

# UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

## CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta de mejora de la calidad de los paneles  
insulados mediante

el método DMAIC en Accesos Automáticos, San  
José, Zapote en el Primer cuatrimestre 2024.

Proyecto de graduación para optar por el  
Bachillerato en Ingeniería Industrial.

EMMANUEL LÓPEZ GARITA

ZAIDA SALAZAR GUZMÁN

Zapote, 2024.

## Declaración Jurada

### DECLARACIÓN JURADA

Yo Emmanuel López Garita, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 207470009 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachiller en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Propuesta de mejora de la calidad de los paneles insulados mediante el método DMAIC en Accesos Automáticos, San José, Zapote en el Primer cuatrimestre 2024, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 09 días del mes de septiembre del año dos mil veinticuatro.



Firma del estudiante



## Acta de Aprobación

### CARTA DEL TUTOR

Heredia, 10 de setiembre de 2024

**Destinatario**  
**Escuela de Ingeniería Industrial**  
**Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante Emmanuel López Garita, cédula de identidad número 2-0747-0009, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado Propuesta de mejora de la calidad de los paneles insulados mediante el método DMAIC en Accesos Automáticos, San José, Zapote en el primer cuatrimestre 2024, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	17
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	27
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18
	TOTAL		90

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

Atentamente,

ZAIDA ELENA  
SALAZAR  
GUZMAN  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por ZAIDA ELENA  
SALAZAR GUZMAN  
(FIRMA)  
Fecha: 2024.09.10  
20:07:55 -06'00'

**Nombre:** Lic. Zaida Elena Salazar Guzmán

**Cédula:** 6-0342-0293



## CARTA DE LECTOR

Universidad Hispanoamericana  
Sede Heredia  
Facultad de Ingeniería Industrial

Estimados señores (as)

El estudiante Emmanuel López Garita, cédula de identidad 2-0747-0009, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el Proyecto de Graduación denominado "*Propuesta de mejora de la calidad de los paneles aislados mediante el método DMAIC en Accesos Automáticos, San José, Zapote en el Primer cuatrimestre 2024*", el cual ha elaborado para obtener su grado de **Bachillerato en Ingeniería Industrial**.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; así mismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado ante un filólogo.

Atte.

Firma:

**FREDDY MONGE CALVO (FIRMA)**  
Digitally signed by FREDDY MONGE CALVO (FIRMA)  
Date: 2024.10.28 13:51:37 -06'00'

Nombre: Ing. Freddy Monge Calvo, MBA

Cédula: 303260154





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

San José, viernes, 15 de noviembre de 2024.

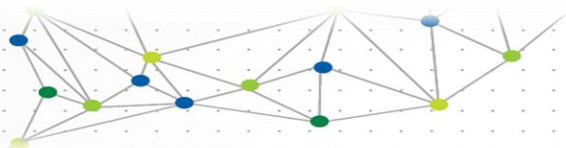
Señores:  
Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Emanuel López Garita, con número de identificación 207470009, autor (a) del trabajo de graduación titulado Propuesta de mejora de la calidad de los paneles insulados mediante el método DMAIC en Accesos Automáticos. San José, Zapote, presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar por el título de bachillerato en Ingeniería Industrial,  SÍ /  NO autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,

  
\_\_\_\_\_  
**Emanuel López Garita**  
2-0747-0009



**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)  
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y  
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

**Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional**

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.



## DEDICATORIA

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios y a mi familia por su inquebrantable apoyo a lo largo de este proceso, marcado por momentos de triunfo y desafío. Agradezco a todos los que han estado a mi lado, así como a aquellos que han formado parte de este viaje, ya que esta dedicación es para todos ustedes. Este logro es, sobre todo, un homenaje a la convicción de que todo es posible con esfuerzo y valentía. Gracias a cada uno de ustedes por ser parte fundamental de mi camino.



## Tabla de contenido

<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....</b>	<b>15</b>
1.1 Descripción general del proyecto.....	16
1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto.....	17
1.2.1 Descripción general de la organización.....	17
1.2.6 Sectores de mercado.....	18
1.2.7 Organigrama .....	19
1.2.8 Antecedentes del contexto de la empresa o institución .....	20
1.3 Planteamiento del problema.....	21
1.3.1 Definición y medición del problema.....	21
1.3.2 Justificación del proyecto .....	22
1.4 Objetivos del proyecto .....	23
1.4.1 Objetivo general .....	23
1.4.2 Objetivos específicos .....	23
1.5 Alcances y limitaciones.....	24
1.5.1 Alcances.....	24
1.5.2 Limitaciones .....	24
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera.....	26
2.1.1 Principios de producción.....	26
2.1.1.1 Producción de paneles insulados .....	26
2.1.1.2 Materia prima de paneles insulados .....	26
2.1.1.3 Técnicas de fabricación .....	27
2.1.2 Gestión de la Calidad .....	28
2.1.2.1 Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto) .....	28



2.1.3 Gestión de la Producción .....	29
2.1.3.1 Diagrama de flujo de procesos .....	30
2.1.3.2 Análisis de datos .....	30
2.1.3.3 Gráficos Cuantitativos y cualitativos.....	30
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto.....	31
2.2.1 Método DMAIC .....	31
2.2.1.1 Definir .....	31
2.2.1.2 Medir.....	32
2.2.1.3 Analizar .....	32
2.2.1.4 Mejorar.....	32
2.2.1.5 Controlar.....	32
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	33
2.3.1 Impacto a corto plazo .....	33
2.3.1.1 Mejora de la calidad del producto.....	33
2.3.1.2 Reducción de costos por reprocesos .....	34
2.3.1.3 Satisfacción del cliente.....	34
2.3.2 Impacto a mediano plazo .....	34
2.3.2.1 Optimización del proceso productivo .....	34
2.3.2.2 Desarrollo del personal .....	35
2.3.2.3 Posicionamiento competitivo .....	35
2.3.3 Impacto a largo plazo .....	35
2.3.3.1 Innovación y desarrollo continuo .....	35
2.3.3.2 Sostenibilidad .....	35
2.3.3.3 Crecimiento y expansión.....	36
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes .....	36
2.4.1 Opiniones y conclusiones de otros autores .....	36
2.4.1.1 Mejora continua .....	36
2.4.1.2 Reducción de defectos .....	37
2.4.2 Experiencias nacionales e internacionales .....	37
2.4.2.1 Nacionales.....	37
2.4.2.2 Internacionales.....	37
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>39</b>
3.1 Metodología para la definición del problema.....	40



3.1.1 Fase I DMAIC (Definir) .....	40
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto .....	40
3.2.1 Fase II DMAIC (Medir).....	40
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio .....	41
3.3.1 Fase III DMAIC (Analizar) .....	41
3.4 Metodología para la implementación del proyecto .....	42
3.4.1 Fase IV DMAIC (Implementar).....	42
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados .....	43
3.5.1 Fase V DMAIC (Controlar).....	43
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ .....</b>	<b>45</b>
4.1 Descripción General del Proceso de Insulado .....	46
4.1.1 Diagrama de flujo de procesos .....	46
4.1.1.1 Diagrama de flujo del proceso de Fabricación.....	46
4.1.1.2 Diagrama de flujo del proceso de pintura .....	48
4.1.1.3 Diagrama de flujo del proceso de Despacho.....	49
4.2 Defectos y Problemas en el Proceso de Insulado.....	50
4.2.1 Accesorios faltantes .....	50
4.2.2 Dimensiones .....	50
4.2.3 Faltante de material .....	50
4.2.4 Pintura.....	51
4.2.5 Rechupe.....	51
4.3 Consecuencias de los Defectos .....	51
4.3.1 Problemas de instalación.....	52
4.3.2 Incremento de costos .....	52
4.3.3 Insatisfacción de los clientes .....	52
4.3.4 Retrasos en los proyectos .....	52
4.4 Análisis de Causas Raíz.....	52
4.4.1 Recolección y análisis inicial de datos .....	53
4.4.1.1 Análisis de no conformidades por rechupe.....	54
4.4.1.2 Análisis de no conformidades por problemas de pintura .....	55
4.4.1.3 Análisis de no conformidades por problemas faltante de material .....	57
4.4.1.4 Análisis de no conformidades por problemas dimensiones.....	58



4.4.1.5 Análisis de no conformidades por problemas accesorios faltantes .....	59
4.4.2 Identificación de Causas Raíz.....	60
4.4.2.1 Diagrama de Ishikawa problemática Accesorios faltantes .....	60
4.4.2.2 Diagrama de Ishikawa problemática Dimensiones .....	62
4.4.2.3 Diagrama de Ishikawa problemática Faltante de material .....	64
4.4.2.4 Diagrama de Ishikawa problemática Pintura .....	65
4.4.2.5 Diagrama de Ishikawa problemática Rechupe .....	67
4.4.4 Conclusiones y Causas .....	68
4.4.4.1 Conclusiones .....	68
4.4.4.3 Principales Causas.....	69
4.4.4.3.1 Falta de Control y Supervisión .....	69
4.4.4.3.2 Deficiencias en Herramientas y Equipos .....	70
4.4.4.3.3 Conocimiento y Capacitación Insuficiente .....	70
<b>CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....</b>	<b>71</b>
5.1 Argumentación y desarrollo de la propuesta.....	72
5.1.1 Propuesta para la solución.....	72
5.1.1.1 Beneficios esperados de la propuesta .....	72
5.1.2 Valoración de propuestas y escogencia .....	72
5.1.2.1 Propuesta 1: Innovación en el proceso de fabricación.....	73
5.1.2.1.1 Ventajas propuesta 1 .....	73
5.1.2.1.1.1 Mejora de la Calidad de los paneles .....	73
5.1.2.1.1.2 Reducción de Costos .....	73
5.1.2.1.1.3 Control del Proceso .....	73
5.1.2.1.1.3 Innovación y Mejora Continua.....	73
5.1.2.1.1 Desventajas propuesta 1 .....	74
5.1.2.1.1.1 Costos iniciales .....	74
5.1.2.1.1.2 Tiempo de adaptación.....	74
5.1.2.1.1.3 Reajustes en la producción .....	74
5.1.2.1.1.4 Impacto cultura.....	74
5.1.2.2 Propuesta 2: Implementación de nuevas tecnologías de inspección .....	74
5.1.2.2.1 Ventajas de la propuesta 2 .....	75
5.1.2.2.1.1 Detección hábil de defectos .....	75
5.1.2.2.1.2 Reducción de tiempo de inspección.....	75



5.1.2.2.1.3 Mejora de la Calidad .....	75
5.1.2.2.1.4 Innovación .....	75
5.1.2.2.2 Desventajas de propuesta 2 .....	75
5.1.2.2.2.1 Costos de Implementación de nuevas tecnologías .....	75
5.1.2.2.2.2 Curva de adaptación .....	76
5.1.2.2.2.3 Dependencia de sistemas tecnológicos .....	76
5.1.2.3 Propuesta 3: Capacitación del personal .....	76
5.1.2.3.1 Ventajas de la propuesta 3 .....	76
5.1.2.3.1.1 Reducción de errores humanos .....	76
5.1.2.3.1.2 Mejor productividad .....	76
5.1.2.3.1.3 Consistencia en la calidad .....	77
5.1.2.3.1.4 Reducción de costos a largo plazo .....	77
5.1.2.3.2 Desventajas de la propuesta 3 .....	77
5.1.2.3.2.1 Implementación costosa .....	77
5.1.2.3.2.2 Tiempos muertos .....	77
5.1.2.3.2.3 Eficiencia variable .....	77
5.1.2.3.2.4 Seguimiento necesario .....	77
5.1.3 Selección de la propuesta .....	78
5.2 Implementación de la Propuesta .....	78
5.2.1 Paso a paso de la implementación .....	78
5.2.1.1 Diagnóstico actual del proceso .....	78
5.2.1.2 Diseño de propuesta de soluciones .....	79
5.2.1.2.1 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Fabricación .....	79
5.2.1.2.2 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Pintura .....	81
5.2.1.2.3 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Despacho .....	82
5.2.1.3 Capacitación del personal .....	83
5.2.1.4 Pruebas piloto y ajuste .....	83
5.2.1.5 Implementación .....	84
5.2.2 Cronograma para la implementación de la propuesta .....	84
5.3 Afianzamiento de la propuesta .....	85
5.3.1 Control de la calidad del proceso .....	85
5.3.2 Evaluación periódica del Proceso .....	85
5.4 Identificación y gestión de Riesgos .....	85



5.4.1. Fallo de la implementación .....	85
5.4.3 Resistencia al cambio .....	86
5.4.4 Plan preventivo de riesgos.....	86
5.4.4.1 Monitoreo constante .....	86
5.4.4.2 Soporte durante la transición.....	86
5.4.5 Análisis costo-beneficio.....	86
5.4.5.1 Datos del Análisis .....	87
5.4.5.2 Beneficios .....	87
5.4.5.3 Resumen del análisis costo beneficio .....	87
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>88</b>
6.1 Conclusiones .....	89
6.2 Recomendaciones .....	89
<b>CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>91</b>
7.1 Referencias.....	92

### Índice de Tablas

<i>Tabla 1 Fase I DMAIC (Definir) .....</i>	40
<i>Tabla 2 Fase II DMAIC (Medir).....</i>	41
<i>Tabla 3 Fase III DMAIC (Analizar) .....</i>	41
<i>Tabla 4 Fase IV DMAIC (Implementar).....</i>	43
<i>Tabla 5 Fase V DMAIC (Controlar) .....</i>	44
<i>Tabla 6 Cronograma de implementación .....</i>	84

### Índice de Figuras

<i>Figura 1 Organigrama accesos automáticos .....</i>	19
<i>Figura 2 Ejemplo diagrama espina de pescado .....</i>	29
<i>Figura 14 Diagrama de flujo del proceso de Fabricación .....</i>	46
<i>Figura 15 Diagrama de flujo del proceso de Pintura .....</i>	48
<i>Figura 16 Diagrama de flujo del proceso de Despacho .....</i>	49
<i>Figura 3 Gráfico de no conformidades .....</i>	54
<i>Figura 4 Gráfico de barras ocurrencias de rechupe por provincia.....</i>	55
<i>Figura 5 Gráfico circular para análisis de defectos por pintura .....</i>	56
<i>Figura 6 Gráfico de motivos de faltante de material .....</i>	57
<i>Figura 7 Grafico de análisis de problemas por dimensiones .....</i>	58
<i>Figura 8 Gráfico de análisis falta de accesorios .....</i>	59
<i>Figura 9 Diagrama Causa-efecto Accesorios faltantes .....</i>	60



<i>Figura 10 Diagrama Causa-efecto Dimensiones</i> .....	62
<i>Figura 11 Diagrama Causa-efecto Faltante de material</i> .....	64
<i>Figura 12 Diagrama Causa-efecto Pintura</i> .....	65
<i>Figura 13 Diagrama Causa-efecto Rechupe</i> .....	67
<i>Figura 17 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Fabricación</i> .....	79
<i>Figura 18 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Pintura</i> .....	81
<i>Figura 19 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Despacho</i> .....	82



## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO**



## 1.1 Descripción general del proyecto

Accesos Automáticos es una empresa que genera soluciones en todo lo relacionado a la automatización de accesos. En esta compañía se venden desde controles para motores utilizados en portones de todo tipo hasta la fabricación misma de dichos productos. Los portones que se ensamblan son de varios tipos como: seccionales insulados, seccionales estructurados de metal de diseños especiales, corredizos, abatibles e incluso postes para controles de acceso. En esta organización también se puede encontrar asesoramiento profesional en todo lo relacionado con requerimientos de automatización y control de acceso adaptados a la necesidad del cliente.

Por otro lado, la problemática actual en el proceso de producción es que los paneles insulados no son capaces de soportar cambios bruscos de temperatura. Dando como resultado deformaciones. Estas deformaciones provocan un defecto llamado “rechupe”. Actualmente, no existe una solución efectiva para prevenir estos fallos químicos y de superficie, de tal manera que es sumamente importante contar con un proceso robusto en el que se encuentre de manera efectiva la solvencia de esta problemática.

Por esta razón, este proyecto se enfoca en el estudio del proceso de ensamble de los paneles insulados para la compañía Accesos Automáticos, con el fin de plantear una ruta a seguir para el alcance de una mayor satisfacción de los clientes, reducción de scrap y por consiguiente evitar pérdidas monetarias y tiempo debido al cumplimiento de las garantías.

Todo lo anterior amerita el registro del proceso, riesgos que puedan existir, oportunidades de mejora, instrucciones para la ejecución de las mejoras, entre otras circunstancias que son

determinantes para el alcance de un correcto funcionamiento de los paneles. Asegurando y mejorando la satisfacción interna y externa en la compañía.

## **1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto**

### **1.2.1 Descripción general de la organización<sup>1</sup>**

Accesos Automáticos S.A es una empresa costarricense desde 1994 con éxito en soluciones de sistemas de automatización y gestión para puertas, portones, barreras automáticas y control de accesos.

En base en esto se asesoran a los clientes en las etapas de cada proyecto desde, el diseño, la fabricación, conocimientos técnicos e instalación de servicios de solución peatonal y vehicular.

### **1.2.2 Recurso Humano**

La compañía cuenta con 220 colaboradores, que se dividen en varios países de Centroamérica, entre ellos Panamá, Guatemala y Honduras.

### **1.2.3 MISIÓN**

Crear soluciones de acceso.

