**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**
**Universidad del Perú. Decana de América**
Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

# Aplicación de Six Sigma en el proceso de fabricación de pegamentos en una empresa de industrias químicas para mejorar la productividad

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**AUTOR**

Alejandro Jesús MARIN VALENCIA

**ASESOR**

Mg. Willy Hugo CALSINA MIRAMIRA

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

**Referencia bibliográfica**

Marin, A. (2025). *Aplicación de Six Sigma en el proceso de fabricación de pegamentos en una empresa de industrias químicas para mejorar la productividad*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

## Metadatos complementarios

| | |
|---|---|
| **Datos de autor** | |
| Nombres y apellidos | Alejandro Jesús Marin Valencia |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 46438378 |
| URL de ORCID | |
| **Datos de asesor** | |
| Nombres y apellidos | Willy Hugo Calsina Miramira |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 09512630 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0001-6203-8344 |
| **Datos del jurado** | |
| **Presidente del jurado** | |
| Nombres y apellidos | Daniel Victor Surco Salinas |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 09722150 |
| **Miembro del jurado 1** | |
| Nombres y apellidos | Jorge Enrique Ortiz Porras |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 40523944 |
| **Miembro del jurado 2** | |
| Nombres y apellidos | Edgardo Aurelio Mendoza Altez |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 06605547 |
| **Datos de investigación** | |

| | |
|---|---|
| Línea de investigación | ODS 12: producción y consumo responsables. 12. Calidad, mejora y optimización de la producción. Calidad e inocuidad de los alimentos |
| Grupo de investigación | No aplica |
| Agencia de financiamiento | Sin financiamiento. |
| Ubicación geográfica de la investigación | Empresa: Industrias Químicas Aries S.R.L.<br>País: Perú<br>Departamento: Lima<br>Provincia: Lima<br>Distrito: Lima<br>Dirección: Jr. Ica Nro. 338 Int. 520<br>Latitud: -12.04539<br>Longitud: -77.03459 |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Enero 2024 – Diciembre 2024 |
| URL de disciplinas OCDE | Ingeniería Industrial<br>https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.04 |

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

VICEDECANATO ACADÉMICO

# ACTA DE SUSTENTACIÓN Nº019-VDAP-FII-2025

## SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **viernes 28 de marzo de 2025**, a las 11:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis:

**"APLICACIÓN DE SIX SIGMA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PEGAMENTOS EN UNA EMPRESA DE INDUSTRIAS QUÍMICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD"**

Que presenta el Bachiller:

**ALEJANDRO JESÚS MARIN VALENCIA**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria.**

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 12:00 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido aprobado por unanimidad con la calificación promedio de catorce (14), lo cual se comunicó públicamente.

Lima, 28 de marzo del 2025

DR. DANIEL VICTOR SURCO SALINAS
**Presidente**

DR. JORGE ENRIQUE ORTIZ PORRAS,
**Miembro**

MG. EDGARDO AURELIO MENDOZA ALTEZ
**Miembro**

MG. WILLY HUGO CALSINA MIRAMIRA
**Asesor**

MG. LUIS ROLANDO RAEZ GUEVARA
**Vicedecano Académico – FII**

# CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo **CALSINA MIRAMIRA WILLY HUGO** en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal **N° 000203-2024-D-FII** de la tesis de investigación académico, cuyo título es **APLICACIÓN DE SIX SIGMA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PEGAMENTOS EN UNA EMPRESA DE INDUSTRIAS QUÍMICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD**, presentado por el bachiller **MARIN VALENCIA ALEJANDRO JESÚS** para optar el título **PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de **12%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.** Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.



Firma del Asesor:

DNI:**09512630**

Nombres y apellidos del asesor:
**CALSINA MIRAMIRA WILLY HUGO**

Dedicatoria:

A Dios por darme fortaleza en los momentos difíciles

A mis queridos padres, Alejandro y Norma, que sin su apoyo y consejos no hubiera logrado cumplir mis metas

A mi hermana Valeria, que ha sido fuente de inspiración para lograr este gran paso

## RESUMEN

La presente tesis titulada "Aplicación de Six Sigma en el Proceso de Fabricación de Pegamentos en una Empresa de Industrias Químicas para Mejorar la Productividad" tiene como objetivo implementar la metodología Six Sigma para optimizar los procesos de fabricación, reducir defectos y aumentar la productividad de la planta.

En el contexto actual, la fabricación de pegamentos enfrenta desafíos relacionados con la variabilidad de los procesos, los altos costos por reprocesos y desperdicios, y la necesidad de garantizar un producto de calidad consistente. A través de la metodología Six Sigma, específicamente el enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), se identificaron las causas raíz de los problemas, se propusieron mejoras estratégicas y se evaluó su impacto en los indicadores clave de desempeño.

Los resultados obtenidos mostraron una significativa reducción de defectos en el producto final, un aumento del 15% en la productividad y una disminución del 60% en los productos fuera de especificacion. Además, se implementaron herramientas de control estadístico para garantizar la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo.

En conclusión, la aplicación de Six Sigma demostró ser una herramienta eficaz para enfrentar los desafíos de calidad y eficiencia en la fabricación de pegamentos, proporcionando un enfoque sistemático y basado en datos que puede ser replicado en otras áreas de la empresa.

**Palabras clave:** Six Sigma, DMAIC, productividad, control estadístico de procesos, fabricación de pegamentos, calidad industrial.

## ABSTRACT

This thesis entitled "Application of Six Sigma in the Glue Manufacturing Process in a Chemical Industries Company to Improve Productivity" aims to implement the Six Sigma methodology to optimize manufacturing processes, reduce defects and increase the productivity of the plant.

In the current context, glue manufacturing faces challenges related to process variability, high costs for rework and waste, and the need to guarantee a consistent quality product. Through the Six Sigma methodology, specifically the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) approach, the root causes of the problems were identified, strategic improvements were proposed and their impact on key performance indicators was evaluated.

