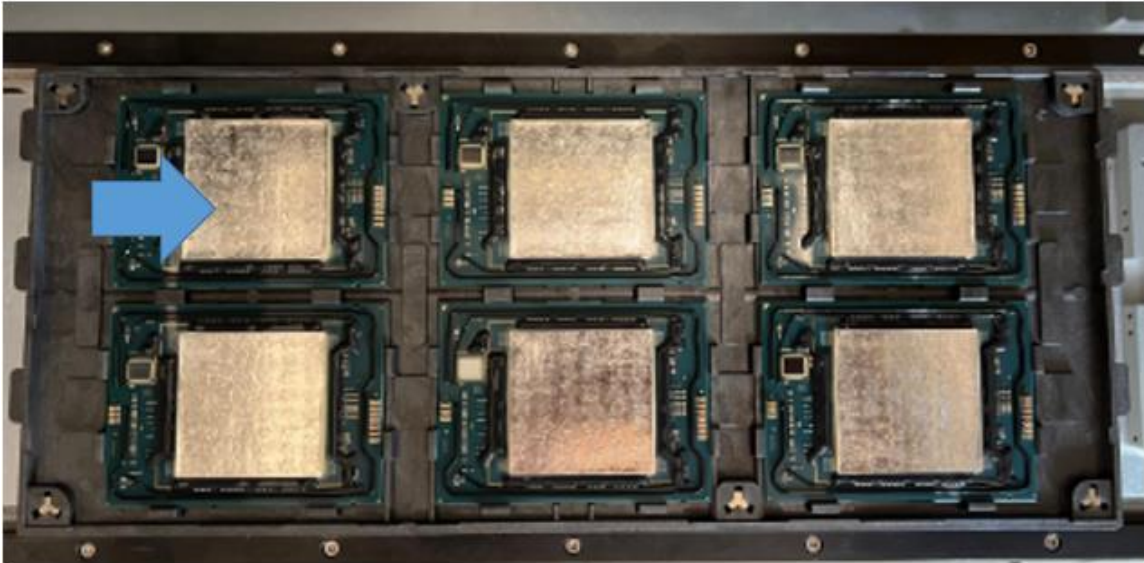
## APÉNDICE 5: Tray 6up



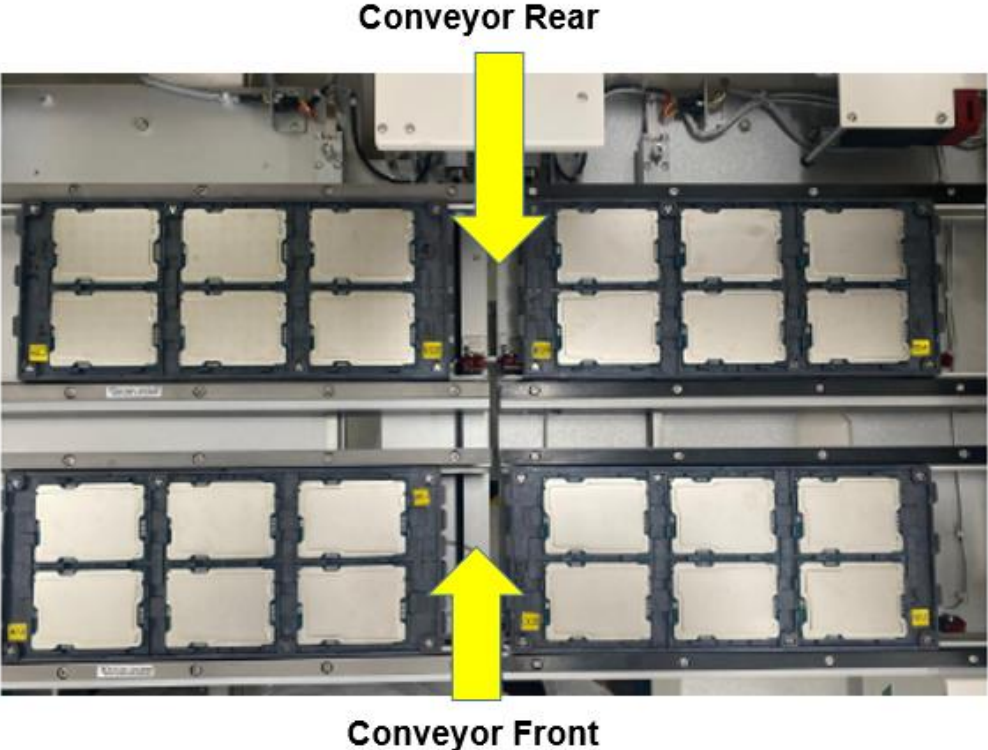
## APÉNDICE 5: eTraveler



**APÉNDICE 6: Preform**



**APÉNDICE 7: Conveyors del equipo Front / Rear**



**APÉNDICE 8: Station Controller**



# ANEXO 1: Cotización del Fixture de alineamiento



## SERVICIOS DE PRECISI3N SEPRESA S.A.

C3dula jur3dica 3-101-148139  
 50mts este de la Iglesia Cat3dlica de Rio Azul  
 San Jos3 Costa Rica  
 Tel/fax : 2276-9076 Celular 8844-6011  
 E-mail : sepresa@ice.co.cr---sepresa@gmail.com