### **1.2.4 VISION**

Somos una empresa especializada por afinidad y líneas de productos que sirve profesional y responsablemente a la región, con productos y servicios de calidad; márgenes competitivos y niveles de rentabilidad satisfactorios.



### **1.2.5 Valores**

1. Generamos relaciones con una comunicación oportuna y sincera.
2. Inspiramos líderes en nuestros equipos de trabajo.
3. Simplificamos las cosas para resolver de forma rápida y eficiente.
4. Alcanzamos mejores resultados por medio de la innovación.
5. Tenacidad para lograr nuestros objetivos.
6. Somos entusiastas y competitivos.

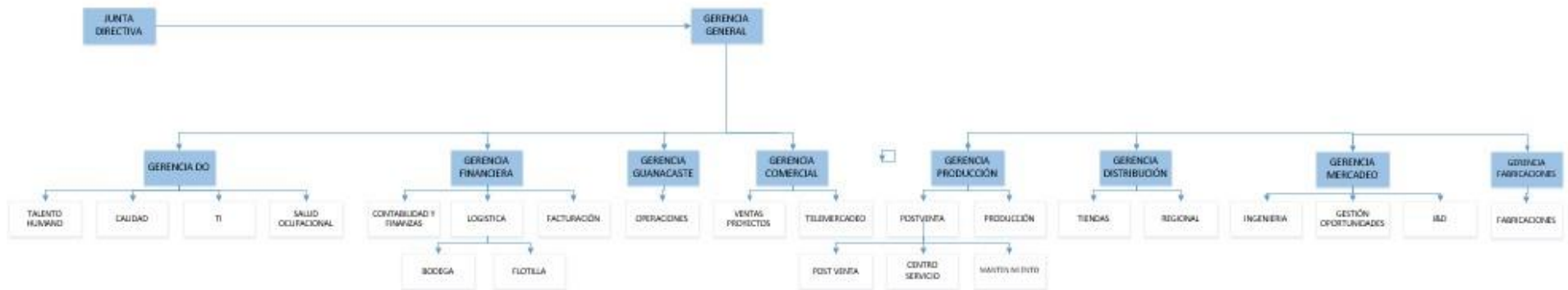
### **1.2.6 Sectores de mercado**

1. Construcción
2. Institución.
4. Comercial.
5. Condominios.
6. Casas.
7. Gobierno.



### 1.2.7 Organigrama

*Figura 1 Organigrama accesos automáticos*



*Fuente: Accesos Automáticos.*

### **1.2.8 Antecedentes del contexto de la empresa o institución**

La compañía a medida que avanza el tiempo ha crecido significativamente, tomando en cuenta que en sus inicios fue una empresa familiar quienes instalaban y fabricaban portones. A medida que el crecimiento se fue efectuado, la necesidad de crear automatización para todo tipo de portón o acceso también fue en aumento.

En base a los buenos resultados obtenidos, Accesos Automáticos fue contando con un equipo gerencial y de liderazgo cada vez más robusto. Al ser un equipo de trabajo competitivo la compañía se ha posicionado en los últimos años como una de las empresas más potentes a nivel centroamericano en el sector de control y automatización de acceso.

Accesos Automáticos S.A cuenta con el apoyo y el respaldo de marcas muy reconocidas a nivel mundial y a su vez con muy buen recurso humano especializado que ha permitido diversificar en áreas tales como, gestión de acceso, fabricación, instalación, asesoramiento y automatización de todos los servicios para garantizar la eficiencia y calidad de cada uno de sus productos.

## 1.3 Planteamiento del problema

### 1.3.1 Definición y medición del problema

La problemática señalada se da en el taller de fabricaciones de la compañía, específicamente en el proceso de insulado. Es necesario señalar que este proceso es el de mayor demanda con respecto a los demás productos. El producto señalado son los paneles insulados.

Este producto se fabrica con lámina de calibre 26. Esta lámina se utiliza para hacer el frente y la parte trasera del panel. Una vez fabricadas ambas láminas se procede a mezclar dos líquidos, polioli e isocianato para crear poliuretano que es vertido en medio de las láminas y de esa forma pasar a ser cocinado durante ocho minutos a 40 grados Celsius y así obtener el panel insulado.

Estos paneles presentan algunas deformaciones o defectos en las zonas donde están muy expuestos al sol luego de ser instalados. Es importante tener en cuenta que Accesos Automáticos cuenta con una sede en Guanacaste que por obvias razones cuando algún cliente de esta zona compra un portón de paneles insulados existe un alto riesgo de que los paneles presenten deformaciones en sus extremos. Al ser un producto de tan alta demanda genera mucho ruido en los clientes internos y en los clientes finales insatisfacción.

Es de suma importancia considerar que cada vez que existen estos defectos en algún proyecto se debe de cubrir con una garantía y esto provoca muchos desperdicios y altos costos debido a que la materia prima es bastante costosa.

Actualmente no existe de un procedimiento para la fabricación de dichos paneles, debido a esto es necesario diseñar uno que identifique opciones de mejora para la correcta



producción de paneles insulados logrando una reducción significativa en la incidencia de los defectos.

### 1.3.2 Justificación del proyecto

Los clientes buscan en Accesos Automáticos que los paneles insulados sean de alta calidad y óptimos para cubrir necesidades de seguridad, comodidad y estética. Al existir estas exigencias por parte de los consumidores es necesario ofrecer un producto que este a la altura, que reduzca los costos por garantías que afectan actualmente a la compañía y aumente la satisfacción del cliente final

Por lo tanto, este proyecto está enfocado en aportar un análisis que ayude a fortalecer el proceso de insulado para eliminar los defectos de rechupe en los portones, mediante el uso de refuerzos en los paneles que eviten que el material se remeta y provoque daños en la superficie. Logrando así un producto de mayor calidad que cubra las necesidades de los clientes internos y finales.

A través del diseño de un procedimiento funcional y estricto para la fabricación de los paneles, el proceso y el producto final se adaptarán a las necesidades y los estándares de calidad buscados. En consecuencia, la empresa se verá bastante beneficiada debido a la disminución de garantías por este defecto.

Por consiguiente, el beneficio que representa la reducción de reprocesos aparte de verse reflejado en la disminución de costos y desperdicios de material también devuelve credibilidad que se ha estado perdiendo en los clientes debido a la cantidad de portones



insulados que no cumplen con expectativas. Debido a esto, para la organización es de suma importancia contar con el respaldo de que los paneles insulados cumplan con la calidad de manera eficaz para el alcance de satisfacción de los clientes y la adaptación óptima de la actividad económica en el taller de fabricaciones.

## 1.4 Objetivos del proyecto

### 1.4.1 Objetivo general

- Diseñar opciones de mejora mediante la aplicación del método DMAIC para la correcta producción de paneles insulados logrando una reducción significativa en la incidencia de los defectos.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar las etapas del proceso de insulado identificando las oportunidades de mejora.
- Proponer unas actividades nuevas para el correcto ensamble de los paneles.
- Diseñar una instrucción de trabajo documentada que se utilice como guía para el proceso de insulado.
- Plantear un plan de acción que involucre capacitaciones, entrenamiento y evaluación del conocimiento del personal acerca del correcto proceso de ensamble.



## 1.5 Alcances y limitaciones

### 1.5.1 Alcances

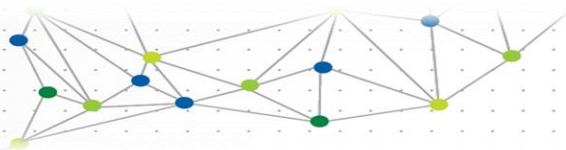
Para determinar las posibles causas de los defectos se diseñará un instructivo de trabajo para el proceso de insulado de la empresa Accesos Automáticos.

La correcta aplicación se propondrá para mejorar el ensamble de los paneles insulados, llevará a buenos resultados a la compañía ya que permitirá la reducción de costos y desperdicios por garantías. A su vez también, el desarrollo de un proceso mucho más robusto y profesional para alcanzar la calidad que busca el cliente final y posicionar el producto como uno de los mejores del mercado.

El diseño del instructivo de trabajo permitirá a los operarios controlar el proceso de una forma en la cual no dependan únicamente de conocimientos técnicos; sino también, de un proceso guiado paso a paso que contribuirá a la disminución de errores en el ensamble y la reducción del riesgo de que el producto final presente defectos.

### 1.5.2 Limitaciones

La aplicación de la mejora de este proyecto no se llevará a cabo debido a que la empresa debe primero analizar el proyecto para tomar una decisión de qué hacer.



## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera**

El presente proyecto consiste en el diseño de opciones de mejora mediante la aplicación del método DMAIC para el proceso de insulado en el taller de fabricaciones de la empresa Accesos Automáticos, con el objetivo de mejorar la calidad de los paneles insulados y aumentar la satisfacción del cliente la reduciendo las garantías.

### **2.1.1 Principios de producción**

#### **2.1.1.1 Producción de paneles insulados**

El panel aislante o panel tipo sándwich es un producto fabricado con dos láminas externas de acero y en el medio contienen un relleno de poliuretano de alta densidad. Su composición de revestimientos metálicos y su núcleo de espuma rígida hacen de este material un perfecto aislante termoacústico. (Aceropedia, 2023)

En cualquier proceso de fabricación es importante tener presente la esencia de lo que significa la producción, no solo teóricamente, si no lograr reflejarlo en cualquier proceso de cualquier producto.

“Producción es cualquier actividad que aprovecha los recursos y las materias primas para poder elaborar o fabricar bienes y servicios, que serán utilizados para satisfacer las necesidades de las personas” (Quiroa, 2024).

#### **2.1.1.2 Materia prima de paneles insulados**

“Una materia prima es un elemento que puede transformarse en un producto diferente a través de un proceso industrial” (Porto, 2023).

Los paneles insulados de Accesos automáticos se hacen con una espuma de poliuretano, compuesta por dos líquidos llamados polioli e isocianato, esta mezcla es encerrada entre dos capas exteriores de acero galvanizado de calibre 26.

“Estos materiales se destacan, principalmente, por su característica de ser aislantes termoacústicos y por contar con un proceso de instalación fácil y rápido, porque se producen en serie y se trasladan directamente al lugar de la construcción” (Aceropedia, 2023).

### 2.1.1.3 Técnicas de fabricación

Los paneles SIP (Structural Insulated Panels) se han convertido en una opción cada vez más popular debido a su eficiencia energética y rapidez de instalación. Estos paneles consisten en una estructura de madera o metal con un núcleo aislante, generalmente de poliestireno expandido (EPS) o poliuretano. (COMOSEFABRICA, 2023)

La fabricación de los paneles insulados o conocidos también como paneles SIP (Structural Insulated Panels) en la compañía Accesos Automáticos conlleva los procesos que se mencionarán a continuación.

- Se preparan los materiales cortando las láminas a la medida según la orden de fabricación y se les da el diseño que indica la solicitud.
- Se ensambla en una plancha de calor, se coloca la tapa interior y seguido se vierte la mezcla de la espuma sobre la tapa inferior, una vez finalizado ese paso se le coloca la lámina externa.
- Seguidamente se le da el formado a el panel cerrando la plancha, la función de la plancha



es mantener el panel a 40 grados para que el químico crezca y obtenga la adherencia y la rigidez necesaria.

- Acabado es la fase en la que se realiza el primer filtro dónde se hace una revisión del producto final, se aplica pintura y se les ponen parales a los extremos.

### **2.1.2 Gestión de la Calidad**

“La gestión de calidad le permiten a cualquier organización planear, ejecutar y controlar las distintas actividades que lleva a cabo para garantiza estabilidad y consistencia en el desempeño para cumplir con las expectativas de los clientes” (Etece, 2021).

La gestión de la calidad es un factor sumamente importante en cualquier proceso productivo, es totalmente critico debido a que permite cubrir las necesidades y las expectativas de los clientes, aparte de reducir costos por garantías o desperdicios por reprocesos.

#### **2.1.2.1 Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto)**

El diagrama de Causa-Efecto nos permite la identificación de las causas raíz de los problemas existentes en un proceso productivo, agilizando el análisis de todos los factores potenciales que podrían estar contribuyendo a los defectos del producto.

“El diagrama de Ishikawa permite a las empresas comprender mejor sus áreas de mejora y tomar medidas correctivas efectivas” (Rodrigues, 2024).

El diagrama de causa-efecto detalla que todo problema tiene una causa, esto aplica para todo lo que se encuentre mal en un proceso. Para toda problemática hay que identificar de dónde surgen los errores y cuáles son las acciones a tomar para erradicar el problema de raíz.



Figura 2 Ejemplo diagrama espina de pescado



Fuente: (SafetyCulture, 2024)

### 2.1.3 Gestión de la Producción

“La gestión de la producción es el conjunto de actividades que involucran la planificación, organización, mando, ejecución y control de los procesos productivos de una empresa, ya sea industrial, comercial o de servicios” (LATAM, 2023).

La gestión de la producción se centra en que los procesos sean lo suficientemente robustos para cubrir todas las necesidades de los clientes y a su vez con un nivel rentabilidad bueno para la compañía.



### 2.1.3.1 Diagrama de flujo de procesos

“Se muestra cómo se obtendrá cierto resultado con un proceso. Probablemente crees un diagrama de flujo de este tipo para mejorar algún proceso que ya uses o para implementar uno nuevo” (Asana, 2024). Según lo mencionado, se deduce que un diagrama de flujo aporta una visualización más clara del proceso en curso y de cómo puede ser mejorado.

### 2.1.3.2 Análisis de datos

“El análisis de datos es el estudio exhaustivo de un conjunto de información cuyo objetivo es obtener conclusiones que permitan a una empresa o entidad tomar una decisión” (Westreicher, 2020). Para este proyecto, el análisis de datos contribuirá a revelar de manera certera las causas principales de los defectos en los paneles insulados y cuáles son sus patrones comunes.

### 2.1.3.3 Gráficos Cuantitativos y cualitativos

“Un gráfico es una representación de datos que transforma los datos en componentes visuales. Un gráfico es una forma de cuadro que se centra principalmente en datos cuantitativos y normalmente demuestra una relación entre puntos de datos.” (Ricardo, 2024)

Los gráficos aportarán para el análisis y la medición de los problemas por fallos en el proceso de los paneles insulados, existen diferentes tipos de gráficos, como los gráficos de barras, gráficos circulares, gráficos de área y gráficos de columnas.



## 2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

En este apartado se brindarán los conceptos teóricos que corresponden a las herramientas que se usarán para diseñar la solución a la problemática que ha sido detectada en el proceso de los paneles insulados.

### 2.2.1 Método DMAIC

“La metodología DMAIC se desarrolló por Motorola a principios de los 90`s siendo utilizada en proyectos Six Sigma para mejorar la calidad de los procesos” (Rodriguez, 2019).

DMAIC es una herramienta metodológica que se utiliza para la mejora de procesos productivos. Cada letra de DMAIC representa una fase de la metodología, su significado es definir, medir, analizar, mejorar y controlar. “Este proceso de mejora basado en datos está destinado a detectar y eliminar las ineficiencias que resultan en defectos” (Trout, s.f.).

Considerando así que DMAIC al ser una herramienta que arroja resultados relevantes para la compañía, se desarrollan sus 5 fases.

#### 2.2.1.1 Definir

Esta fase servirá para identificar el problema, de esa manera se lograrán definir los factores de análisis principales de las causas del problema y diseñar así las mejoras que serán propuestas. “El primer paso es identificar y definir claramente el problema que se quiere resolver. Esto incluye la comprensión de la causa raíz del problema y el establecimiento de un objetivo de mejora” (Culture, 2024).



### **2.2.1.2 Medir**

“Una vez definido el problema, hay que recopilar datos para comprender la situación actual. Esto incluye la medición de los indicadores clave de rendimiento (KPI) para seguir los progresos e identificar las áreas de mejora” (Culture, 2024)

En esta fase, se llevará a cabo la medición del presente del proceso para lograr de esa manera identificar las áreas más críticas a mejorar.

### **2.2.1.3 Analizar**

“En esta fase se realiza un análisis de los datos recolectados en su totalidad, y de esa manera definir la diferencia del rendimiento actual y del que se quiere alcanzar” (Corral, 2023). Si se realizan cambios, es necesario empezar una investigación documentada en esta misma etapa. En esta fase se debe “Identificar brechas entre el desempeño actual y el desempeño meta, priorizar a las oportunidades de mejoramiento, identificar las fuentes excesivas de variación e identificar los procedimientos estadísticos objetivos y los límites de confianza” (Solutions, 2014). En base a lo mencionado, en esta fase es posible hacer una propuesta de varias mejoras que pueden aportar al mejoramiento del proceso.

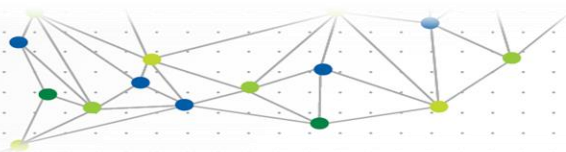
### **2.2.1.4 Mejorar**

Luego de definir un margen acción, es esta fase en la que se empezarán a ejecutar las mejores encontradas y darles el seguimiento necesario para cumplir los objetivos definidos.

“Debemos eliminar las causas de error e introducir los cambios necesarios para garantizar un proceso óptimo, rentable y robusto” (Rodríguez, 2019).