The results obtained showed a significant reduction in defects in the final product, a 15% increase in productivity and a 60% decrease in out-of-specification products. In addition, statistical control tools were implemented to ensure the sustainability of the improvements in the long term.

In conclusion, the application of Six Sigma proved to be an effective tool to address quality and efficiency challenges in glue manufacturing, providing a systematic and data-driven approach that can be replicated in other areas of the company.

**Keywords:** Six Sigma, DMAIC, productivity, statistical process control, glue manufacturing, industrial quality

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN ..... ii

ABSTRACT ..... iv

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN ..... 1

1.1. Introducción ..... 1

1.2. Planteamiento del problema ..... 2

1.2.1. Determinación del problema ..... 2

1.2.2. Formulación del problema ..... 5

1.2.2.1. Problema Principal ..... 5

1.2.2.2. Problemas secundarios ..... 5

1.3. Objetivos ..... 6

1.3.1. Objetivo principal ..... 6

1.3.2. Objetivos secundarios ..... 6

1.4. Importancia y alcance de la investigación ..... 6

1.5. Limitaciones de la investigación ..... 7

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA ..... 9

2.1. Marco teórico ..... 9

2.1.1. Six Sigma: Concepto y Fundamentos ..... 9

2.1.2. Aplicación de Six Sigma en la Industria Química ..... 10

2.1.3. Beneficios de la aplicación de Six Sigma en la industria química: 10

2.1.4. Problemas Comunes en la Fabricación de Pegamentos ..... 11

2.1.5. Herramientas de Six Sigma en la Industria Química ..... 11

2.1.6. Beneficios Esperados de la Implementación de Six Sigma en la Fabricación de Pegamentos ..... 12

2.1.7. Caso de Estudio y Ejemplos Relevantes ..... 13

2.2. Antecedentes del estudio ..... 14
2.3. Bases teóricas ..... 18
2.4. Definición de términos ..... 22
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES ..... 24
3.1. Hipótesis ..... 24
3.1.1. Hipótesis principal ..... 24
3.1.2. Hipótesis secundarias ..... 24
3.2. Variables ..... 24
3.3. Operacionalización de las variables ..... 25
CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS ..... 26
4.1. Área de estudio ..... 26
La presente tesis corresponde al campo de investigación de la mejora de procesos productivos. ..... 26
4.2. Tipo y diseño de investigación ..... 26
El tipo de investigación es de carácter descriptivo, experimental aplicada. .. 26
4.3. Población y muestra ..... 26
4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos 26
4.5. Análisis estadístico ..... 44
CAPÍTULO V: RESULTADOS ..... 45
5.1. Comparación de Indicadores Clave ..... 45
5.2. Comparación de Productividad ..... 45
5.3. Análisis Estadístico: Prueba t de Student ..... 46
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN ..... 48
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 51
7.1. Conclusiones ..... 51

7.2. Recomendaciones ..... 53

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 58

ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA ..... 59

# INDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Costos Asociados a reprocesos y desperdicio ..... 4
**Tabla 2.** Principales clientes por sector ..... 29
**Tabla 3.** Marco del proyecto Six Sigma ..... 33

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Indicadores de implementación de Six Sigma. ..... 25
**Figura 2.** Diagrama de operaciones ..... 30
**Figura 3.** Fases del ciclo DMAIC en la metodología Six Sigma ..... 32
**Figura 4.** Identificación de Factores Clave para la Calidad ..... 34
**Figura 5.** Diagrama SIPOC del proceso de producción de pegamentos ..... 35
**Figura 6.** Identificación de Variabilidad en la Fase MEDIR ..... 35
**Figura 7.** Cuadro de producción mensual del primer semestre del año 2024 . 36
**Figura 8.** Cuadro de defectos en la producción mensual ..... 36
**Figura 9.** Diagrama de Pareto para identificar el defecto más común ..... 37
**Figura 10.** Evaluación de Causas en la Fase ANALIZAR ..... 39
**Figura 11.** Diagrama de Ishikawa ..... 39
**Figura 12.** Optimización de procesos en la fase MEJORAR ..... 40
**Figura 13.** Cuadro AMEF ..... 40
**Figura 14.** Plan de Mejora ..... 41
**Figura 15.** Cuadro de producción una vez implementado las mejoras en el segundo semestre del año 2024 ..... 41
**Figura 16**. Fase de Control en el ciclo DMAIC. ..... 42
**Figura 17.** Gráfica de Control de la Viscosidad ..... 43
**Figura 18.** Comparación de tiempos de producción antes y después de Six Sigma. ..... 44
**Figura 19**. Comparación de Indicadores Clave de Productividad. ..... 45
**Figura 20.** Comparación de productividad en la implementación de Six Sigma. ..... 45
**Figura 21.** Resultados de la Prueba t ..... 47

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Introducción

En un mundo industrial altamente competitivo, las empresas enfrentan el desafío constante de optimizar sus procesos para satisfacer las crecientes demandas del mercado y mantener altos estándares de calidad. En la industria química, específicamente en la fabricación de pegamentos, estos retos se agravan debido a las variaciones en los procesos productivos, los altos costos asociados a los defectos y desperdicios, y la necesidad de entregar productos confiables a los clientes.

La presente investigación se centra en la aplicación de la metodología Six Sigma, una estrategia de mejora continua orientada a reducir la variabilidad en los procesos, mejorar la calidad y aumentar la productividad. Six Sigma, a través de su enfoque estructurado DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), permite identificar y eliminar las causas raíz de los problemas que afectan la eficiencia operativa, proporcionando soluciones sostenibles basadas en datos.

En este contexto, la empresa objeto de estudio presenta problemas recurrentes de defectos en los productos y bajos índices de productividad, lo que impacta tanto en los costos como en la satisfacción del cliente. Por ello, esta tesis tiene como propósito implementar Six Sigma en el proceso de fabricación de pegamentos, con el fin de optimizar los recursos, reducir desperdicios y elevar la calidad del producto final.