FACTURA PRO FORMA
N3mero: <b>82</b>

COPIA

FECHA : **09-10-24**

EMPRESA : EMP Intel Costa rica	TEL : 89211732
ATENCI3N : Ing. Oscar Andres Alvarado Molina.	FAX :

CANTIDAD	DESCRIPCI3N DEL TRABAJO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Construcci3n de fixture en aluminio 6061 anodizado, para unir Part Number 92000410913 Serial 1092481/2 y Part Number 01109130103 3606270, seg3n muestra e indicaciones. (Fixture para indicar alturas de maquinas).	\$830	\$830
1	Construccion de base y soporte trasero en aluminio 6061 anodizado natural,ambas con Part number 306270, forman la escuadra del fixture, con pines a presion en 420 endurecido, seg3n muestra e indicaciones.	\$790	\$790
1	Construccion de nervio en aluminio anodizado natural,seg3n Part number 306613, con tope guia en aluminio de 1,5 mm espesor,debidamente armado con tornilleria completa en acero inoxidable,seg3n muestra e indicaciones.	\$250	\$250
3.00	= Cant / Total / Metros	<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$1 870</b>
		Exonerado	
		<b>TOTAL :</b>	<b>\$1 870</b>

AUTORIZA EL TRABAJO : \_\_\_\_\_  
 PUESTO : \_\_\_\_\_  
 TEL3FONO Y EXTENSI3N : \_\_\_\_\_

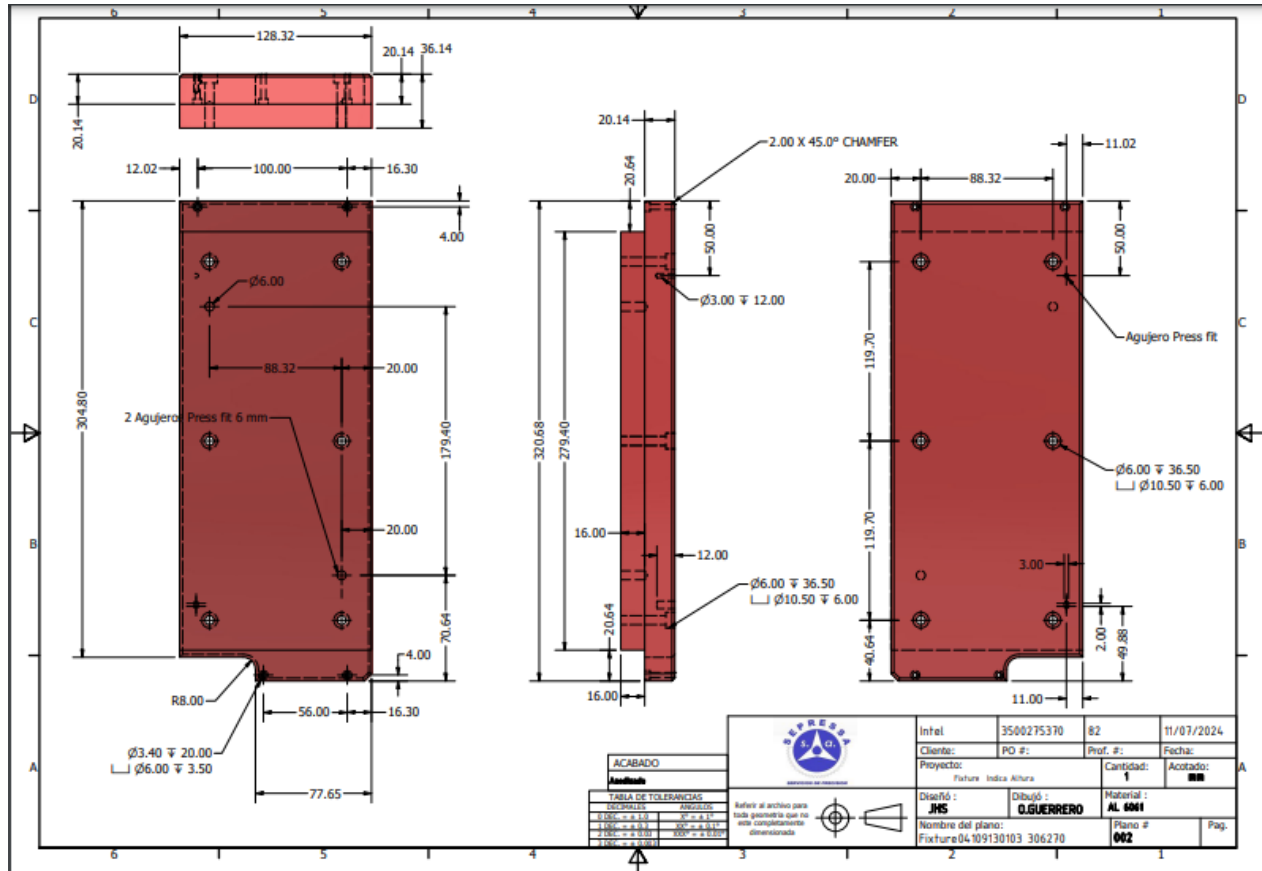
**CONDICIONES DE VENTA :**

ENTREGA: **15** d3as h3biles



30 D3AS CREDITO

VIGENCIA PRO FORMA **15** D3AS

## ANEXO 2: Planos del Fixture



## ANEXO 3: Valor del cobertor de hule en el sistema de repuestos de la empresa.

IPN: 500386419	Description: TGB PEDESTAL COVER			Avail Qty: 2	Engineering Description: TGB Pedestal		Show Usage	Show VF Availability
Stockroom	Details	UOM	Supplier	Unit Cost	Repair Cost	Avail Qty	Order Qty	Total
	CR ATM TEST 103		EA	M.S.V Science & Technology (Ch(SPN:MSV18092001))	\$ 32	Non Repairable	2	<input type="text"/>
							<a href="#">Add to Basket</a>	<a href="#">Create Expedite</a>

## ANEXO 4: Check list de Observación – Gemba Walk.

---

### CHECKLIST DE OBSERVACIÓN – GEMBA WALK

📍 Área evaluada: Línea RXH – Ensamble de servidores  
📅 Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
👤 Equipo de observación: \_\_\_\_\_

#### FLUJO DE TRABAJO Y GENERACIÓN DE SCRAP

##### ✓ Preguntas clave:

- ¿Las unidades fluyen sin interrupciones en el proceso de ensamblaje?
- ¿Se generan unidades con defectos en la etapa del TGB?
- ¿El personal identifica y separa correctamente el scrap?
- ¿Se han reducido las conversiones frecuentes debido a la exclusividad de productos por línea?

##### ★ Observaciones:

---