### **2.2.1.5 Controlar**

En este paso se debe realizar el debido control de todo lo que se pretende implementar para garantizar las mejoras necesarias. Es importante validar los pasos a realizar para ajustar las



soluciones solamente si fuese necesario. “Se establecen medidas para monitorear la efectividad de las soluciones implementadas y asegurarse de que los defectos se mantengan bajo control” (Rodríguez, 2019).

## **2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto**

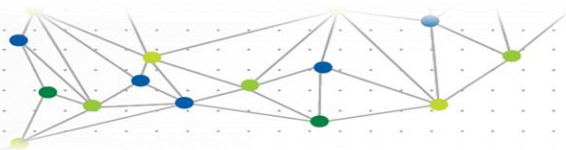
En el presente proyecto se pretende diseñar la aplicación del método DMAIC con el fin de mejorar el proceso productivo de paneles insulados para cumplir con el objetivo de proponer una solución que reduzca la incidencia de defectos.

Este análisis aporta una visión clara de los beneficios cuantitativos y cualitativos que ofrece el diseño para la utilización de DMAIC en el proceso de fabricación de los paneles insulados, garantizando de manera contundente el sustento teórico basado en modelos de la ingeniería. El impacto de este proyecto se puede analizar considerando los efectos a corto, mediano y largo plazo.

### **2.3.1 Impacto a corto plazo**

#### **2.3.1.1 Mejora de la calidad del producto**

“DMAIC sirve como marco de referencia que permite a las organizaciones maximizar la eficiencia, reducir los defectos, mejorar la calidad y, en última instancia, ofrecer un valor superior a los clientes y las partes interesadas” (Socconini, 2023). Mediante la implementación de DMAIC en el proceso de paneles insulados permitirá que exista una mayor calidad y por consecuente una reducción de defectos considerable.



### 2.3.1.2 Reducción de costos por reprocesos

Al disminuir los defectos es inminente que en el proceso y toda la compañía se note una reducción de reprocesos y garantías que a su vez significa que es un costo menos. DMAIC es una metodología utilizada en Lean Six Sigma que se encarga de identificar y eliminar las causas raíz de los problemas y defectos además de reducir costos. Costos por problemas y reprocesos.

### 2.3.1.3 Satisfacción del cliente

Dominar cada fase de DMAIC requiere un compromiso con el aprendizaje continuo y la aplicación disciplinada de las herramientas de Lean Six Sigma. Al seguir estas guías paso a paso, los profesionales pueden asegurar mejoras significativas y duraderas en sus procesos, lo que lleva a una mayor satisfacción del cliente y eficiencia operativa. (Sigma, 2024)

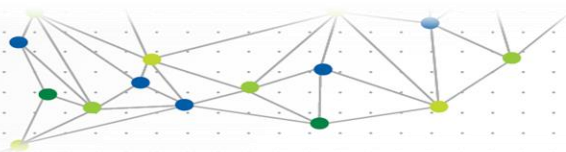
Una mejor calidad y menos reprocesos por defectos en los paneles insulados no solo aumentará la reputación del producto; sino también, la satisfacción del cliente interno y externo del taller de fabricaciones.

## 2.3.2 Impacto a mediano plazo

### 2.3.2.1 Optimización del proceso productivo

“DMAIC, del inglés *Define, Measure, Analyze, Improve and Control* (en español Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), consiste en un método de gestión ágil, destinado a mejorar la calidad y la eficiencia de los procesos de producción industrial” (Aguirre, 2020).

Reduciendo reprocesos y a su vez desperdicios la producción se volverá mucho más eficiente, esto se logra con la implementación de mejoras en el proceso.



### **2.3.2.2 Desarrollo del personal**

Un plan de acción para capacitar al personal basado DMAIC ayudará a que los colaboradores tengan un nivel de conciencia aún más elevado al momento de realizar las labores, eso permitirá un mejor control en el proceso. “Adoptar DMAIC no es sólo una metodología; es un compromiso con la excelencia que puede llevar a las organizaciones a un viaje de mejora continua y excelencia operativa” (Socconini, 2023).

### **2.3.2.3 Posicionamiento competitivo**

“DMAIC puede ser una forma eficaz de mejorar el rendimiento de la empresa, ya que puede ayudarle a identificar y resolver problemas, realizar mejoras y hacer un seguimiento de los resultados” (Culture, 2024). Mejorar el rendimiento operativo de la empresa permitiría gestionar un posicionamiento a nivel de mercado mucho más competitivo para la compañía.

## **2.3.3 Impacto a largo plazo**

### **2.3.3.1 Innovación y desarrollo continuo**

La metodología de DMAIC permite poder identificar las limitantes en el proceso y eliminar con mayor facilidad, ayuda a generar una cultura más robusta de mejora continua en la compañía. “Entonces, podemos afirmar con toda seguridad que la metodología DMAIC está orientada en mejorar los procesos y actividades de negocios en todos los aspectos, proporcionando utilidades y procedimientos que contribuyan a la productividad” (Sydle, 2024).

### **2.3.3.2 Sostenibilidad**

Basado en aprendizajes previos, DMAIC asegura que las mejoras sean sostenibles según el plazo al que se trabajen, de esta manera se asegura que los beneficios obtenidos de las



mejoras encontradas se mantengan. Esto genera un impacto altamente positivo para cualquier organización que busca un crecimiento constante.

### **2.3.3.3 Crecimiento y expansión**

En la obtención de procesos bastante robustos y productos con estándares de calidad elevados, Accesos Automáticos estará muy bien posicionada para encontrar nuevas formas de expandir operaciones y descubrir oportunidades de expansión. Conforme las empresas crecen, DMAIC aseguraría continuar optimizando procesos y que la calidad del producto en este caso los paneles insulados no disminuya incluso cuando la demanda aumenta.

## **2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes**

En esta sección se investigarán antecedentes relevantes de proyectos con experiencias similares, tanto a nivel internacional como a nivel nacional, basado en la aplicación de DMAIC para la mejora de la calidad en procesos de fabricación.

### **2.4.1 Opiniones y conclusiones de otros autores**

Existen diferentes conclusiones de otros autores que han implementado la mejora de procesos mediante la metodología DMAIC. Se mencionarán algunas conclusiones que son relevantes.

#### **2.4.1.1 Mejora continua**

(Guimarey, 2021) señalan que mediante la implementación de DMAIC, se puede mejorar el desempeño de los colaboradores de una compañía y generar un mejor clima laboral basado en mejora continua.



La metodología DMAIC es capaz de mejorar procesos de manera constante de forma muy versátil para las compañías donde se aplique, generando una cultura basada en la mejora continua.

#### **2.4.1.2 Reducción de defectos**

(Arévalo, 2019) DMAIC permite reducir de manera significativa los defectos en cualquier tipo de producto y a su vez aumentar la calidad de este.

#### **2.4.2 Experiencias nacionales e internacionales**

A nivel internacional y nacionalmente se han implementado mejoras de procesos mediante proyectos utilizando la metodología DMAIC.

##### **2.4.2.1 Nacionales**

(Pérez-López, Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal, 2014) describen que aplicando la metodología DMAIC en una de las líneas de envasado de licores de Fanal se consiguieron resultados en un OEE aumentándolo en 33%, gracias a las implementaciones realizadas. De esa manera se logró solucionar el problema presentado y cubrir así la demanda productiva en los periodos de mayor venta, además de lograr una reducción en los tiempos muertos del proceso y un mayor aprovechamiento de todos los recursos con los que cuentan, el rendimiento productivo aumentó la capacidad de la línea, todo eso generó ingresos bastante convenientes a la Fanal.

##### **2.4.2.2 Internacionales**

(García-González, DMAIC como herramienta para implementar un sistema de mejora para incrementar la productividad en la industria del sombrero, 2023) indican que de acuerdo con las fuentes consultados donde la mayoría coinciden que DMAIC, Six sigma y



---

Manufactura esbelta son herramientas muy poderosas para la mejora de la productividad de las diferentes empresas.

La implementación de DMAIC ayudó en el proyecto a que los resultados fueran muy positivos en cuanto reducción de defectos y un aumento en la eficiencia, esto provocó a su vez un ahorro en los costos de producción. Se logró identificar y corregir las principales causas de defectos en el proceso de fabricación, y así dejar en evidencian que la metodología DMAIC en la optimización de procesos industriales es muy efectiva y robusta.



## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO**

### 3.1 Metodología para la definición del problema

#### 3.1.1 Fase I DMAIC (Definir)

En esta fase se busca definir de manera clara cuál es el problema principal de los paneles insulados; de esta manera, buscar opciones de mejora que ayuden a identificar el diseño de una ruta clara para atacar las oportunidades presentes en el proceso.

Debido a lo mencionado, la utilización del diagrama de Ishikawa es clave para identificar las posibles causas que ocasionan fallos en los paneles insulados, esta herramienta nos permitirá analizar factores como, medio ambiente, materiales, mano de obra, maquinaria y métodos, con el fin de diseñar una base estructurada para las siguientes fases de DMAIC.

*Tabla 1 Fase I DMAIC (Definir)*

Objetivo	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazo	Responsable
<b>Específico</b>					
Definir opciones de mejora para diseñar propuestas de solución.	1. Definir el problema. 2. Dibujar el diagrama. 3. Identificar principales causas.	Diagrama de Ishikawa	Esta herramienta se utiliza para el análisis de problemas.	1 semana	Ingeniería

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto

#### 3.2.1 Fase II DMAIC (Medir)

Se recopilarán datos para medir cual es la incidencia de los defectos y en qué condiciones se presentan, ya sea por todo lo que tiene que ver con el proceso como tal y las condiciones del entorno en el que se fabrican los paneles o se instalan.

La medición se hará basado en los gráficos cuantitativos que arrojen los datos a recopilar, esto ayudará a medir los defectos en los paneles insulados en cada una de sus diferentes etapas. En este caso el registro de no conformidades mediante gráficos nos ayudará para tener bases cuantitativas del problema.

**Tabla 2 Fase II DMAIC (Medir)**

Objetivo Específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazo	Responsable
Medir la incidencia de los defectos y en qué condiciones se presentan.	1. Recolectar datos. 2. Graficar datos.	Gráficos cuantitativos y cualitativos.	Esta herramienta se utiliza para identificar la categoría de los datos y hacer visual la recopilación de datos.	1 semana	Ingeniería

*Fuente: Elaboración propia*

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

#### 3.3.1 Fase III DMAIC (Analizar)

En esta fase al analizar los datos de los productos no conformes recopilados y graficados servirá para entender mejor las causas raíz de los defectos y conocer la naturaleza de estos en base a las variables que los rodean.

El análisis de datos es una herramienta que nos ayudará a entender las oportunidades de mejora puntuales del proceso de insulado que son factores para la conformación de defectos. Se espera que con el análisis se logre identificar esos factores que, si se pudiesen solucionar o mejorar, reducirían bastante los defectos y por ende las no conformidades.

**Tabla 3 Fase III DMAIC (Analizar)**



Objetivo Específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazo	Responsable
Analizar los datos de los productos no conformes recopilados y graficados servirá para entender mejor las causas raíz de los defectos.	1. Analizar los datos recopilados. 2. Interpretar resultados.	Análisis de datos	Entender mejor las causas raíz de los defectos y conocer la naturaleza de estos en base a las variables que los rodean.	1 semana	Ingeniería

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.4 Metodología para la implementación del proyecto

#### 3.4.1 Fase IV DMAIC (Implementar)

Se busca en esta fase encontrar soluciones efectivas para implementar y eliminar los defectos significativamente y de esa manera diseñar una ruta clara que la compañía podría utilizar para reducir las causas de la problemática por defectos. El análisis será clave para identificar causas de problemas y diseñar mejoras en todas las etapas del proceso, con planes de mejora en el proceso de ensamble, capacitación para los operadores e instaladores y el posible uso de materiales o elementos que ayudarán para la optimización de la calidad de los paneles. Por lo anterior mencionado, esta etapa busca que el proceso sea más potente y preparado para darle robustez a los paneles en cuanto a su calidad y durabilidad, se utilizarán diagramas de flujo para proponer nuevos pasos o mejoras a implementar en el proceso de fabricación para solucionar los problemas identificados.



**Tabla 4 Fase IV DMAIC (Implementar)**

Objetivo Específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazo	Responsable
Proponer la implementación de nuevos pasos o mejoras en el proceso de fabricación que ayuden a mejorar la calidad de los paneles insulados.	1. Reunir puntos de mejora. 2. Dibujar el diagrama. 3. Reflejar las mejoras en el proceso.	Diagrama de Flujo.	Tomar decisiones y justificarlas para evitar problemas en el proceso y asignar las nuevas tareas efectivamente.	1 semana	Ingeniería

*Fuente: Elaboración propia*

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

#### 3.5.1 Fase V DMAIC (Controlar)

Elaboración de controles para que el proceso se mantenga respetando las mejoras que se propongan a la compañía y de esa manera controlen y reduzcan defectos continuamente. Es calve mantener la ejecución de las implementaciones que se propongan para generar una cultura de optimización constante que disminuya de manera importante la reaparición de defectos. Lo anterior tiene como objetivo asegurar la estabilidad del proceso para continuar aplicando el gráficos cuantitativos y cualitativos y el análisis de los datos que arrojen estos para lograr detectar si existiera algún incremento peligroso de defectos y así mantenerlos controlados y en reducción.



**Tabla 5 Fase VDMAIC (Controlar)**

Objetivo Específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazo	Responsable
Controlar que las implementaciones propuestas sean se lleven a cabo para mantener una buena calidad en los paneles insulados.	1. Revisiones constantes de resultados de las mejoras. 2. Análisis de resultados mediante gráficos.	Análisis de datos Gráficos cuantitativos y cualitativos	Al analizar los gráficos se logrará controlar que el proceso sea robusto y estable.	1 semana	Ingeniería

**Fuente: Elaboración propia**



## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ**

## **4.1 Descripción General del Proceso de Insulado**

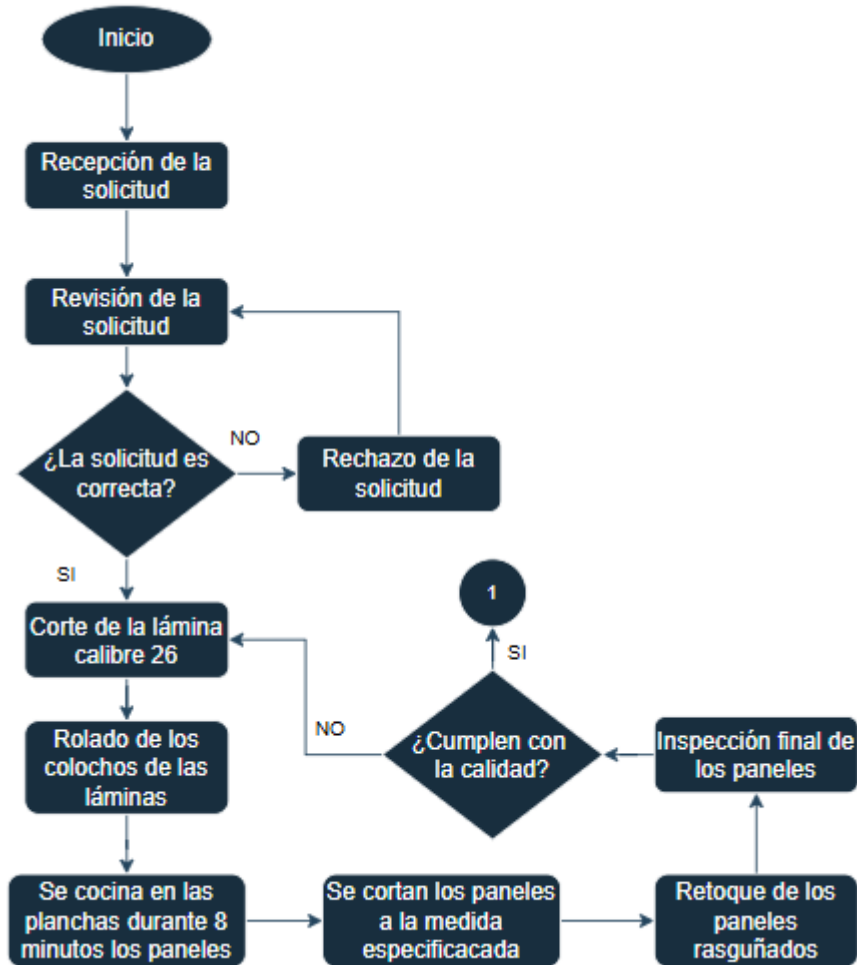
La fabricación de paneles insulados consiste en una serie de pasos esenciales para que el producto final sea lo más eficiente posible.

### **4.1.1 Diagrama de flujo de procesos**

Se realiza un diagrama de flujo para los procesos que son críticos como fabricación, pintura y despacho. Estos procesos son los que más destacan en los diagramas de flujo analizados, por lo que es importante estudiarlos a fondo. Encontrar métodos de mejora y posibles soluciones que se puedan proponer para solventar los problemas en cada proceso.