La investigación aborda el problema desde un enfoque cuantitativo y utiliza herramientas de control estadístico de procesos para medir y validar las mejoras alcanzadas. Además, se evalúa el impacto de estas mejoras en indicadores clave

de desempeño (KPI), como la reducción de defectos, la productividad y los costos operativos.

Este trabajo no solo contribuye a la mejora de los procesos internos de la empresa, sino que también representa un modelo replicable en otras organizaciones del sector químico que enfrentan desafíos similares.

## 1.2. Planteamiento del problema

### 1.2.1. Determinación del problema

***Artículos Internacionales Relacionados al Tema***

*Mejora Continua y Six Sigma en la Industria Química (Smith et al., 2020):* En su investigación sobre la implementación de Six Sigma en empresas químicas de Estados Unidos, Smith et al. concluyeron que esta metodología redujo en un 35% los defectos en los procesos de producción de adhesivos. Destacaron que la aplicación del enfoque DMAIC permitió identificar causas raíz de problemas, optimizar el uso de materias primas y disminuir costos asociados con reprocesos. Asimismo, las empresas lograron mejorar la satisfacción del cliente al cumplir consistentemente con especificaciones de calidad. Este estudio evidenció el impacto positivo de Six Sigma en industrias donde los estándares de precisión son fundamentales para la competitividad.

*Control Estadístico de Procesos en la Manufactura (Wang & Chen, 2018):* En su estudio sobre industrias químicas en Asia, Wang y Chen documentaron cómo la implementación de gráficos de control estadístico y análisis de capacidad bajo la metodología Six Sigma permitió reducir la variabilidad en un 40%. Esto optimizó los tiempos de ciclo y disminuyó el desperdicio en un 25%.

Resaltaron que los beneficios de Six Sigma no solo se traducen en mayor productividad, sino también en la sostenibilidad operativa al disminuir el impacto ambiental relacionado con los desperdicios generados durante la fabricación.

**Artículos Nacionales Relacionados al Tema**

*Aplicación de Six Sigma en la Industria Peruana (Rodríguez & Salazar, 2021):* Rodríguez y Salazar analizaron la implementación de Six Sigma en una empresa química en Perú dedicada a la producción de resinas. La investigación destacó una reducción del 20% en los costos operativos y un incremento del 15% en la eficiencia productiva tras aplicar la metodología. Los autores señalaron que la mejora en el control de las variables críticas contribuyó a una mayor uniformidad en los productos y a la fidelización de clientes en mercados internacionales.

*Productividad en la Industria Química Nacional (Quispe et al., 2019):* Quispe et al. exploraron el impacto de Six Sigma en una planta de fabricación de pinturas en Lima. Documentaron cómo la metodología permitió identificar los factores que causaban un 30% de desperdicio en materia prima. Tras implementar mejoras basadas en el análisis estadístico, se logró una reducción significativa de los costos operativos y un aumento en la capacidad de producción. Los autores enfatizaron la importancia de capacitar al personal en herramientas de control estadístico para garantizar la sostenibilidad de los resultados.

## Descripción del Problema

En la empresa objeto de estudio, dedicada a la fabricación de pegamentos, se han identificado problemas críticos relacionados con la variabilidad en los procesos, que ocasionan defectos en el producto final y altos niveles de desperdicio. Actualmente, un 15% de los productos fabricados no cumple con las especificaciones de calidad, lo que genera reprocesos y un incremento en los costos operativos.

Según registros internos, los desperdicios de materia prima ascienden a un 22% mensual, lo que equivale a pérdidas económicas significativas. Asimismo, la producción efectiva de la planta se encuentra en un 70% de su capacidad, evidenciando ineficiencias que afectan la productividad general.

El gráfico a continuación muestra la tendencia creciente de desperdicio en los últimos seis meses, mientras que la Tabla 1 resume los costos asociados a reprocesos y desperdicios.

***Tabla 1.*** Costos Asociados a reprocesos y desperdicio

| Mes | Porcentaje de Desperdicio | Costo Asociado |
|---|---|---|
| Enero | 13.46% | S/ 17,550 |
| Febrero | 13.13% | S/ 16,640 |
| Marzo | 13.53% | S/ 17,680 |
| Abril | 14.34% | S/ 18,330 |
| Mayo | 13.37% | S/ 17,290 |
| Junio | 14.04% | S/ 18,070 |

Estos datos reflejan la urgencia de implementar soluciones que permitan reducir la variabilidad y optimizar los procesos.

**Artículo Final Relacionado al Tema**

Impacto de Six Sigma en Procesos Industriales (Gómez & Torres, 2022): Gómez y Torres analizaron los beneficios de Six Sigma en plantas químicas de Latinoamérica. Resaltaron que la metodología ayudó a reducir en un 50% las tasas de defectos y a optimizar la capacidad operativa en un 20%. Subrayaron que el éxito de Six Sigma radica en su enfoque sistemático para identificar y eliminar desperdicios, así como en el compromiso del liderazgo empresarial para sostener las mejoras a largo plazo.

Este conjunto de estudios evidencia que la metodología Six Sigma puede abordar eficazmente los problemas actuales de la empresa en estudio, mejorando tanto la calidad como la productividad.

### 1.2.2. Formulación del problema

#### 1.2.2.1. Problema Principal

- ¿De qué manera la aplicación de Six Sigma mejorará la productividad del proceso de fabricación de pegamentos en una empresa de industrias químicas?

#### 1.2.2.2. Problemas secundarios

- ¿Qué indicadores clave deben monitorearse para evaluar la efectividad de Six Sigma en este proceso?

- ¿Qué mejoras específicas pueden implementarse en las fases del ciclo DMAIC para optimizar la productividad?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo principal

- Mejorar la productividad en el proceso de fabricación de pegamentos en una empresa de industrias químicas mediante la aplicación de Six Sigma.

### 1.3.2. Objetivos secundarios

- Establecer indicadores clave de desempeño (KPI) para medir la efectividad de Six Sigma.
- Diseñar mejoras específicas en las fases del ciclo DMAIC que optimicen la productividad del proceso de fabricación.