#### CONDICIONES DEL EQUIPO Y MATERIALES

##### ✓ Preguntas clave:

- ¿El equipo TGB está alineado correctamente con el conveyor?
- ¿Se están utilizando correctamente los fixtures de alineación en TGB?
- ¿Los pedestales tienen los cobertores de hule instalados y en buen estado?
- ¿Las herramientas de mantenimiento están organizadas y accesibles?
- ¿Los materiales utilizados cumplen con las especificaciones establecidas?

##### ★ Observaciones:

---

## ANEXO 5: Check list de Observación – Gemba Walk.

### CHECKLIST DE OBSERVACIÓN – GEMBA WALK

📍 Área evaluada: Línea RXH – Ensamble de servidores  
📅 Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
👥 Equipo de observación: \_\_\_\_\_

#### CUMPLIMIENTO DE LAS 5S

##### ✓ Preguntas clave:

- ¿El área de trabajo está libre de materiales innecesarios (Seiri)?
- ¿Las herramientas están ordenadas y etiquetadas (Seiton)?
- ¿Se está realizando la limpieza periódica de equipos y estaciones (Seiso)?
- ¿Los procedimientos estándar se siguen de manera consistente (Seiketsu)?
- ¿El equipo de trabajo mantiene la disciplina en la aplicación de las 5S (Shitsuke)?

##### ★ Observaciones:

---

---

## ANEXO 6: Check list de Observación – Gemba Walk.

### CHECKLIST DE OBSERVACIÓN – GEMBA WALK

📍 Área evaluada: Línea RXH – Ensamble de servidores  
📅 Fecha: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
👤 Equipo de observación: \_\_\_\_\_

#### CAPACITACIÓN Y COMPETENCIA DEL PERSONAL

##### ✓ Preguntas clave:

- ¿Los operarios conocen los **nuevos estándares y procedimientos** implementados?
- ¿El personal de mantenimiento ha recibido **entrenamiento técnico** actualizado?
- ¿Se ha logrado nivelar el conocimiento de los técnicos e ingenieros sobre los equipos?
- ¿Los operarios saben cómo reaccionar ante fallas en el equipo o scrap inesperado?

##### ★ Observaciones:

---

#### COMUNICACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN DEL PERSONAL

##### ✓ Preguntas clave:

- ¿El personal menciona dificultades en la aplicación de las mejoras?
- ¿Han identificado oportunidades adicionales de mejora?
- ¿Se sienten cómodos con los cambios implementados?
- ¿Existen barreras o problemas de comunicación entre áreas (producción, mantenimiento, calidad)?

##### ★ Observaciones:

---

## **ANEXO 7: Plan de Acción Post – Gemba Walk.**

### **PLAN DE ACCIÓN POST-GEMBA WALK**

◆ **Principales hallazgos:**

---

◆ **Acciones correctivas recomendadas:**

---

◆ **Responsables:**

---

◆ **Plazo de implementación:**

---