#### **4.1.1.1 Diagrama de flujo del proceso de Fabricación**

*Figura 3 Diagrama de flujo del proceso de Fabricación*



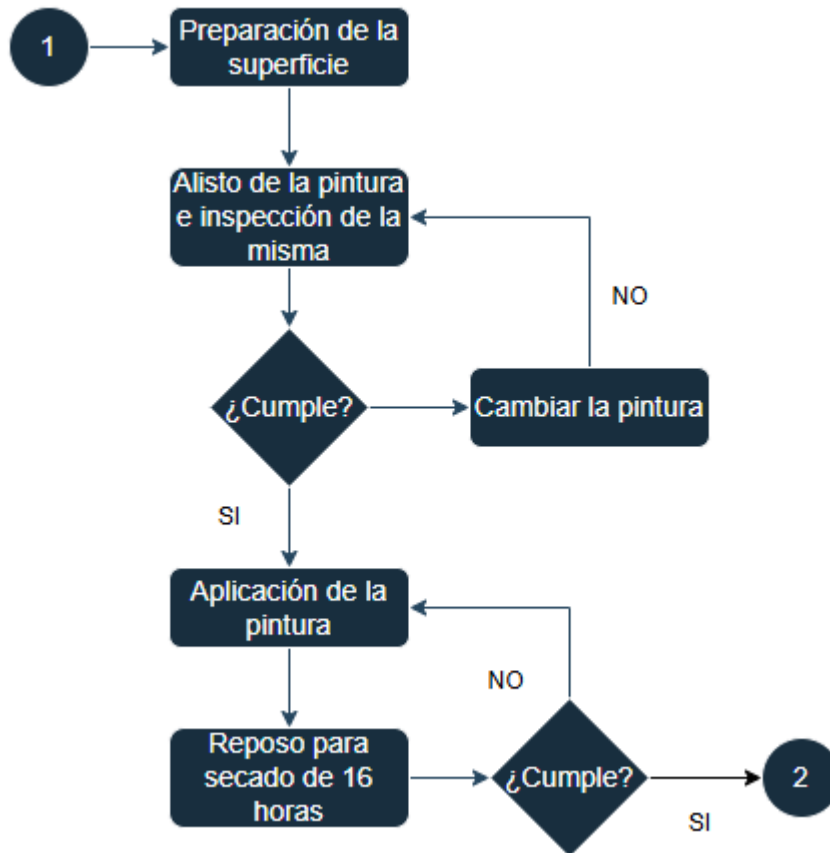
*Fuente: Elaboración propia*

En este proceso inicial de fabricación, el diagrama de flujo indica muy claramente que el problema principal es la ausencia de procesos de inspección adecuados y robustos para cuidar y asegurar la integridad de los paneles y de cada una de sus etapas de ensamble. Actualmente, el único control que se realiza es al final del proceso. Si se detecta un problema en hasta el final eso se traduce en que la solución no solo es más costosa, sino que también impacta muchísimo en los tiempos de entrega y en los retrasos que se pueden dar de otros proyectos debido a que no hay un tiempo de respuesta adecuado.



### 4.1.1.2 Diagrama de flujo del proceso de pintura

*Figura 4 Diagrama de flujo del proceso de Pintura*



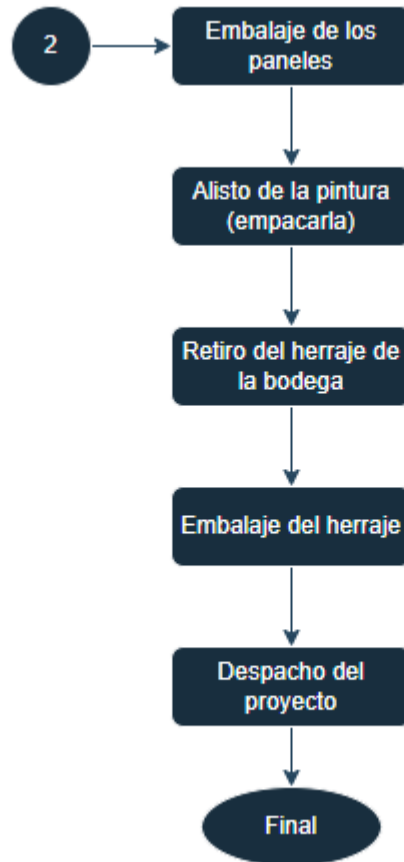
*Fuente: Elaboración propia*

En el proceso de pintura, no existe ninguna supervisión para validar si la pintura tiene un acabado estéticamente adecuado o si se aplicó correctamente. El único control que se realiza actualmente es el tiempo de secado, que son 16 horas estrictamente las que tienen que cumplir cada panel. La única forma de identificar que la pintura se aplicó con la calidad requerida es mediante el criterio del pintor que ejecuta el proceso de pintado, lo cual no garantiza una determinación muy confiable para asegurar que el proceso sea el adecuado.



### 4.1.1.3 Diagrama de flujo del proceso de Despacho

*Figura 5 Diagrama de flujo del proceso de Despacho*



*Fuente: Elaboración propia*

En el proceso de despacho no se tiene con un control que asegure sobre cuáles son los artículos que deben ser enviados. Tampoco existe un sistema correcto para determine que se despache el proyecto completo y correcto en su totalidad.



## 4.2 Defectos y Problemas en el Proceso de Insulado

Durante el proceso de insulado de paneles, pueden surgir diversos defectos que comprometen la calidad del producto final.

### 4.2.1 Accesorios faltantes

La problemática se origina debido a no entregar ciertos accesorios al cliente o al técnico instalador durante el proceso de despacho. Es importante considerar que estos accesorios no forman parte de los paneles en sí; sin embargo, su ausencia puede afectar la instalación y el acabado final del producto. Por ejemplo, la falta de pintura de retoque puede dejar expuestos rasguños o imperfecciones visibles en los paneles, comprometiendo su estética y calidad. De igual manera, la ausencia de una tensora, que es fundamental para asegurar una instalación adecuada y firme de los paneles, puede resultar en problemas estructurales o de ajuste en el sitio de instalación.

### 4.2.2 Dimensiones

Esta problemática se presenta cuando un panel es fabricado con un ancho incorrecto o es cortado a lo largo con dimensiones incorrectas. Incluso si los paneles son más cortos que el panel, esto se considera fuera del estándar de calidad y, por lo tanto, se clasifica como un defecto sujeto a garantía.

### 4.2.3 Faltante de material

Este tipo de error ocurre cuando un panel o un paral se queda sin ser despachado. En otras palabras, objetos que han sido fabricados en la solicitud de insulado y su ausencia compromete al producto final. Además de los paneles y los paraleles, también puede suceder que otros componentes esenciales, como cenefas o columnas solicitadas.



Cada componente cumple un rol específico y vital en el conjunto del panel y no despacharlo o entregarlo resulta en problemas estructurales y una inconformidad de los clientes internos y externos. Esta situación hace imposible que el portón o la estructura se pueda instalar.

#### **4.2.4 Pintura**

Algunos de los paneles se pintan cuando se especifica en la solicitud de fabricación. Esto puede generar problemas si los paneles se entregan con un color diferente al indicado en la solicitud. Los acabados incorrectos pueden resultar en problemas estéticos, ya sea debido a un rasguño sufrido durante el transporte o porque el panel salió del taller con el raspón y no hubo una supervisión previa. Este defecto es considerado como garantía y es uno de los más críticos.

#### **4.2.5 Rechupe**

Los rechupes se presentan en los extremos de los paneles y se ven como hundimientos bastante notables en la estructura del producto. Estos defectos ocurren porque el poliuretano se contrae, provocando que las láminas se hundan. La contracción del poliuretano, que debería expandirse uniformemente para proporcionar una superficie lisa y consistente, resulta en estos defectos visibles que afectan tanto la integridad estructural como la estética del panel. Este defecto es muy crítico también.

### **4.3 Consecuencias de los Defectos**

En este punto se describen y se cuantifican las consecuencias que han estado sucediendo debido a los defectos.



### **4.3.1 Problemas de instalación**

Los defectos en los paneles generan problemas significativos durante la instalación. Estos problemas resultan en retrasos, en muchos casos, la presencia de estos defectos puede hacer que la instalación sea imposible, lo que a su vez lleva a proyectos incompletos y la necesidad de fabricar paneles nuevos o tener que reemplazar componentes.

### **4.3.2 Incremento de costos**

El incremento de costos por defectos de producción, son ocasionados por la necesidad de realizar retrabajos y comprar materiales urgentes. Estos defectos no solo incrementan los costos directos e indirectos, sino que también pueden resultar en un desperdicio de materiales, mayores costos laborales, penalizaciones por faltas en los contratos y la necesidad de refabricar paneles.

### **4.3.3 Insatisfacción de los clientes**

Evidentemente, retrasar proyectos o incumplir con las expectativas de un cliente que ha invertido en un portón de paneles insulados genera una gran insatisfacción y una imagen muy negativa tanto de la compañía como del producto.

### **4.3.4 Retrasos en los proyectos**

Los defectos y problemas en los paneles insulados retrasan los proyectos. Atender una garantía no solo afecta el proyecto específico de la garantía, sino que también retrasa el resto de la producción, perjudicando a otros clientes.

## **4.4 Análisis de Causas Raíz**

Este proyecto se basó en la metodología DMAIC, para de esa manera desarrollar herramientas que permitieron el análisis, recolección y entendimiento de datos importantes



para encontrar soluciones a la problemática de calidad de los paneles insulados de Accesos Automáticos S.A.

#### **4.4.1 Recolección y análisis inicial de datos**

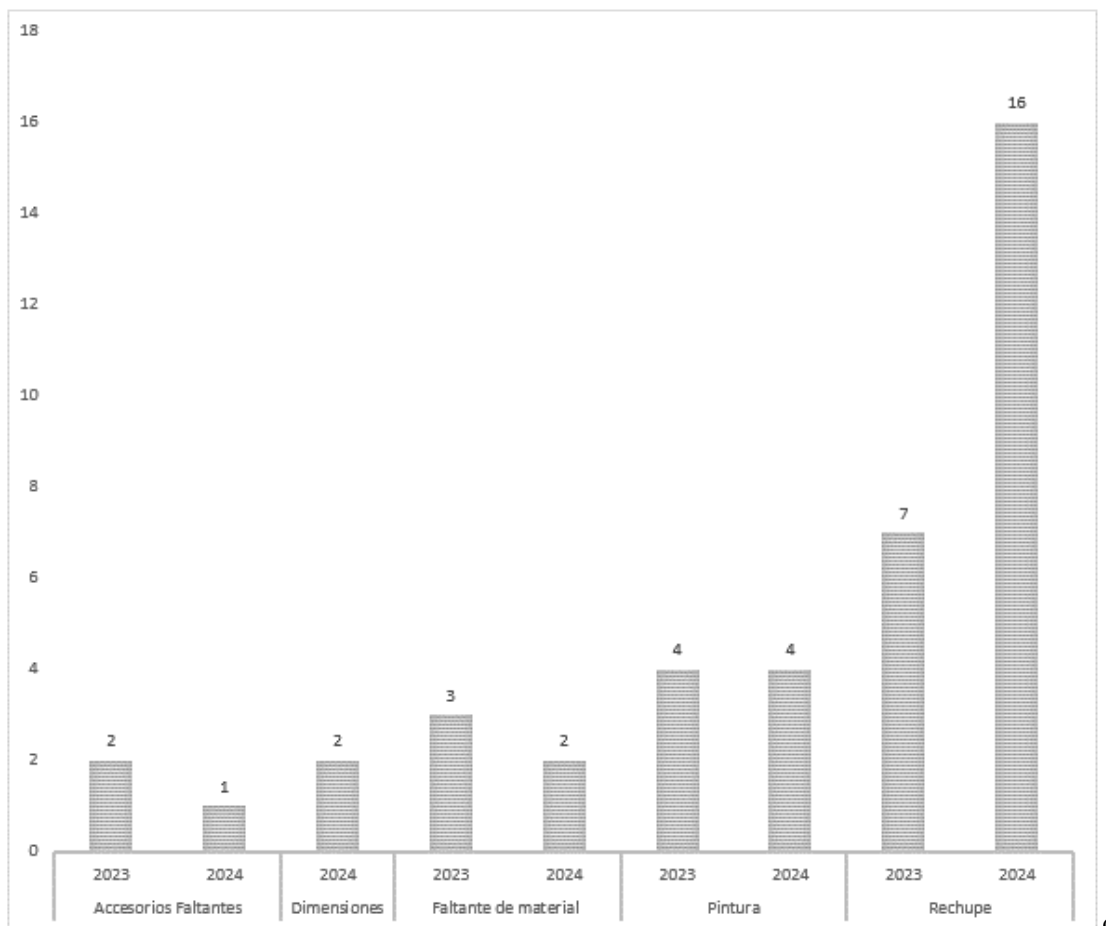
Se realizó un análisis de datos bastante robusto de las no conformidades relacionadas a los paneles insulados, con el objetivo de identificar causas y coincidencias en los defectos de los paneles.

Los datos recopilados de las no conformidades de los paneles insulados incluyen, condiciones ambientales determinadas por la ubicación geográfica donde se instalan, en el momento en el que se detecta la problemática y el tipo de defecto. Gracias a lo mencionado se obtuvo una base de datos bastante robusta para poder analizarlos de manera detallada.

Los datos recolectados son contemplando los últimos seis meses del año 2023 y los primeros cuatro meses del 2024. Las no conformidades fueron clasificadas y en categorías específicas según el defecto presentado como “rechupe”, “faltante de material”, “pintura “y “accesorios faltantes”.



**Figura 6 Gráfico de no conformidades**



**Fuente: Elaboración propia**

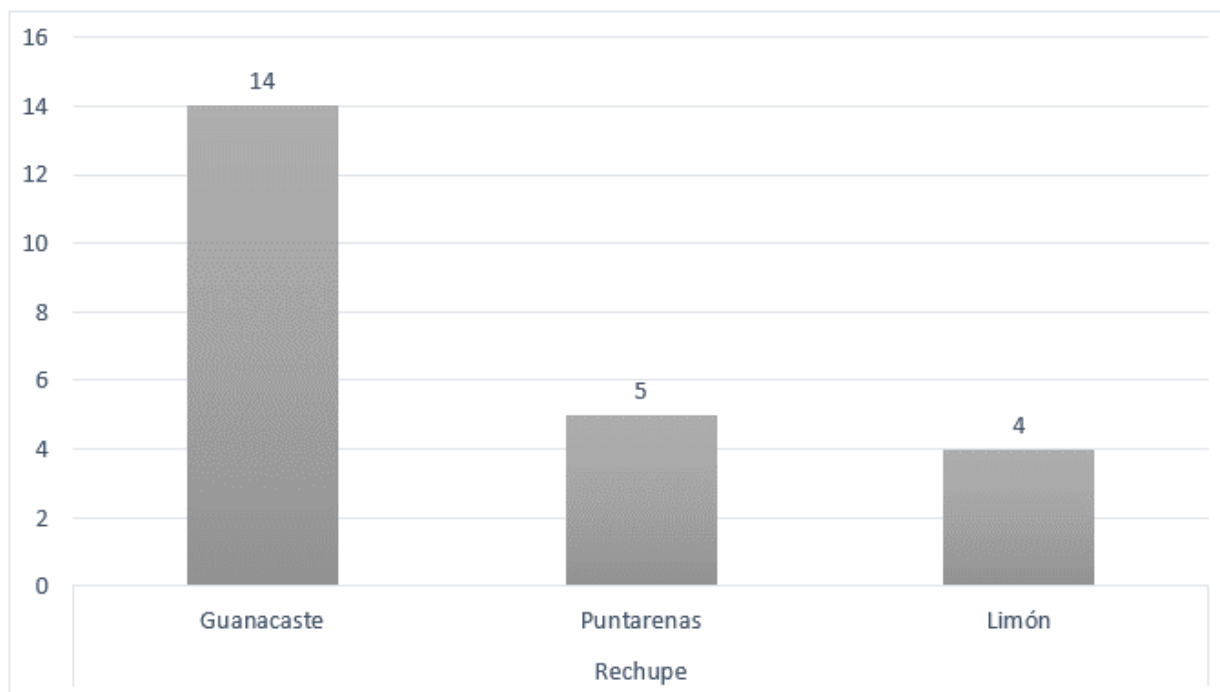
Se evidencia que el defecto más problemático y frecuente en los últimos 10 meses es el rechupe.

#### **4.4.1.1 Análisis de no conformidades por rechupe**

Se analizaron los datos de los proyectos con problemas de rechupe para identificar factores comunes y determinar qué elementos pueden influir en la aparición de este defecto en el producto.