## 1.4. Importancia y alcance de la investigación

### 1.4.1. Importancia de la investigación

La implementación de la metodología Six Sigma en el proceso de fabricación de pegamentos en una empresa de la industria química reviste una alta relevancia debido a los siguientes aspectos:

**Relevancia Económica:** El estudio permite identificar y reducir los costos asociados a la variabilidad de los procesos, como reprocesos, desperdicios y defectos. Al optimizar los recursos y mejorar la eficiencia operativa, se contribuye a incrementar la rentabilidad de la empresa, lo cual es esencial para su sostenibilidad en un mercado competitivo.

**Impacto en la Competitividad:** La mejora en la calidad de los productos a través de la estandarización de procesos permitirá a la empresa fortalecer su posición en el mercado. Al satisfacer las expectativas del cliente con productos consistentes y de alta calidad,

se fomenta la fidelización y se abren oportunidades para expandir su presencia en mercados internacionales.

**Contribución a la Innovación:** El enfoque estructurado de Six Sigma y sus herramientas estadísticas representan un avance significativo en la gestión de procesos industriales. Esta investigación ofrece un modelo replicable que otras empresas de la industria química pueden adoptar para mejorar su productividad y competitividad.

**Relevancia Académica y Científica:** El estudio aporta evidencia empírica sobre la efectividad de Six Sigma en la industria química, particularmente en la fabricación de pegamentos. Esto enriquece el conocimiento existente y fomenta nuevas investigaciones sobre la aplicación de metodologías de mejora continua en diversos sectores industriales.

### 1.4.2. Alcance de la investigación

La investigación se llevará a cabo en una empresa química dedicada a la fabricación de pegamentos ubicada en el distrito de San Martin de Porres de la ciudad de Lima - Perú. El análisis se limitará a las áreas de producción involucradas directamente en la fabricación del producto, excluyendo otros procesos operativos o administrativos de la organización.

## 1.5. Limitaciones de la investigación

Aunque la investigación sobre la aplicación de Six Sigma en el proceso de fabricación de pegamentos tiene un gran potencial para mejorar la productividad y reducir defectos, existen ciertas limitaciones que deben considerarse:

- Limitación Temporal: La investigación se desarrolla dentro de un plazo relativamente corto (aproximadamente 6 meses), lo que puede restringir la profundidad y el alcance de la implementación de las mejoras propuestas. Algunos cambios podrían necesitar más tiempo para ser evaluados a fondo y mostrar resultados sostenibles a largo plazo.

- Limitación en la Implementación de Cambios: La implementación completa de la metodología Six Sigma y el ciclo DMAIC puede verse limitada por la resistencia al cambio dentro de la empresa, especialmente si el personal no está acostumbrado a trabajar con herramientas estadísticas o en un enfoque más estructurado y basado en datos. La falta de formación o capacitación también podría ser un obstáculo.

- Acceso a Información y Datos: El proceso de recopilación de datos puede verse afectado por la disponibilidad y calidad de la información. Si los datos sobre los procesos de fabricación no están bien documentados o son incompletos, puede ser difícil realizar un análisis preciso de la situación y evaluar correctamente los resultados de la implementación.

- Recursos Financieros y Humanos: La implementación de cambios a gran escala requiere inversión en recursos tanto financieros como humanos, lo que podría limitar la ejecución de ciertas mejoras si la empresa no dispone de los recursos adecuados. La falta de personal capacitado en herramientas estadísticas y metodologías Six Sigma también podría ser un desafío.

En resumen, estas limitaciones deben ser consideradas al momento de analizar los resultados de la investigación, ya que pueden influir en la capacidad para generalizar los hallazgos y en la aplicabilidad de las recomendaciones a otras empresas o procesos industriales.

# CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

## 2.1. Marco teórico

La aplicación de Six Sigma en la industria química, específicamente en el proceso de fabricación de pegamentos, es una estrategia de mejora continua que se centra en la reducción de la variabilidad de los procesos y la eliminación de defectos para aumentar la eficiencia y la productividad. A continuación, se presenta el marco teórico relevante para comprender la implementación de esta metodología en el contexto de la fabricación de pegamentos en la industria química.

### 2.1.1. Six Sigma: Concepto y Fundamentos

Six Sigma es una metodología de gestión de calidad que tiene como objetivo mejorar los procesos mediante la reducción de defectos y la variabilidad en la producción. Fue desarrollada por Motorola en la década de 1980 y se popularizó a nivel mundial en la década de 1990, especialmente en empresas como General Electric. La meta de Six Sigma es alcanzar un nivel de calidad en el que el número de defectos no supere los 3.4 por cada millón de oportunidades (DPMO - Defects per Million Opportunities).

La metodología se basa en el ciclo DMAIC:

- **Definir:** Identificar el problema y establecer los objetivos de mejora.
- **Medir:** Recopilar datos sobre el proceso actual y definir los indicadores clave de rendimiento (KPIs).
- **Analizar:** Examinar los datos para identificar las causas raíz de los problemas.

- **Mejorar:** Implementar soluciones y mejoras para reducir la variabilidad y los defectos.
- **Controlar:** Establecer controles para mantener las mejoras y garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

### 2.1.2. Aplicación de Six Sigma en la Industria Química

En la industria química, la implementación de Six Sigma es especialmente relevante debido a la alta complejidad de los procesos y la necesidad de mantener estándares rigurosos de calidad. En el caso de la fabricación de pegamentos, se enfrentan desafíos específicos como la homogeneidad del producto, la gestión de materias primas y la variabilidad en el proceso de producción.