**Figura 7 Gráfico de barras ocurrencias de rechupe por provincia**



**Fuente: Elaboración propia**

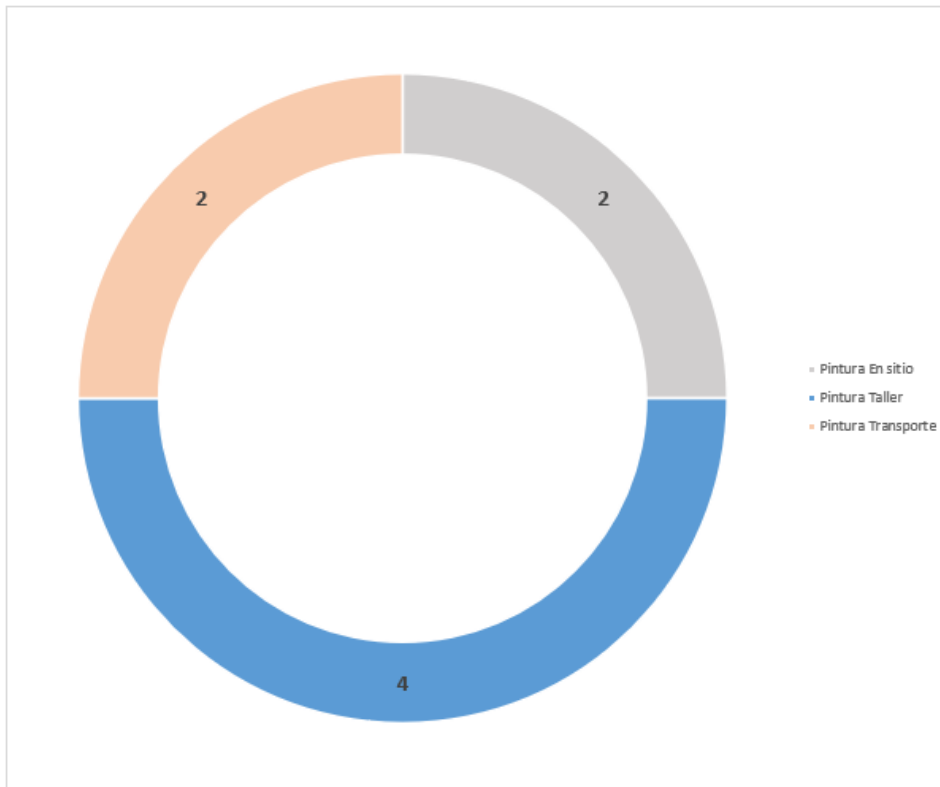
Los datos revelaron que el 100% de los problemas por este defecto se presentan una vez que el proyecto ya está instalado y ubicados en zonas costeras o lugares de altas temperaturas del país. Es importante tener presente que la mayor parte de los defectos son en Guanacaste debido a que en esa provincia Accesos Automáticos tiene una sede, por lo cual adquirir este producto en esa zona es más sencillo que en otra fuera del GAM.

#### **4.4.1.2 Análisis de no conformidades por problemas de pintura**

Gracias a la recolección de datos y la base históricas de problemas obtenidos se realiza un análisis inicial para identificar cuáles son las causas principales por las que se dan problemas de pintura en los paneles insulados.



**Figura 8 Gráfico circular para análisis de defectos por pintura**



**Fuente: Elaboración propia**

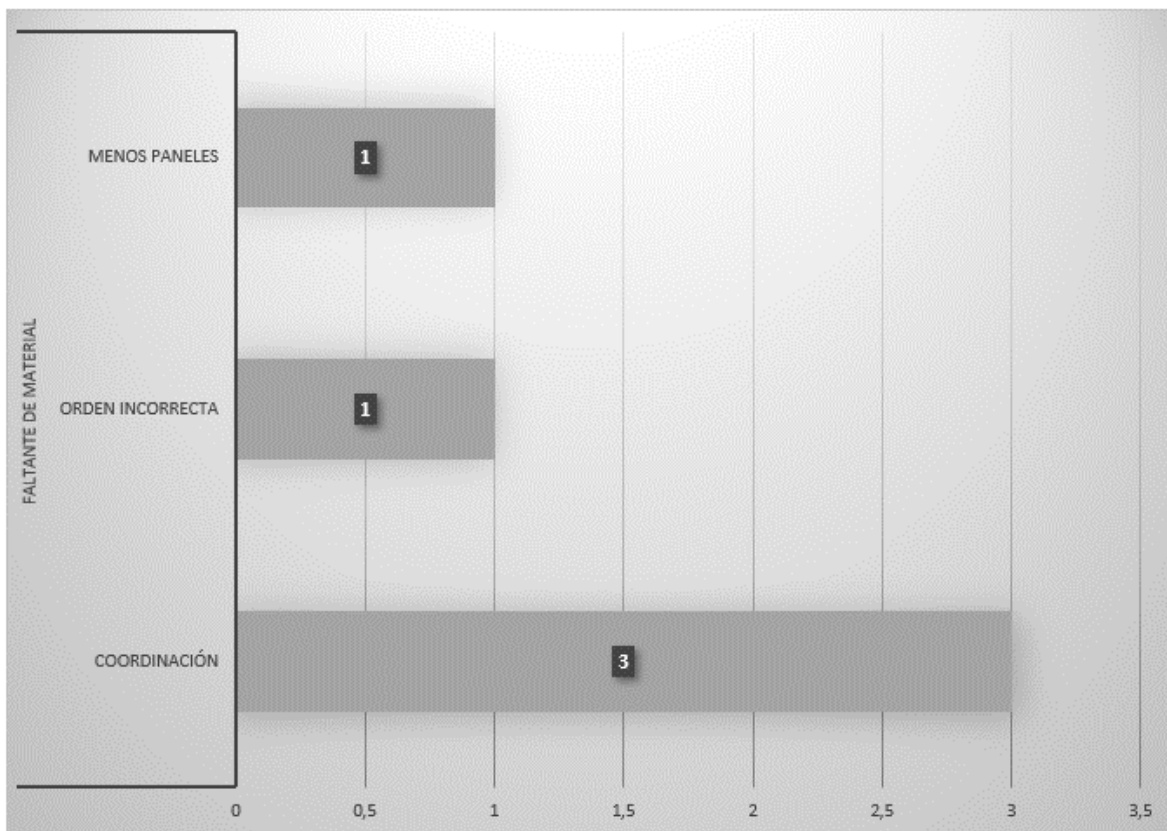
El gráfico analizado es de 8 defectos por pintura de los últimos 10 meses, en el que se muestra que el 50% de los problemas de pintura ocurren en el taller ya sea por error humano o por mala aplicación. Además, el 25% de los defectos son provocados por rasguños o golpes durante el transporte, y el otro 25% se debe a fallas en la pintura en el lugar después de la instalación. Estas fallas se deben a una mala aplicación de la pintura o al incumplimiento de las especificaciones de secado.



#### 4.4.1.3 Análisis de no conformidades por problemas faltante de material

Se realiza un análisis de las no conformidades de los últimos 10 meses para identificar patrones y tendencias de los productos no conformes generados por faltante de material.

**Figura 9** Gráfico de motivos de faltante de material



**Fuente:** *Elaboración propia*

Los datos graficados demuestran que los problemas por falta de material en los proyectos se deben a errores en su mayor parte por mala coordinación, eso quiere decir que se da por una mala gestión en el día de la entrega o con confusiones con las fechas acordadas para entregar el proyecto. Las subcategorías como orden incorrecta y menos paneles van muy de



la mano debido a que es un error de despacho en ambos casos, en donde en una se entrega un proyecto que no es y en la otra se entrega el proyecto incompleto.

#### 4.4.1.4 Análisis de no conformidades por problemas dimensiones

Las no conformidades por problemas en las dimensiones de los paneles son analizadas con el objetivo de obtener información relevante de por qué se da este problema

*Figura 10 Grafico de análisis de problemas por dimensiones*



*Fuente: Elaboración propia*

Los datos analizados acerca de los defectos dimensionales demostraron que el 100% de los problemas son por problemas en el corte principalmente en la colocación de la cuchilla. El

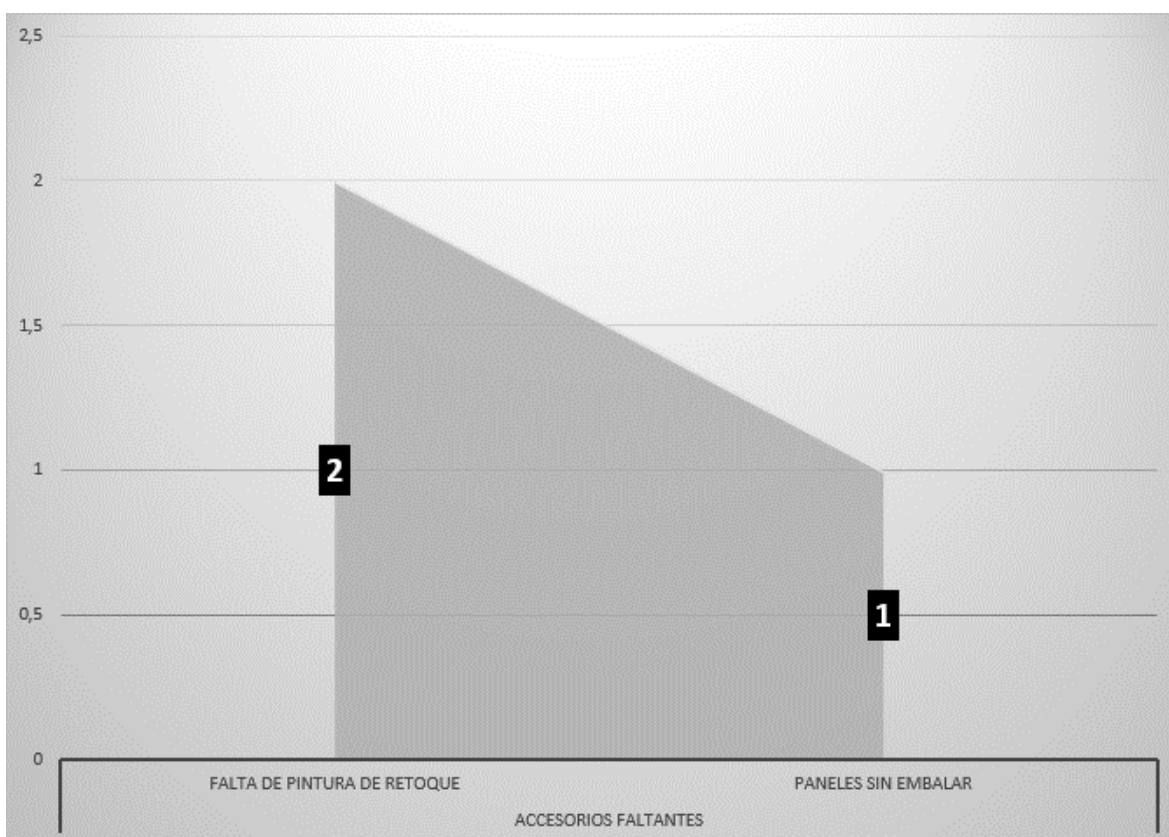


problema mencionado se puede dar por mala práctica al momento de colocar la cuchilla del operario o porque la base de la cuchilla se encuentra floja.

#### 4.4.1.5 Análisis de no conformidades por problemas accesorios faltantes

Los accesorios faltantes perjudican enormemente la funcionabilidad de los paneles o portones insulados debido a eso es importante conocer cuáles son los factores más comunes por los que se presenta esta problemática.

*Figura 11 Gráfico de análisis falta de accesorios*



*Fuente: Elaboración propia*

Los accesorios faltantes en los últimos 10 meses han afectado en tres ocasiones los proyectos de paneles/portones insulados, sus motivos han sido por falta de pintura de retoque en dos ocasiones y una por paneles sin embalar. La falta de pintura de retoque



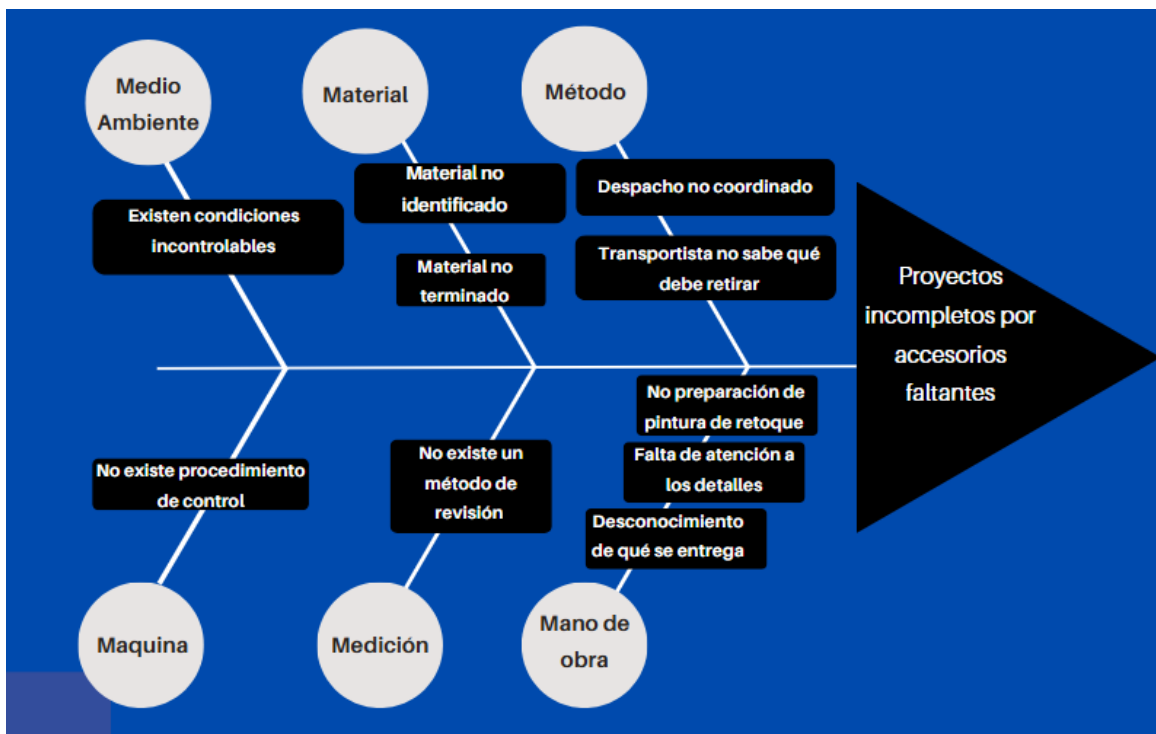
ocurre porque no se despacha la misma o nunca se preparó, a su vez los paneles sin embalar son debido a que al momento de preparar las unidades no hay una revisión correcta para asegurar si lleva embalaje o no.

#### 4.4.2 Identificación de Causas Raíz

En esta etapa del proyecto se crean diagramas de Causa-efecto para cada problemática con el objetivo de identificar las causas raíz de cada problemática. Con el fin de detectar los puntos críticos en los procesos, se lleva a cabo el diagrama de flujo de los procesos de despacho, fabricación y pintura.

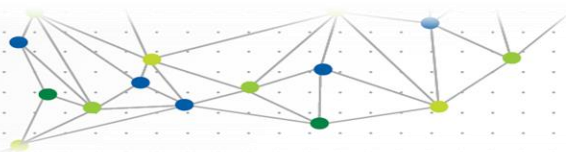
##### 4.4.2.1 Diagrama de Ishikawa problemática Accesorios faltantes

*Figura 12 Diagrama Causa-efecto Accesorios faltantes*



*Fuente: Elaboración propia*

Se detectaron diez posibles causas que dan pie a la situación actual de esta problemática, evidenciando muchas carencias en el proceso de despacho mayormente.



El factor medio ambiente no es algo que afecte directamente a los problemas por accesorios faltantes, aunque se toma en cuenta cualquier eventualidad natural que se pueda salir de control al momento de entregar accesorios en el despacho.

El segundo factor es el factor material en el que se logra determinar que las causas que llevan a este error son por temas de materiales sin identificación o que no están listos para ser despachados, como, por ejemplo, una tensora que no se encuentre armada al momento de entregar un seccional insulated.

El método como se ve evidenciado en el diagrama es uno de los más críticos en este problema debido a que no hay claridad muchas por parte del encargado de retirar el proyecto de que es lo que debe de llevarse y ahí es donde se puede perder algún accesorio o que no se entregue. En algunas ocasiones, los despachos no están debidamente coordinados, o si lo están, pero la información no se comunica a los encargados de las entregas.

El factor maquina nos demuestra que no existe ningún tipo de mecanismo o sistema que facilite el control de los accesorios de un proyecto y que sus entregas sean correctas.

En medición no existe nada que sea utilizado para lograr identificar faltantes o algún incumplimiento de las especificaciones como la falta de embalaje en los paneles o alguna tensora.

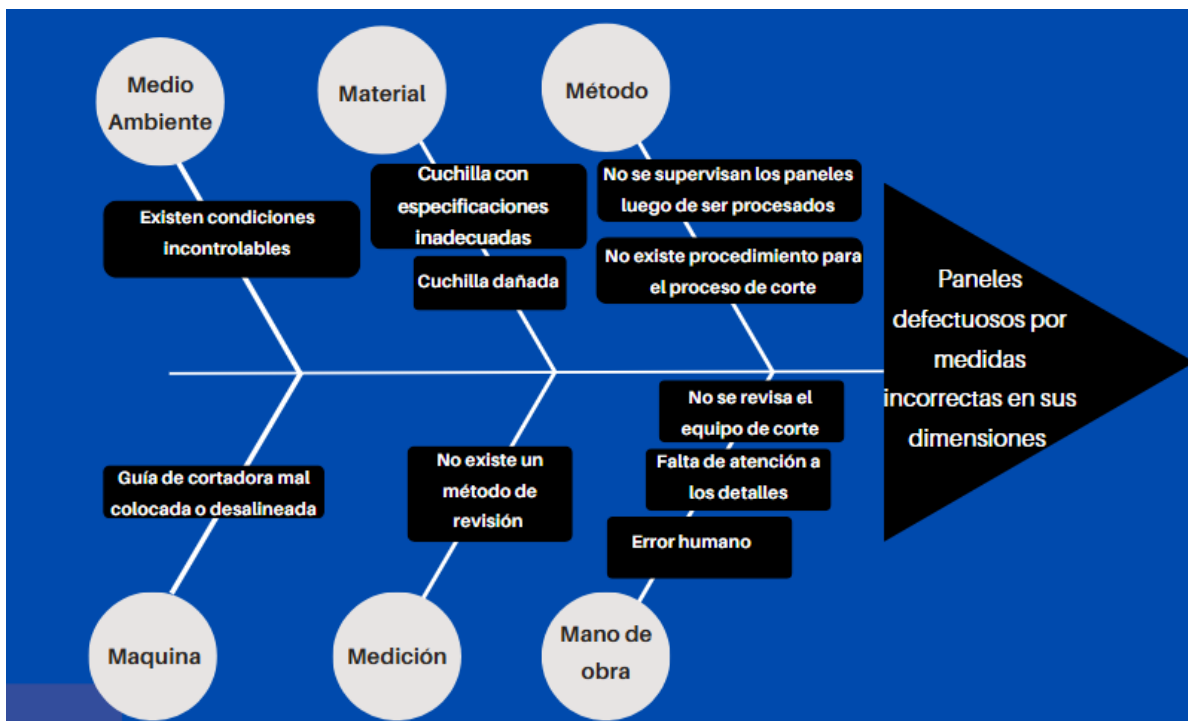
El factor de la mano de obra afecta directamente debido a que existen tres posibles causas muy relevantes que conllevan a esta problemática, el desconocimiento de qué se debe entregar es el factor que puede generar este problema con mayor facilidad debido a que por obvias razones si no se conoce que se debe entregar es más fácil caer en el error de no



entregar algún accesorio. Otro punto es el factor humano de no prestar atención a los detalles, en algunos casos los proyectos llevan muchos accesorios que se pueden pasar por alto algunos. La no preparación de la pintura de retoque es un error que es muy común que se dé, debido a eso los instaladores se quejan porque los paneles durante la instalación y el transporte se llegan a rasguñar y no tienen la pintura.

#### 4.4.2.2 Diagrama de Ishikawa problemática Dimensiones

*Figura 13 Diagrama Causa-efecto Dimensiones*



*Fuente: Elaboración propia*

El factor maquina evidencia el cuidado que se debe de tener con el equipo de corte que en este caso es una tronadora, la cual tiene una guía que en algunas ocasiones no está a escuadra o sin un ajuste correcto para cortar, lo que provoca eventualmente errores en las dimensiones del producto final.



En el factor de medición nos arroja que no existe ningún tipo de herramienta o método con el cual se pueda comprobar y evaluar que el proceso que se está realizando es adecuado y cumple con las especificaciones dimensionales.

El factor humano o mano de obra, según el diagrama de causa y efecto, revela tres posibles causas del defecto por dimensiones. Primero, la inadecuada revisión del equipo de corte, lo cual evidentemente conduce a errores. Segundo, el error humano, considerando que cualquier ser humano puede ejecutar erróneamente cualquier tarea por razones naturales. Y tercero, la falta de revisión y falta de detalle del proceso en curso, lo que puede provocar defectos por dimensiones.

Analizando los métodos del proceso se identifica que no hay una supervisión para verificar que el proceso fue bien ejecutado, no existe ningún procedimiento que sirva de guía de como ejecutar el proceso de corte y no se cuenta con una herramienta que funcione para asegurar el proceso una vez finalizado.

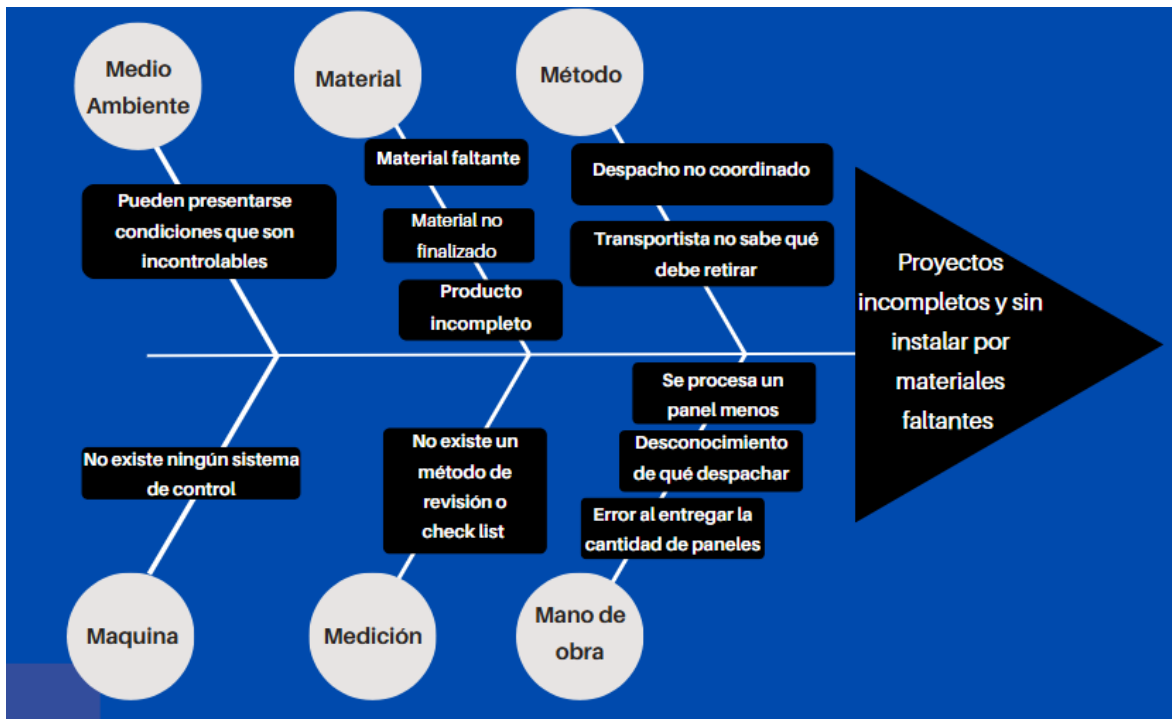
El factor de los materiales indica que el punto crítico es la cuchilla. Si no cuenta con las especificaciones adecuadas, el corte no quedará bien. Lo mismo ocurrirá si la cuchilla está dañada.

Siempre hay que considerar el factor del medio ambiente porque, aunque no tenga un impacto directo en caso de una eventualidad que se salga de control, de una u otra forma, puede afectar el proceso.



#### 4.4.2.3 Diagrama de Ishikawa problemática Faltante de material

*Figura 14 Diagrama Causa-efecto Faltante de material*



*Fuente: Elaboración propia*

Las problemáticas de material faltante están muy relacionadas con las de accesorios faltantes debido a que son procesos de despacho como tal. Lo mencionado resulta en diagramas similares con únicamente tres posibles causas distintas.

En el factor mano de obra, se identifican dos causas distintas: procesar menos paneles y entregar menos paneles de los necesarios o despachar un proyecto incorrecto.

En el factor material, solo se identifica una causa distinta: el producto incompleto. Esto ocurre cuando faltan materias primas esenciales que afectan directamente a los paneles. Estas materias primas se preparan antes de ensamblar los paneles y si no se realiza con tiempo es muy difícil poder entregar a tiempo el proyecto.



#### 4.4.2.4 Diagrama de Ishikawa problemática Pintura

Figura 15 Diagrama Causa-efecto Pintura



Fuente: Elaboración propia

Los problemas de pintura son de los más ocurrentes en los proyectos de paneles insulados, el diagrama de Ishikawa realizado arrojó 13 posibles causas de los problemas por pintura.

El factor de medio ambiente demuestra que no existen controles de humedad al momento de aplicar la pintura en los paneles, esto puede provocar que la pintura no consiga la adherencia necesaria debido a que la pintura necesita que sea en un lugar controlado que no se sobrepase del 70% de humedad según la ficha técnica para que su aplicación sea correcta. Debido a lo que se menciona, no hay tampoco un control de partículas que evidentemente generan defectos en la pintura, además de problemas de adherencia.

El factor máquina demuestra que tanto el compresor de aire que se utiliza para aplicar la pintura como las pistolas están defectuosos de tanto uso, esto provoca que no exista un



control adecuado del aire que se aplica ni de filtrar correctamente la humedad, esto causa manchas en la pintura. No existe un proceso de revisión que permita medir el proceso.

Los materiales son un factor muy relevante debido que si alguno está mal preparado o contaminado en el proceso de pintura es prácticamente un hecho que la pintura va fallar.

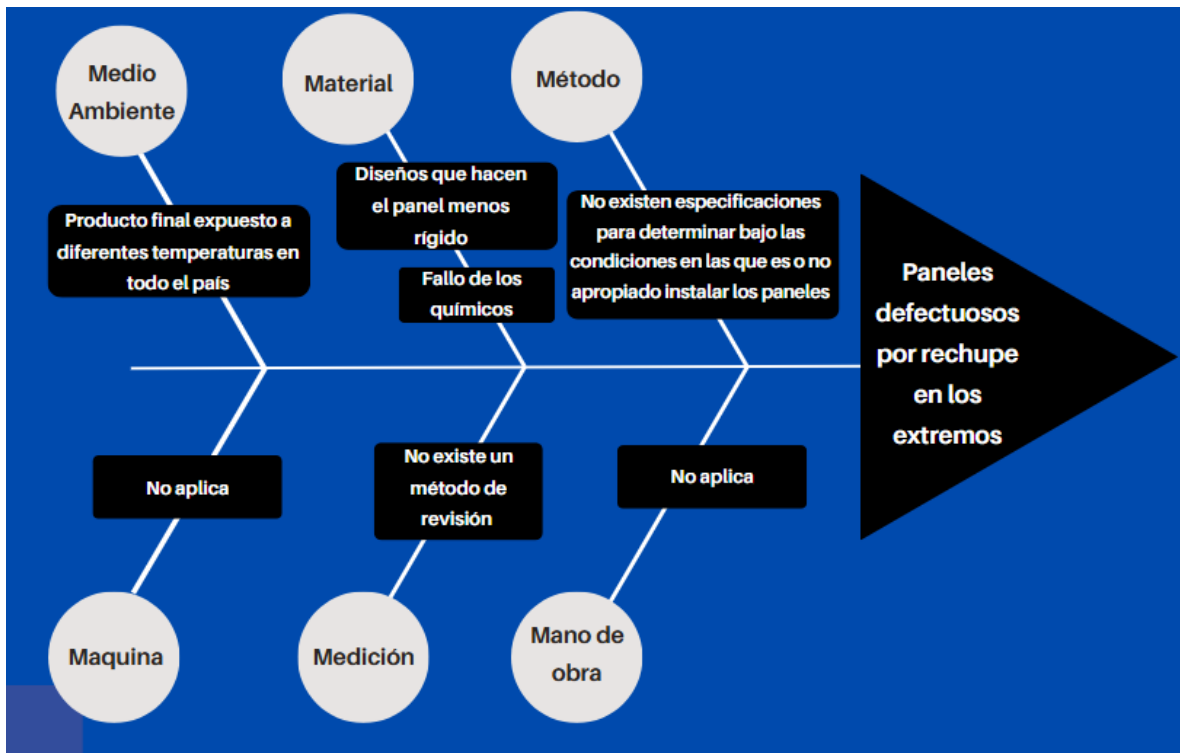
El factor de la metodología para ejecutar el proceso deja en evidencia que no existe una correcta estandarización o un instructivo específico que indique cómo debe ser el proceso y todas sus preparaciones previas para evitar problemas de acabados por la pintura.

En el factor mano de obra hay 3 factores a considerar: aplicación incorrecta de la pintura que va de la mano con la insuficiencia de capacitación de los operarios en el sentido de que no conocen bien las especificaciones de aplicación, eso tarde o temprano genera defectos y productos no conformes. Es importante considerar que solo hay 2 pintores en el taller, es decir siempre están sobrecargados de trabajo, por eso se toma en cuenta la sobre carga de trabajo en el diagrama.



#### 4.4.2.5 Diagrama de Ishikawa problemática Rechupe

Figura 16 Diagrama Causa-efecto Rechupe



*Fuente: Elaboración propia*

El defecto de rechupe en los últimos 10 meses es el que más problemas ha presentado, el diagrama de espina de pescado nos da un indicador claro y es que va muy relacionado a condiciones climáticas y la manera en la que afectan la robustez de los paneles.

El factor máquina y mano de obra no son para consideración debido a que el fallo se presenta en el 100% de los casos después de instalado.

El material juega un papel importante debido a que es justamente lo más afectado con este problema porque mientras el químico falla y se contrae la lámina adherida al químico también cede y se remete, provocando que se vea un tipo hundimiento en los extremos a lo largo de los paneles.



El factor del medio ambiente es relevante porque una vez finalizado el producto es instalado en condiciones climáticas muy distintas en todas las provincias de Costa Rica y la tendencia que existe es que en los lugares donde falla el panel presentando rechupe es en las zonas costeras.

El método no es para nada claro para determinar cuáles son condiciones inapropiadas para realizar cada proceso e identificar bajo qué circunstancias un proyecto insulado debe ser instalado y que tipo de características deben existir para que sea conveniente ejecutar la producción e instalación de los paneles.

#### **4.4.4 Conclusiones y Causas**

##### **4.4.4.1 Conclusiones**

La ausencia de procesos efectivos de control en la fabricación y el despacho demuestra que es un factor muy determinante en la existencia de problemas, así como la falta de supervisión e inspecciones ocasiona que algunos productos sean entregados incompletos o con estándares de calidad muy bajos.

Los problemas en la pintura están ligados al no control de la humedad adentro del taller, así como la falta de supervisión y herramientas dañadas. Las condiciones y deficiencias mencionadas afectan directamente el acabado de la pintura provocando problemas estéticos en los paneles.

Al igual, el estado de las máquinas afecta de manera significativa en algunos de los defectos que se pueden presentar en los paneles insulados, por ejemplo, el equipo de corte que con un solo desajuste basta para que el proyecto muestre problemas dimensionales.



Los errores humanos, la falta de atención a los detalles y la falta de capacitación y conocimiento son una causa muy recurrente de errores en los procesos analizados como despacho, fabricación y pintura. Estos errores se pueden dar también por sobrecarga de trabajo.

#### **4.4.4.3 Principales Causas**

Se determina que las principales causas de la problemática están relacionadas entre sí, ya que todas se deben a una falta de supervisión, la carencia de equipos y herramientas, y brechas muy grandes en la capacitación del personal. Por lo tanto, el proyecto se enfoca en propuestas de mejora en el proceso para abordar así todas las problemáticas identificadas en los análisis de Ishikawa.

##### **4.4.4.3.1 Falta de Control y Supervisión**

La ausencia de procedimientos que sean claros en los procesos de fabricación y de supervisión para asegurar que todos los artículos o productos se envíen correctamente ocasiona problemas durante la fabricación, el despacho y la aplicación de la pintura.

La falta de controles productivos y de supervisión no solo provoca errores y problemas durante la fabricación, el despacho y la aplicación de la pintura, sino que también genera poca confiabilidad del producto tanto adentro como afuera del taller. Es decir, que los operadores a cargo de cada operación de fabricación están acostumbrados a una cultura donde no tienen un criterio desarrollado para concientizar si el producto que se está procesando cumple con la calidad esperada.



#### 4.4.4.3.2 Deficiencias en Herramientas y Equipos

La falta de control del ambiente adentro del área de trabajo afecta de manera muy significativa, sobre todo en el área de pintura, al igual que las herramientas defectuosas, como los compresores de aire y las pistolas que se usan para aplicar la pintura, sin dejar de lado que los equipos de corte no presentan las mejores condiciones para ser utilizados también. Esto, en algunas ocasiones, se ve traducido en los productos finales, provocando problemas estéticos o de dimensiones y, por consecuencia, garantías.

#### 4.4.4.3.3 Conocimiento y Capacitación Insuficiente

La falta de conocimiento y capacitación adecuada para realizar las tareas lleva a errores de aplicación y de ejecución que se pueden traducir en problemas muy significativos y costosos. Considerando que muchas veces las herramientas no se encuentran en las mejores condiciones para ser utilizadas, mezclado con la falta de conocimiento y capacitación, es indiscutible e inevitable caer en errores que generen problemáticas en los paneles aislados.

La carencia de conocimiento es un problema que afecta directamente también en el proceso de despacho, debido a que el operario a cargo de realizar la entrega no sabe, en algunas ocasiones, qué es lo que debe entregar. Lo anterior explica por qué se cae en el error de entregar proyectos erróneos o incompletos.



**CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA**  
**SOLUCIÓN**

## **5.1 Argumentación y desarrollo de la propuesta**

### **5.1.1 Propuesta para la solución**

Se propone la implementación del método DMAIC para abordar los problemas de manera estructurada y encontrar las soluciones a cada uno de ellos y a su vez brindar una base de mejora continua. El objetivo de la propuesta es reducir los defectos de los paneles insulados durante el proceso de fabricación, mejorando la calidad mediante ajustes en el proceso y con controles robustos.

#### **5.1.1.1 Beneficios esperados de la propuesta**

La reducción de los defectos es el resultado que se espera de la propuesta, es la manera más clara de reflejar la manera del proceso de fabricación y el indicador que dejará en evidencia la mejora de la calidad de los paneles.