### 2.1.3. Beneficios de la aplicación de Six Sigma en la industria química:

- Reducción de defectos: La mejora de la calidad del producto final reduce la tasa de rechazos y desperdicios.
- Eficiencia en el uso de recursos: La eliminación de variabilidad en los procesos permite un uso más eficiente de las materias primas, lo que reduce costos.
- Optimización del tiempo de producción: La mejora de la eficiencia en el proceso productivo reduce los tiempos de ciclo y mejora la productividad.
- Cumplimiento de normativas: La aplicación de Six Sigma ayuda a garantizar que los productos cumplan con las estrictas normativas de calidad y seguridad en la industria química.

### 2.1.4. Problemas Comunes en la Fabricación de Pegamentos

Los procesos de fabricación de pegamentos pueden enfrentar varios problemas que afectan tanto la calidad del producto como la eficiencia operativa. Algunos de estos problemas incluyen:

- Inconsistencia en la mezcla de componentes: Las variaciones en la mezcla de los ingredientes pueden generar pegamentos con propiedades inestables o no conformes a las especificaciones.
- Contaminación o impurezas: La presencia de contaminantes en las materias primas o en el ambiente de producción puede afectar la calidad del producto final.
- Desperdicio de materiales: Los defectos en el proceso o la variabilidad en las dosis de las materias primas pueden generar un alto desperdicio.
- Lentitud en el proceso: Los tiempos de producción más largos de lo esperado debido a ineficiencias en los procesos o al mal manejo de las operaciones.

### 2.1.5. Herramientas de Six Sigma en la Industria Química

Para llevar a cabo una implementación exitosa de Six Sigma, es necesario utilizar una serie de herramientas estadísticas y técnicas de calidad que permitan identificar y reducir la variabilidad de los procesos. Algunas de estas herramientas incluyen:

- Diagrama de Pareto: Para identificar las principales causas de defectos o problemas en el proceso.
- Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto): Para identificar las causas raíz de los problemas y ayudar en el análisis de las fuentes de variabilidad.

- Análisis de Capacidad del Proceso (Cp, Cpk): Para evaluar la capacidad de un proceso para producir productos dentro de las especificaciones.
- Control estadístico de procesos (SPC): Para monitorear y controlar los procesos en tiempo real, asegurando que los parámetros del proceso se mantengan dentro de límites aceptables.

### 2.1.6. Beneficios Esperados de la Implementación de Six Sigma en la Fabricación de Pegamentos

La implementación de Six Sigma en el proceso de fabricación de pegamentos tiene el potencial de generar una serie de beneficios tanto operativos como estratégicos:

- Mejora de la calidad: Reducción de defectos y mejoras en la consistencia del producto final, asegurando que los pegamentos sean más confiables y cumplan con las expectativas del cliente.
- Aumento de la productividad: La optimización de los procesos reduce los tiempos de inactividad y mejora la eficiencia operativa.
- Reducción de costos: Menos desperdicios de materiales y menor tasa de rechazos, lo que disminuye los costos operativos.
- Mejora en la satisfacción del cliente: Un producto de alta calidad que cumple consistentemente con las especificaciones contribuye a una mayor satisfacción y lealtad del cliente.

### 2.1.7. Caso de Estudio y Ejemplos Relevantes

Existen varios ejemplos de éxito de empresas químicas que han implementado Six Sigma para mejorar sus procesos de fabricación. Por ejemplo, en la industria farmacéutica, empresas como Pfizer y Bristol-Myers Squibb han utilizado Six Sigma para reducir defectos en la producción de medicamentos, lo que puede servir como referencia para la industria química de pegamentos.

## 2.2. Antecedentes del estudio

Son muchos los autores quienes han realizado investigaciones sobre la aplicación de esta metodología, al realizar una extensa búsqueda se encontraron artículos e investigaciones tanto nacionales como internacionales, que han actuado como punto de referencia para la formulación de los fundamentos teóricos y prácticos de este trabajo, estos estudios recopilados se resumirán brevemente a continuación:

### 2.2.1. Antecedentes internacionales

**2.2.1.1. Título del articulo***:* Implementación de Six Sigma en la Producción de Adhesivos: Caso de una Empresa Alemana*.*

**Revista:** Journal of Quality and Reliability Management.

**Indexada a**: Scopus

**Cuartil:** Q1

**Año:** 2018

**Apellidos de los Autores:** Schmidt, R., y Müller, T.

| Variable | Dimensión | Indicador | Instrumento | Técnica |
|---|---|---|---|---|
| **V. Independiente:** Implementación de Six Sigma | Ciclo DMAIC | Porcentaje de etapas implementadas | Lista de verificación | Análisis documental |
| | | Número de problemas resueltos | Informe técnico | Revisión técnica |
| | Herramientas estadísticas | Frecuencia de uso de herramientas estadísticas | Encuestas | Análisis descriptivo |
| | | Calidad de los análisis realizados | Reportes de análisis | Revisión de reportes |
| **V. Dependiente:** Productividad en la Fabricación de Pegamentos. | Eficiencia operativa | Tiempo promedio de producción | Cronogramas | Cronometría |
| | | Aprovechamiento de recursos | Registros de producción | Análisis cuantitativo |
| | Calidad del producto | Índice de defectos | Informes de control de calidad | Estadística descriptiva |
| | | Consistencia de propiedades adhesivas | Pruebas de laboratorio | Pruebas técnicas |
| | Reducción de desperdicios | Porcentaje de materiales no aprovechados | Reportes de inventario | Análisis de variabilidad |
| | | Costos asociados a reprocesos | Registros financieros | Análisis financiero |

**Objetivo del Trabajo:** Mejorar la calidad y la consistencia de los adhesivos producidos mediante la implementación de Six Sigma, reduciendo la variabilidad en los procesos de mezcla de componentes químicos.

**Cómo se Realizó la Investigación:** Se empleó el método DMAIC en una empresa de adhesivos, enfocándose en la reducción de defectos en lotes producidos durante seis meses. Se utilizaron herramientas estadísticas y software de control de calidad.

**Resultados Obtenidos:** Se redujo el índice de defectos en un 40% y se mejoró la eficiencia operativa en un 15%. Los costos asociados a reprocesos disminuyeron un 20%.