Lo mencionado permitirá que el proceso sea menos costoso al evitar reprocesos y desperdicios, lo que traerá como resultados ahorros para el taller de fabricaciones y la compañía, reduciendo los costos que se han asumido por garantías y retrabajos durante un tiempo. Como consecuencia, se incrementará la satisfacción del cliente y se fortalecerá la reputación de la empresa que es uno de los beneficios que se espera que aporte la propuesta.

#### **5.1.2 Valoración de propuestas y escogencia**

Durante el proceso de análisis, se estudiaron diferentes propuestas para mejorar el proceso de fabricación y la calidad de los paneles insulado.

### **5.1.2.1 Propuesta 1: Innovación en el proceso de fabricación**

La primera propuesta se basa en el ajuste del proceso de fabricación actual para abordar y mitigar todas las deficiencias que se encontraron en el análisis. Esta innovación se basa en ejecutar nuevos procesos durante la fabricación como, supervisiones de calidad y pasos extras en los procesos analizados que ayuden a la mejora de la calidad de los paneles.

#### **5.1.2.1.1 Ventajas propuesta 1**

##### **5.1.2.1.1.1 Mejora de la Calidad de los paneles**

Con pasos adiciones y supervisiones de calidad pueden llevar a que la integridad del producto final sea más robusta y con una mejor calidad.

##### **5.1.2.1.1.2 Reducción de Costos**

Aunque un proceso adicional puede llegar a implicar una inversión al principio de la implementación, los costos se van a reducir a medida que se disminuyan las garantías y los retrabajos.

##### **5.1.2.1.1.3 Control del Proceso**

Las supervisiones permiten un control más clínico del paso a paso de los procesos, corrigiendo y ayudando con la identificación de los problemas de manera muy efectiva.

##### **5.1.2.1.1.3 Innovación y Mejora Continua**

Los procesos nuevos para abordar los problemas de calidad de los paneles insulados impulsa directamente la innovación y la mejora continua, lo que brindará avances positivos en fabricación constantemente.



### **5.1.2.1.1 Desventajas propuesta 1**

#### **5.1.2.1.1.1 Costos iniciales**

Los nuevos procesos pueden significar un presupuesto adicional para la fabricación, eso se traduce en un desafío para el proceso de fabricación de los paneles.

#### **5.1.2.1.1.2 Tiempo de adaptación**

El tiempo de adaptación es sin duda una desventaja de esta propuesta debido a que al implementar nuevos procesos puede que no sea tan sencillo, ya que el tiempo de adaptación puede llevar a retrasar entregas y la producción.

#### **5.1.2.1.1.3 Reajustes en la producción**

El reajuste de los procesos estudiados puede incrementar el tiempo de cada uno de los procesos, es decir, el flujo de trabajo actual se vería afectado directamente.

#### **5.1.2.1.1.4 Impacto cultura**

Si el impacto que pueden ocasionar los cambios en los procesos no se gestiona de manera adecuada, podría llevar a una falta de credibilidad y comodidad en los colaboradores.

### **5.1.2.2 Propuesta 2: Implementación de nuevas tecnologías de inspección**

Esta propuesta se basa en la introducción de tecnologías que fortalezcan el control de calidad durante la fabricación de los procesos analizados. Es indudable que esta propuesta ofrece una precisión bastante buena para inspeccionar y detectar de manera más ágil los defectos durante el proceso y antes del despacho.



### **5.1.2.2.1 Ventajas de la propuesta 2**

#### **5.1.2.2.1.1 Detección hábil de defectos**

Se pueden identificar de manera muy temprana los defectos durante cada uno de los procesos, esto mencionado permite corregir los problemas antes de que el proyecto sea despachado.

#### **5.1.2.2.1.2 Reducción de tiempo de inspección**

Las tecnologías avanzadas pueden realizar inspecciones automatizadas a una velocidad mayor que un control manual, acelerando y mejorando la eficiencia de los procesos estudiados.

#### **5.1.2.2.1.3 Mejora de la Calidad**

Asegurar que sea constante la calidad elevada de los paneles insulados en cada uno de sus procesos es una de las ventajas más importantes de esta propuesta, las tecnologías avanzadas permiten que la calidad sea mejorada en todo el proceso en general.

#### **5.1.2.2.1.4 Innovación**

La innovación permite que el proceso y la compañía sea fortalecida y diferenciada de los competidores, lo que hace más significativa la presencia del producto en el mercado.

### **5.1.2.2.2 Desventajas de propuesta 2**

#### **5.1.2.2.2.1 Costos de Implementación de nuevas tecnologías**

Las nuevas tecnologías no son sencillas de integrar en los procesos porque implican una inversión bastante grande que se traduce en capacitaciones, compras de equipos y adquisición de software. Estas herramientas nuevas requieren de mantenimientos regulares y soportes técnicos que generan costos adicionales.



#### **5.1.2.2.2 Curva de adaptación**

Mientras los operadores se llegan a adaptar y familiarizar con los sistemas y herramientas puede causar que exista un tiempo de disminución de la productividad, debido a que se necesita tiempo para generar una adaptación a nuevas tecnologías.

#### **5.1.2.2.3 Dependencia de sistemas tecnológicos**

Al adquirir nuevas tecnologías puede ocasionar que el proceso sea más vulnerable por fallos técnicos, problemas con los proveedores que se contraten o actualización necesaria de software, eso puede generar fallos de flujo en la producción.

### **5.1.2.3 Propuesta 3: Capacitación del personal**

Esta propuesta se analiza con el fin de brindar capacitación de manera intensiva al personal con el fin de que los colaboradores obtengan técnicas para mejorar sus competencias con el fin de prevenir y disminuir los errores humanos.

#### **5.1.2.3.1 Ventajas de la propuesta 3**

##### **5.1.2.3.1.1 Reducción de errores humanos**

La capacitación de manera intensiva en los empleados les ayudará a comprender mejor los procesos que ejecutan, eso ayuda a que la frecuencia en la que se dan errores sea menor y así ayudar la calidad del producto.

##### **5.1.2.3.1.2 Mejor productividad**

Al obtener habilidades y mayor conocimiento por una capacitación robusta, los colaboradores pueden realizar de una forma eficiente su labor, lo que reduce tiempos de inactividad y tiende a aumentar la productividad.



### **5.1.2.3.1.3 Consistencia en la calidad**

La capacitación adecuada permite que cada uno de los empleados sigan instructivos o procedimientos estandarizados que ayudan a fortalecer la calidad del producto de manera constante.

### **5.1.2.3.1.4 Reducción de costos a largo plazo**

La correcta capacitación lleva a una reducción considerable de los costos generados por los retrabajos y los errores.

### **5.1.2.3.2 Desventajas de la propuesta 3**

#### **5.1.2.3.2.1 Implementación costosa**

La capacitación intensiva implica una inversión bastante costosa para la compañía por todo lo que conlleva como, los materiales de formación, el tiempo de los operadores para recibir la capacitación y honorarios de los entrenadores.

#### **5.1.2.3.2.2 Tiempos muertos**

Las capacitaciones van a generar que los empleados se ausenten mucho tiempo de las tareas habituales, eso afectaría la operación de los procesos por completo.

#### **5.1.2.3.2.3 Eficiencia variable**

Es muy variable la efectividad de las capacitaciones debido a que algunas personas pueden necesitar mucho tiempo de inversión para aprender y adquirir habilidades.

#### **5.1.2.3.2.4 Seguimiento necesario**

Este punto va ligado al mencionado anterior, debido a que la capacitación no va a llegar a ser suficiente en algunos casos y eso provoca seguimiento continuo y mucho apoyo para que las habilidades que se buscan sean constantes y que se utilicen correctamente.



### 5.1.3 Selección de la propuesta

La propuesta seleccionada para ejecutar es la “Propuesta 1: Innovación en el proceso de fabricación”, debido a que se evaluó que, en términos de costo, la viabilidad y el potencial de impacto es la opción más efectiva, debido a que es la opción que ofrece de manera directa abordar los problemas en los procesos de manera gradual y eso permite ofrecer mejoras al proceso existente sin la necesidad de realizar una inversión excesiva.

## 5.2 Implementación de la Propuesta

### 5.2.1 Paso a paso de la implementación

#### 5.2.1.1 Diagnóstico actual del proceso

Se hizo un análisis de datos basado en las garantías relacionadas a los paneles insulados de los últimos 6 meses del año 2023 y de los primeros 4 meses del año 2024, los datos arrojaron que existieron 41 garantías de las cuales, 3 fueron por accesorios faltantes, 2 por problemas de dimensiones, 5 por materiales faltantes y 8 por pintura, estos 4 defectos están relacionados a falta de supervisión e inspección del proceso. Las 23 garantías restantes fueron por rechupe que es el defecto más común y el único que es meramente un tema causado por falla del producto, es decir que algo en el proceso no se está haciendo bien.

Como se identificó en el análisis que se hizo de cada uno de los procesos, se lograron determinar puntos críticos que hacen falta en el proceso y algunas áreas de mejora. El proceso es carente más que todo de supervisión robusta que cuide la integridad de los paneles y calidad de ellos.

Se identifica también que es importante fortalecer los paneles que van hacia una zona costera del país para así evitar que se rechupe, la zona afectada por este defecto es el



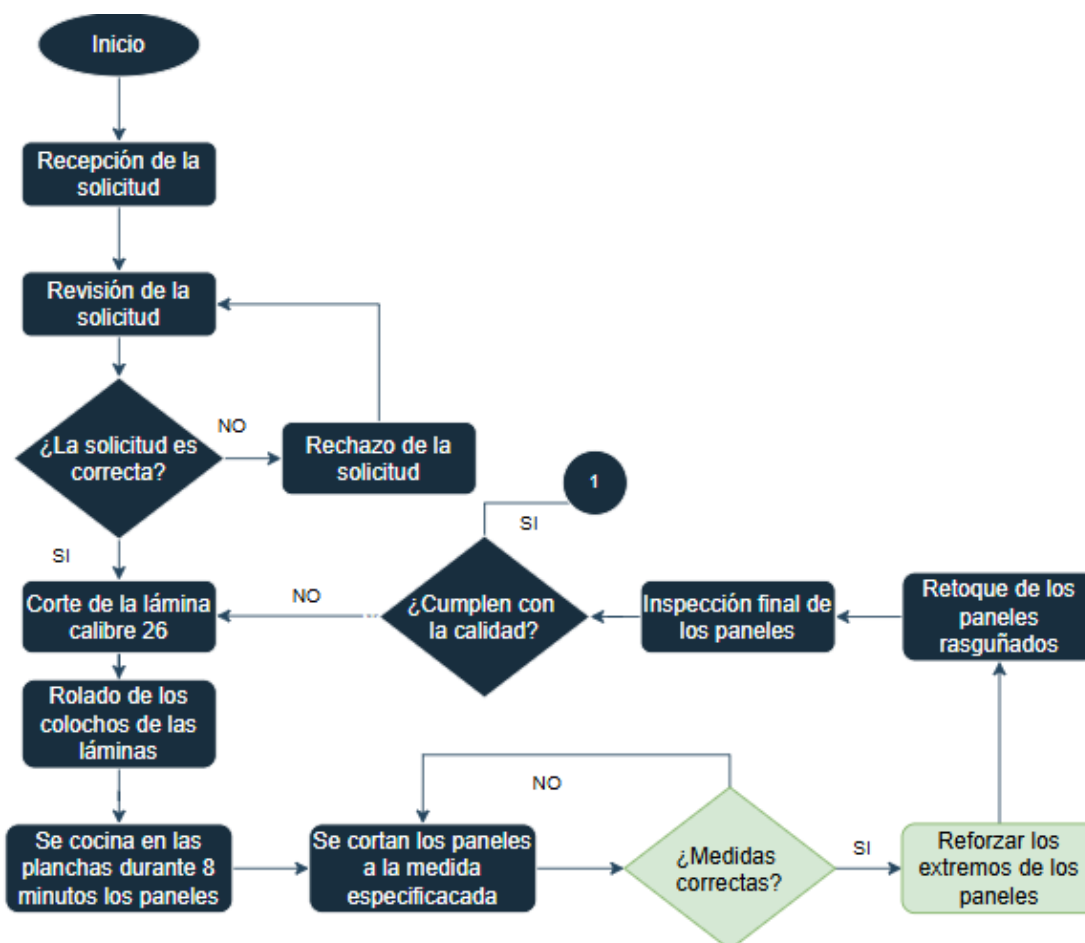
extremo de los paneles. El defecto mencionado anteriormente es el que más se da y que no tiene que ver con supervisión, debido a eso se hará una propuesta para atacar este problema.

### 5.2.1.2 Diseño de propuesta de soluciones

Se desarrolla una propuesta para cada uno de los procesos, contemplando las necesidades que demostraron tener en cada uno de los análisis que se hicieron, se diseña un diagrama de flujo con pasos extra (figuras verdes) que van a fortalecer las oportunidades de mejora del proceso de fabricación, pintura y despacho de paneles insulados.

#### 5.2.1.2.1 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Fabricación

*Figura 17 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Fabricación*



*Fuente: Elaboración propia*



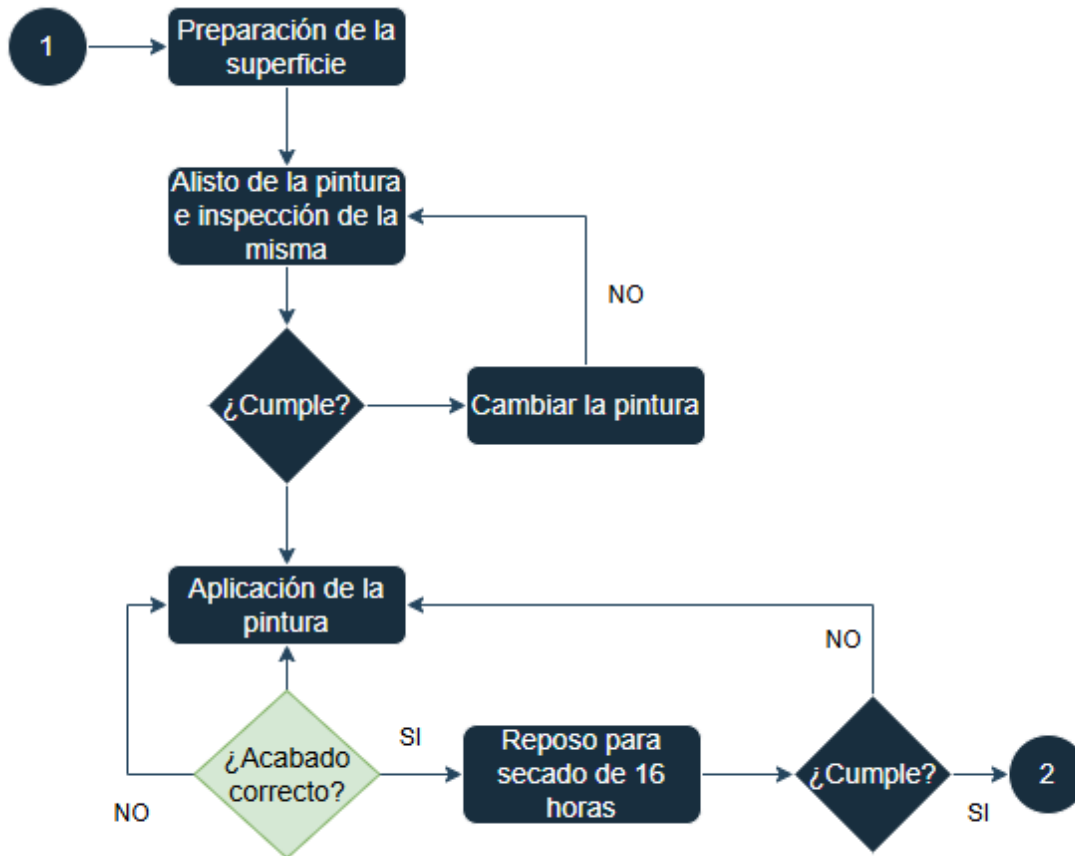
En el proceso de fabricación actual se propone agregar un paso más, se trata de un refuerzo que se le puede poner en los extremos al panel entre la lámina y el poliuretano. El refuerzo es una lámina en forma “L” que se ponga en la parte inferior y superior de los extremos de cada panel, este refuerzo se sacaría de material sobrante de la materia prima de donde se cortan las láminas. El refuerzo no se notaría porque los paneles siempre llevan paralelos que lo cubrirían, este reforzamiento es vital debido a que si la espuma se remete va a impedir que el extremo de la lámina también sufra deformaciones y de esa manera el defecto del rechupe sería eliminado y no debería volver a presentarse en los paneles reforzados. Con esta propuesta en el proceso de fabricación los problemas por rechupe se abordarían buscando solución y mejor calidad de los paneles insulados.

También se propone una inspección luego de cortar los paneles a la medida que se haya solicitado para mitigar defectos por problemas de dimensiones y atajarlos antes de que el proceso haya finalizado. El objetivo de este punto es abordar los problemas dimensionales antes de que el panel sea pintado y despachado, es decir, cuando el proceso o el costo de ese defecto pueda ser más caro para la compañía.