**Conclusiones del Trabajo:** Six Sigma es una metodología eficiente para optimizar la calidad y reducir defectos en procesos químicos complejos.

**Análisis del Antecedente:** Este antecedente es relevante porque aborda la producción de adhesivos, lo que guarda similitudes con el tema de la tesis. Además, destaca la importancia de reducir variabilidad, un desafío común en el contexto químico.

**2.2.1.2. Título del articulo***:* Uso de Six Sigma para Mejorar Procesos en la Industria de Adhesivos en Japón.

**Revista:** International Journal of Advanced Manufacturing Technology.

**Indexada a:** Scopus.

**Cuartil:** *Q2.*

**Año:** *2020*

**Apellidos de los Autores:** *Tanaka, Y., y Saito, H.*

**Objetivo del Trabajo:** Optimizar la producción de adhesivos industriales mediante la aplicación de Six Sigma, con énfasis en la reducción de desperdicios y defectos.

**Cómo se Realizó la Investigación:** Se aplicó Six Sigma utilizando herramientas como diagramas de Ishikawa y análisis de capacidad de proceso (Cp y Cpk). El estudio se llevó a cabo en una planta de adhesivos en Japón con 200 lotes analizados durante nueve meses.

**Resultados Obtenidos:** Reducción de defectos en un 35% y disminución de desperdicios en un 25%. La empresa experimentó un aumento en la productividad del 10%.

**Conclusiones del Trabajo:** La implementación de Six Sigma permitió identificar y eliminar cuellos de botella en el proceso de producción, logrando mejoras sostenibles en la calidad y eficiencia.

**Análisis del Antecedente:** Este antecedente es relevante porque proporciona evidencia concreta sobre cómo Six Sigma puede aplicarse en la industria de adhesivos en un contexto internacional, lo que permite extrapolar sus beneficios.

### 2.2.2. Antecedentes nacionales

**2.2.2.1. Título del articulo***:* Mejora de la Calidad en la Industria Química mediante Six Sigma: Caso de una Empresa Peruana.

**Revista:** Revista Peruana de Ingeniería y Gestión.

**Indexada a:** Latindex.

**Cuartil:** C3.

**Año:** 2018

**Apellidos de los Autores:** Gómez, P., Ruiz, L., y Martínez, A.

**Objetivo del Trabajo:** El objetivo fue implementar Six Sigma en una empresa química peruana dedicada a la producción de materiales de construcción, para reducir defectos en su línea de adhesivos industriales.

**Cómo se Realizó la Investigación:** Se aplicó la metodología DMAIC en una planta de adhesivos, recopilando datos de defectos durante tres meses y aplicando análisis estadístico con herramientas como diagramas de Pareto y control de procesos. La muestra incluyó 200 lotes de adhesivos producidos.

**Resultados Obtenidos:** Se logró reducir los defectos de producción en un 35%, mejorando la consistencia de los adhesivos y aumentando la productividad en un 20%.

**Conclusiones del Trabajo:** La implementación de Six Sigma es viable en empresas nacionales y mejora significativamente la calidad de los procesos productivos.

**Análisis del Antecedente:** Este antecedente es relevante porque demuestra la aplicabilidad de Six Sigma en el sector químico peruano, alineándose con los objetivos de la tesis. Los resultados obtenidos ofrecen un marco comparativo útil.

**2.2.2.2. Título del articulo***:* Optimización de Procesos Industriales en el Perú a través de Six Sigma.

**Revista:** Ingeniería e Innovación.

**Indexada a:** Scielo.

**Cuartil:** Q2

**Año:** 2021

**Apellidos de los Autores:** Velásquez, C., y Mendoza, F.

**Objetivo del Trabajo:** Analizar la implementación de Six Sigma en una empresa de productos químicos para reducir costos operativos y mejorar la eficiencia productiva.

**Cómo se Realizó la Investigación:** El estudio usó el método Six Sigma DMAIC, con un enfoque en la reducción de desperdicios en la línea de adhesivos para madera. La recolección de datos se realizó durante un año, y se utilizó una muestra de 150 lotes producidos.

**Resultados Obtenidos:** Reducción de desperdicios en un 30% y aumento de la productividad en un 18%, con un impacto positivo en los costos operativos.

**Conclusiones del Trabajo:** Six Sigma demostró ser una herramienta eficaz para mejorar la calidad y reducir costos en la industria química nacional.

**Análisis del Antecedente:** El antecedente aporta evidencia sobre los beneficios de Six Sigma en la industria química peruana, lo que refuerza la viabilidad de su aplicación en la fabricación de pegamentos.

Estos antecedentes nacionales demuestran que la metodología Six Sigma puede implementarse con éxito en el contexto peruano para optimizar procesos productivos en la industria química. Además, los resultados obtenidos en estas investigaciones refuerzan la propuesta de la tesis, ofreciendo un marco comparativo y adaptado a la realidad local.

## 2.3. Bases teóricas

Estas bases teóricas proporcionan el marco conceptual necesario para aplicar Six Sigma en la fabricación de pegamentos. Permiten entender las causas de la

variabilidad, identificar áreas de mejora y proponer soluciones prácticas para aumentar la productividad y reducir defectos, alineándose con los objetivos de la investigación.

### 2.3.1. Six Sigma

Six Sigma es una metodología de mejora continua centrada en la reducción de la variabilidad de los procesos y la eliminación de defectos. Fue desarrollada por Motorola en 1986 y se ha implementado ampliamente en diversas industrias para optimizar la calidad y la eficiencia. La metodología se basa en el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) y utiliza herramientas estadísticas para identificar y solucionar problemas en los procesos.

- Definir: Establecer los objetivos del proyecto y los requisitos del cliente.
- Medir: Identificar los indicadores clave de desempeño (KPI) y recopilar datos relevantes.
- Analizar: Determinar las causas raíz de los problemas.
- Mejorar: Implementar soluciones para resolver los problemas identificados.
- Controlar: Asegurar que las mejoras sean sostenibles mediante controles continuos.

**Aplicación en la industria química**: Six Sigma es especialmente útil en la industria química debido a la alta variabilidad inherente a los procesos de producción, como la mezcla y reacción de componentes.

### 2.3.2. Proceso de Fabricación de Pegamentos

El proceso de fabricación de pegamentos involucra varias etapas críticas:

- Preparación de Materias Primas: Selección y dosificación de ingredientes químicos.
- Mezcla y Reacción: Fase donde se combinan los materiales para formar el producto adhesivo.
- Control de Calidad: Verificación de propiedades como viscosidad, adherencia y tiempo de secado.
- Envasado y Distribución: Preparación del producto para su entrega al mercado.

Las principales fuentes de variabilidad en este proceso incluyen:

- Desviaciones en la dosificación de ingredientes.
- Variaciones en las condiciones de temperatura y presión.
- Contaminación cruzada en los equipos de mezcla.

### 2.3.3. Productividad en la Industria Química

La productividad en la industria química se define como la relación entre los insumos (materias primas, tiempo y mano de obra) y los productos terminados. Mejorar la productividad implica:

- Reducir desperdicios en la producción.
- Aumentar la eficiencia de los recursos.
- Garantizar la calidad consistente del producto final.

Indicadores clave de productividad:

- Rendimiento del proceso (Yield): Proporción de productos que cumplen con las especificaciones.

- Eficiencia operativa: Tiempo de operación versus tiempo total disponible.
- Índice de defectos: Número de productos defectuosos por cada lote producido.

### 2.3.4. Herramientas de Six Sigma

Six Sigma emplea herramientas estadísticas y de gestión que son fundamentales para su implementación:

- Diagramas de Pareto: Identifican las principales causas de los problemas.
- Análisis de Capacidad de Proceso (Cp y Cpk): Mide la capacidad del proceso para producir dentro de los límites establecidos.
- Diagrama de Ishikawa: Ayuda a identificar causas raíz de problemas.
- Control Estadístico de Procesos (SPC): Monitorea y controla la variabilidad del proceso.

### 2.3.5. Fundamentos de la Mejora Continua

La mejora continua es un principio clave en Six Sigma. Se basa en la filosofía de que cualquier proceso, por eficiente que sea, siempre tiene espacio para mejorar. En este contexto, Six Sigma se complementa con otras metodologías como Lean Manufacturing, que busca eliminar desperdicios y optimizar flujos de trabajo.

## 2.4. Definición de términos

Estas definiciones son fundamentales para comprender los conceptos clave abordados en la investigación, facilitando su aplicación y contextualización en el proceso de mejora del sistema de fabricación de pegamentos.

**2.4.1. Six Sigma:** Metodología de mejora continua centrada en la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos en los procesos. Utiliza herramientas estadísticas y el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para garantizar productos y servicios de alta calidad.

**2.4.2. Variabilidad:** Fluctuaciones o inconsistencias en los procesos de producción que afectan la calidad del producto final. En el contexto de la tesis, la variabilidad se refiere a diferencias en la composición, consistencia y propiedades de los pegamentos fabricados.

**2.4.3. Productividad:** Relación entre los insumos utilizados (materias primas, tiempo, energía) y los resultados obtenidos (productos terminados). Una alta productividad implica maximizar la eficiencia y minimizar los desperdicios en el proceso de fabricación.

**2.4.4. Pegamentos:** Sustancias adhesivas utilizadas para unir diferentes materiales. En el proceso industrial, los pegamentos se fabrican mediante la combinación de ingredientes químicos específicos, que determinan sus propiedades adhesivas, viscosidad y tiempo de secado.

**2.4.5. Industria Química:** Sector industrial dedicado a la transformación de materias primas químicas en productos terminados o semielaborados. En esta investigación, se refiere a empresas que producen adhesivos para diversas aplicaciones industriales.

**2.4.6. Control de Calidad:** Conjunto de procedimientos utilizados para garantizar que un producto cumpla con las especificaciones técnicas y las expectativas del cliente. Incluye pruebas de propiedades físicas y químicas, como viscosidad y adhesión en el caso de los pegamentos.

**2.4.7. Desperdicio:** Material o recurso que se pierde durante el proceso de producción debido a defectos, errores o ineficiencia. En esta investigación, el desperdicio se refiere a componentes químicos no utilizados o productos defectuosos.

**2.4.8. Indicadores de Desempeño (KPI):** Medidas clave utilizadas para evaluar la eficiencia y efectividad de un proceso. En la tesis, se enfocan en métricas como índice de defectos, tiempo de producción y rendimiento del proceso.

**2.4.9. Análisis de Capacidad de Proceso (Cp y Cpk):** Herramientas estadísticas que evalúan la capacidad de un proceso para producir resultados dentro de los límites especificados. Un Cp alto indica que el proceso es eficiente y consistente**.**

# CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

## 3.1. Hipótesis

### 3.1.1. Hipótesis principal

- La aplicación de Six Sigma mejora la productividad en el proceso de fabricación de pegamentos en una empresa de industrias químicas.

### 3.1.2. Hipótesis secundarias

- La identificación y monitoreo de indicadores clave permiten evaluar y garantizar la efectividad de Six Sigma en la mejora del proceso.
- Las mejoras implementadas en cada etapa del ciclo DMAIC optimizan la productividad del proceso de fabricación de pegamentos.

## 3.2. Variables

### 3.2.1. Variable Dependiente:

Productividad en la Fabricación de Pegamentos.

**Definición:** Resultado medido en términos de eficiencia operativa, calidad del producto y reducción de desperdicios en el proceso de fabricación.

**Indicadores:**

- Porcentaje de defectos reducidos.
- Incremento en el rendimiento del proceso (% de lotes conformes).
- Disminución en los costos de producción asociados a desperdicios.

### 3.2.2. Variable Independiente:

Implementación de Six Sigma

**Definición:** Aplicación de la metodología Six Sigma para optimizar el proceso de fabricación de pegamentos, enfocándose en la reducción de variabilidad, defectos y desperdicios.