**5.2.1.2.2 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Pintura**

*Figura 18 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Pintura*



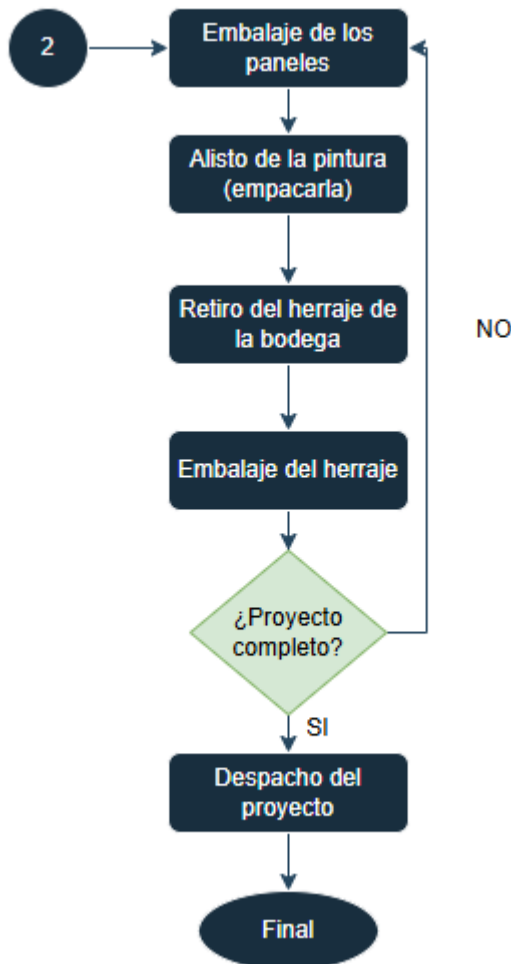
*Fuente: Elaboración propia*

El diagrama de flujo actual demuestra que no existe un control de calidad adecuado luego de aplicar la pintura. Debido a lo mencionado, se propone una supervisión luego de la aplicación de la pintura con el fin de disminuir los defectos por problemas de pintura y asegurar la calidad de los acabados de todos los paneles. Esta propuesta busca un enfoque en los problemas de pintura, evitar que proyectos salgan estéticamente malos y con acabados incorrectos.



### 5.2.1.2.3 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Despacho

Figura 19 Diagrama de flujo propuesto para el proceso de Despacho



*Fuente: Elaboración propia*

La búsqueda planteada con esta propuesta es eliminar las fallas por materiales y artículos faltantes, atacando y mitigando así cada una de las problemáticas estudiadas en este proyecto. Se agrega en el proceso una inspección final antes de despachar el proyecto con el fin de cuestionar si es o no el proyecto requerido y si está completo para evitar fallas por despachos mal realizados, asegurando de esa manera que el proceso sea más seguro y que cubrirá de manera robusta cualquier duda o problema durante el despacho.



### 5.2.1.3 Capacitación del personal

Es parte fundamental de la propuesta la capacitación del personal con las nuevas técnicas y procedimientos para poder ejecutar cada una de las mejoras. La capacitación será a cargo de ingeniería y de calidad, con el fin de darle el énfasis necesario y detallado para que el procedimiento de capacitación incluya una formación tanto teórica como práctica.

### 5.2.1.4 Pruebas piloto y ajuste

Es importante ejecutar una serie de pruebas, tanto en las nuevas inspecciones que serían nuevas tareas de supervisión como al paso agregado en la etapa de fabricación que corresponde a reforzar los paneles insulados en sus extremos. Las pruebas corresponden a la ejecución de los nuevos pasos con el fin de estudiar y analizar que el nuevo procedimiento sea funcional y cumpla el objetivo buscado, que es mitigar los errores en el proceso de los paneles insulados, cuidando su calidad y asegurando que el proyecto llegue integro al cliente final.

Las pruebas se deben ejecutar al menos durante un mes para analizar el comportamiento de los paneles reforzados en las zonas costeras del país y validar que tan funcionales y relevantes son las supervisiones de calidad en los proyectos. Este paso se ejecuta antes de la implementación y una vez que se haya determinado la relevancia de la propuesta es momento de realizar la implementación de las mejoras.

Esta etapa también es de ajuste, es decir que con medida a que los resultados se vayan consiguiendo con las pruebas también se podrán tomar decisiones para ajustar y modificar problemas o interrupciones que puedan afectar la implementación, con el fin de corregir al 100% los problemas planteados.



### 5.2.1.5 Implementación

Una vez controlados los cambios, en el personal con las capacitaciones y con la ejecución de las pruebas de los nuevos pasos se puede continuar con la implementación completa de la propuesta. Que todas las transiciones de capacitación y de pruebas se hayan logrado de manera efectivo es muy importantes en esta etapa, debido a que, la implementación debe ser controlada y segura para ejecutar la propuesta de manera segura y sin interrupciones significativas.

### 5.2.2 Cronograma para la implementación de la propuesta

**Tabla 6 Cronograma de implementación**

Paso	Descripción de la actividad	Duración	Fechas de ejecución
1. Capacitación del Personal	Preparación de contenido de capacitación (Estudio de los procesos modificados)	1 semana	1 de noviembre - 7 de noviembre de 2024
	Realización de capacitaciones teóricas y prácticas (refuerzo de láminas e inspecciones)	2 semanas	8 de noviembre - 21 de noviembre de 2024
	Evaluación para asegurarse de que el nuevo proceso quedó claro	1 semana	22 de noviembre - 30 de noviembre de 2024
2. Pruebas Piloto y Ajustes	Ejecución piloto de nuevas inspecciones y pasos en la etapa de fabricación	2 semanas	1 de diciembre - 14 de diciembre de 2024
	Recopilación de datos de las pruebas ejecutadas	2 semanas	15 de diciembre - 28 de diciembre de 2024
	Análisis de resultados y ajustes en procedimientos de ser necesario	2 semanas	29 de diciembre de 2024 - 11 de enero de 2025
	Revisión de ajustes y validación	1 semana	12 de enero - 15 de enero de 2025
3. Implementación de la propuesta	Implementación completa de las mejoras	2 semanas	16 de enero - 31 de enero de 2025
	Control de la implementación y recopilación de datos	2 semanas	1 de febrero - 14 de febrero de 2025
	Validación de la implementación	1 semana	15 de febrero - 21 de febrero de 2025
4. Evaluación Final	Evaluación final del impacto de las mejoras implementadas	1 semana	1 de marzo - 7 de marzo de 2025

*Fuente: Elaboración propia*



## **5.3 Afianzamiento de la propuesta**

### **5.3.1 Control de la calidad del proceso**

Es importante que exista un monitoreo bastante controlado y continuo de la calidad del proceso, utilizando herramientas de análisis para dar garantía de que el proceso sea estable en la mantención de estándares altos de calidad.

### **5.3.2 Evaluación periódica del Proceso**

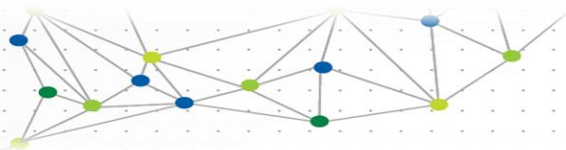
Para identificar oportunidades de mejora y posibles desviaciones del proceso es sumamente necesario realizar evaluaciones cada tres meses para controlar de manera robusta que áreas se deben de fortalecer para que los resultados del proceso luego de las implementaciones sean los esperados a largo plazo.

## **5.4 Identificación y gestión de Riesgos**

Al ejecutar la propuesta pueden presentarse problemáticas que se deben de tomar en cuenta, para tener un plan que permita la mitigación de estos riesgos.

### **5.4.1. Fallo de la implementación**

El riesgo de que la implementación no salga según lo esperado es latente, esto podría resultar en costos muy elevados para la compañía, así como un posible deterioro aún mayor de la calidad del proceso de los paneles insulados. Debido a esto, es muy importante tener un control sobre el proceso realizando pruebas periódicas exhaustivamente para determinar que las mejoras funcionen de manera adecuada y si fuese necesario realizar los ajustes pertinentes para corregir cualquier problema existente.



### **5.4.3 Resistencia al cambio**

En cualquier cambio o ejecución nueva siempre puede existir una cierta resistencia por parte del personal que ejecuta los procedimientos, esto afecta en algunas ocasiones la eficacia de la implementación. Por eso, es muy necesario mantener una capacitación activa en conjunto con una comunicación robusta y efectiva para fomentar el compromiso y la aceptación de los cambios a realizar.

### **5.4.4 Plan preventivo de riesgos**

#### **5.4.4.1 Monitoreo constante**

La evaluación repetida del nuevo proceso y el análisis de los resultados dará flexibilidad a una respuesta hábil y robusta ante cualquier debilidad que se pueda presentar como un problema en un periodo extenso o corto. Este monitoreo permite abordar los problemas antes de que sean obstáculos significativos en el proceso.

#### **5.4.4.2 Soporte durante la transición**

La resolución de dudas y de problemas durante la fase transitoria de la implementación, no solo evitará de gran manera la resistencia al cambio, si no, que también hará que la transición hacia las mejoras sea menos brusca para los colaboradores y exista un compromiso más robusto que permita agilizar la eficacia de las mejoras a implementar.

### **5.4.5 Análisis costo-beneficio**

Se realiza el análisis con un proyecto de 5 paneles de 5 metros por 43 centímetros de alto cada uno, es decir un proyecto de 2.15 m<sup>2</sup>. Es importante mencionar que se realiza con este proyecto debido a que son muy comunes proyectos con esas dimensiones.



#### 5.4.5.1 Datos del Análisis

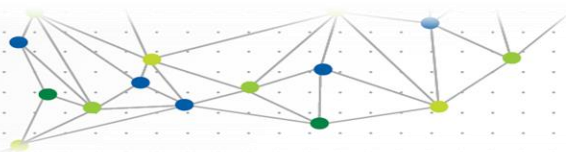
- El costo total de ponerle el refuerzo en los extremos a cada panel es de ₡ 11.000, contemplando el tiempo de fabricación de los 10 refuerzos donde el valor de cada uno es de ₡ 755, es decir que en total los refuerzos para el proyecto costaron ₡ 7.550. La mano de obra invertida fue de 1.5 horas para fabricar y reforzar cada panel, contemplando que el técnico por hora cuesta ₡ 2.300, el valor de la mano de obra es de ₡ 3450. Debido a lo explicado el valor de reforzar los paneles es de ₡11.000.
- Para realizar las inspecciones propuestas adecuadamente en cada uno de los procesos el supervisor se tarda 3 horas. La hora del supervisor cuesta ₡ 3.000, es decir, para realizar las inspecciones propuestas el costo es de ₡ 9.000.
- El costo total de las implementaciones es de ₡ 20.000.
- El costo de una garantía donde el cliente exige el cambio del portón es de ₡410.000, debido a que ese es el costo total de fabricar nuevamente el portón y volver a instalar.

#### 5.4.5.2 Beneficios

- El beneficio por evitar una garantía es de ₡ 410.000.
- El beneficio neto se calcula con la formula; “ahorro en garantías – costo de la implementación de las mejoras”. Eso se traduce de la siguiente manera: Beneficio neto = ₡ 410.000 – ₡ 20.000 = ₡ 390.000.

#### 5.4.5.3 Resumen del análisis costo beneficio

Los beneficios son muy favorables contemplando que la inversión para las implementaciones es únicamente de ₡ 20.000, considerando que el costo de una garantía es



## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **6.1 Conclusiones**

Al implementar DMAIC se logra estructurar y desarrollar una propuesta de mejora en el proceso de paneles insulados. La propuesta para innovar el proceso de fabricación aborda de manera robusta cada una de las etapas del proceso, aportando con el cumplimiento de la mejora continua y la reducción de defectos.

El proyecto ha llevado a la posible inclusión de nuevos pasos en cada etapa, incluyendo reforzar los extremos de los paneles para evitar rechupes y supervisiones de calidad para evitar problemas por malos despachos o por acabados incorrectos de pintura.

Se espera una significativa reducción de garantías, lo que se puede traducir en el incremento de satisfacción del cliente y una disminución en los costos relacionados a retrabajos. Lo mencionado también incluye un aumento en la calidad de los paneles insulados en todas las etapas del proceso de ensamble, pintura y despacho.

## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda utilizar herramientas de análisis para custodiar los estándares de calidad sean equilibrados, así como implementar un sistema para evaluar la eficacia de las mejoras y ajustar los procesos que sean necesarios y en el momento que lo ameriten.

Realizar revisiones y análisis del proceso periódicamente para identificar las oportunidades de mejora que necesitan ser abordadas.

Recordar mantener al personal debidamente capacitado para que ejecuten de manera correcta sus labores es de suma importancia para asegurar el bienestar de los paneles insulados y el compromiso con la calidad de cada etapa del proceso.

Inspeccionar que el desempeño de los refuerzos de los paneles esté cumpliendo su función una vez haya sido implementado para mantener controlados posibles errores y evitarlos de esa manera. Por último, se recomienda asegurarse de que las inspecciones adicionales en las etapas de pintura y despacho se ejecuten para evitar problemas causados por falta de atención a los detalles.



## **CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA**

## 7.1 Referencias

Aceropedia. (2023). *Aceropedia*. Obtenido de <https://aceropedia.com/materiales/panel-aislante/>

Aguirre, M. F. (6 de octubre de 2020). *appvizer*. Obtenido de <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-proyectos/dmaic>

Arévalo. (2019). *Aplicación de la metodología DMAIC y su impacto en la reducción de mermas en una empresa planificadora*. Tesis de investigación de pregrado.

Asana, T. (17 de febrero de 2024). *asana*. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/what-is-a-flowchart>

COMOSEFABRICA. (9 de Septiembre de 2023). Obtenido de <https://comosefabrica.com/paneles-sip>

Corral, V. (24 de enero de 2023). *Academy SyS*. Obtenido de <https://academy.dpsys.com.mx/metodologia-dmaic/>

Culture, S. (15 de Enero de 2024). *Safety Culture*. Obtenido de <https://safetyculture.com/es/temas/dmaic/>

Etece, E. (5 de agosto de 2021). *Concepto.DE*. Obtenido de <https://concepto.de/gestion-de-calidad/#ixzz8Z0yUBWLw>

FabIndus. (16 de febrero de 2024). *Fabricacion Industrial*. Obtenido de <https://fabricacionindustrial.com/control-estadistico-de-procesos-spc-analisis-y-herramientas/>

García-González, R. P.-C.-I. (2023). *DMAIC como herramienta para implementar un sistema de mejora para incrementar la productividad en la industria del sombrero*. T.

García-González, R. P.-C.-I. (2023). DMAIC como herramienta para implementar un sistema de mejora para incrementar la productividad en la industria del sombrero. En R. P.-C.-I. García-González, *Revista Ingenio* (págs. 8-15.).

Guimarey, H. y. (2021). Mejora de la productividad empleando la metodología DMAIC. En H. y. Guimarey, *INGENIERIA: Ciencia, Tecnología e Innovación*. (págs. 77-91).

LATAM, T. (8 de junio de 2023). *TOTVS*. Obtenido de <https://es.totvs.com/blog/gestion-industrial/gestion-de-la-produccion-que-es-etapas-y-como-hacerlo/>

- López, B. S. (29 de Octubre de 2019). *Ingeniería Industrial Online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/que-es-el-lean-manufacturing/>
- Pérez-López, E. &.-C. (2014). *Impelmentación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal*. Revista Tecnológica en marcha.
- Pérez-López, E. &.-C. (2014). *Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal*. Revista tecnología en Marcha.
- Pérez-López, E. &.-C. (2014). *Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal*. Revista tecngología en Marcha.
- Porto, J. P. (4 de Septiembre de 2023). *Definicion.DE*. Obtenido de <https://definicion.de/materia-prima/>
- Quiroa, M. (25 de enero de 2024). *economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/produccion.html>
- Ricardo, R. (31 de enero de 2024). *Estudyando*. Obtenido de ¿Qué es un gráfico? Definición, tipos y ejemplos: <https://estudyando.com/que-es-un-grafico-definicion-tipos-y-ejemplos/>
- Rodrigues, N. (2 de Abril de 2024). *HubSpot*. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>
- Rodriguez, J. (29 de octubre de 2019). *SPC Consulting Group*. Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/dmaic-las-5-fases-para-la-mejora-de-los-procesos/>
- School, E. B. (Octubre de 2023). *School, ESIC Business & Marketing*. Obtenido de <https://www.esic.edu/rethink/business/teoria-de-las-restricciones-que-es-ejemplos-c>
- Sigma, I. L. (4 de junio de 2024). *International Lean Six Sigma*. Obtenido de <https://internationalleansixsigma.org/dominando-la-dmaic-guias-paso-a-paso-para-cada-fase/>
- Socconini, L. (28 de agosto de 2023). *LSSI*. Obtenido de <https://leansixsigmainstitute.org/es/explicacion-de-la-metodologia-dmaic-de-lean-six-sigma/>
- Solutions, P. P. (2014). *Certificacion Seis Sigma Green Belt*. Quality Council of Indiana.
- Sydle. (15 de Febrero de 2024). *Sydle*. Obtenido de <https://www.sydle.com/es/blog/dmaic-64bd2afcda771954dd52337b>
- Trout, J. (s.f.). *CMC Latam*. Obtenido de <https://cmc-latam.com/2021/07/21/dmaic-una-guia-completa/>



---

Westreicher, G. (1 de Agosto de 2020). *economipedia*. Obtenido de  
[https://economipedia.com/definiciones/analisis-de-datos.html#google\\_vignette](https://economipedia.com/definiciones/analisis-de-datos.html#google_vignette)