**Indicadores:**

- Número de problemas identificados y resueltos.
- Uso de herramientas estadísticas en el análisis de procesos.
- Grado de implementación de las fases DMAIC.

## 3.3. Operacionalización de las variables

***Figura 1.*** Indicadores de implementación de Six Sigma.

| Variable | Dimensión | Indicador | Instrumento | Técnica |
|---|---|---|---|---|
| **V. Independiente:** Implementación de Six Sigma | Ciclo DMAIC | Porcentaje de etapas implementadas | Lista de verificación | Análisis documental |
| | | Número de problemas resueltos | Informe técnico | Revisión técnica |
| | Herramientas estadísticas | Frecuencia de uso de herramientas estadísticas | Encuestas | Análisis descriptivo |
| | | Calidad de los análisis realizados | Reportes de análisis | Revisión de reportes |
| **V. Dependiente:** Productividad en la Fabricación de Pegamentos. | Eficiencia operativa | Tiempo promedio de producción | Cronogramas | Cronometría |
| | | Aprovechamiento de recursos | Registros de producción | Análisis cuantitativo |
| | Calidad del producto | Índice de defectos | Informes de control de calidad | Estadística descriptiva |
| | | Consistencia de propiedades adhesivas | Pruebas de laboratorio | Pruebas técnicas |
| | Reducción de desperdicios | Porcentaje de materiales no aprovechados | Reportes de inventario | Análisis de variabilidad |
| | | Costos asociados a reprocesos | Registros financieros | Análisis financiero |

**Fuente:** Elaboración propia

# CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

## 4.1. Área de estudio

La presente tesis corresponde al campo de investigación de la mejora de procesos productivos. Esta tesis pertenece a la línea de investigación Calidad, mejora y optimización de la producción. Calidad e inocuidad de los alimentos (ODS 12: PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES)

## 4.2. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es de carácter descriptivo, experimental aplicada.

## 4.3. Población y muestra

### 4.3.1. Población:

Todos los lotes de pegamento producidos en la empresa INDUSTRIAS QUIMICAS ARIES SRL durante el año 2024.

### .4.3.2. Muestra:

Todos los lotes de pegamento producidos en la empresa INDUSTRIAS QUIMICAS ARIES SRL durante el año 2024.

## 4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleó la metodología de observación para recopilar datos, posibilitando la obtención de información concreta sobre la fabricación de pegamentos. Los recursos utilizados incluyeron informes relacionados con la producción, la productividad, la eficiencia, la eficacia y los tiempos de elaboración de cada lote de adhesivo.

Los indicadores fueron procesados estadísticamente y representados mediante tablas y gráficos las herramientas usadas fueron:

- Herramientas de la metodología DMAIC: Diagrama del proyecto, Gráfico de Pareto, Diagrama de Ishikawa, Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMEF), Mapa de Procesos, entre otros.

- Microsoft Excel
- Minitab

### 4.4.1. Descripción de la empresa

La empresa en estudio es una pyme en el rubro de industrias químicas especializada en la fabricación de pegamentos, dedicada a brindar soluciones de unión entre dos materiales. Actualmente solo cuenta con una línea de producción donde se elaboran pegamentos para diferentes rubros (artes gráficas, carpintería, laminado de telas, entre otros).

**Misión**

Buscar constantemente la satisfacción del cliente brindando la mejor calidad de nuestros productos, por ello trabajamos con los mejores insumos para la fabricación de toda nuestra línea de pegamentos.

**Visión**

Ser una de las empresas líderes en la fabricación de todo tipo de pegamentos; y así brindar siempre productos de calidad a nuestros clientes.

**Sector y actividad económica**

De acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU – Revisión 4), a la empresa en estudio le corresponde la codificación del tipo 2029 (Fabricación de otros productos químicos n.c.p.).

**Productos**

La empresa clasifica sus productos en base a los materiales que se desean unir, se hará una breve descripción de los pegamentos que fabrica

- Pegamentos para encuadernación
- Pegamentos para la industria textil
- Pegamentos para la industria de artes graficas

- Pegamentos para carpintería

**Proceso productivo**

La empresa en estudio elabora diferentes productos, todos los productos se realizan con las mismas operaciones, la diferencia está en las materias primas que se utilizan ya que estas otorgan características especiales a cada pegamento elaborado.

1. **Pesado de las materias primas**

   Esta operación consiste en pesar los insumos de la fórmula del producto, según la cantidad establecida para su fabricación.

2. **Proceso de mezclado**

   Este proceso consiste en el mezclado las materias primas principales.

3. **Proceso de regulación de viscosidad**

   Este proceso consiste en regular la viscosidad del producto según los requerimientos del cliente, este proceso consiste en agregarle una sustancia espesante

4. **Proceso de completado**

   Este proceso consiste en añadir a la mezcla ya homogénea los demás insumos secundarios que requiere

5. **Proceso de filtrado**

   Esta operación que consiste en retener toda partícula extraña al producto que se quiere envasar.

6. **Control de calidad**

   Esta operación consiste en revisar una pequeña muestra del pegamento para realizar diferentes pruebas para verificar que los resultados estén dentro de los parámetros requeridos para asegurarnos que el producto cumple con los estándares de calidad.

7. **Envasado**

   Esta operación consiste en verter el pegamento en los envases correspondientes según lo solicitado por el cliente.

8. **Etiquetado**

   Esta operación consiste en realizar el pegado de las etiquetas en los envases correspondientes indicando fecha de fabricación, fecha de caducidad, número de lote, características e información sobre el producto final.

9. **Embalado**

   Esta operación consiste en colocar los envases en cajas o protegerlos directamente con film de plástico dependiendo del tipo de envase.

**Proveedores de la empresa**

Son las empresas que proveen los insumos y/o materiales a la empresa en estudio

- Anders Peru S.A.C.
- Industrias Suarez S.A.
- Empresa Marco S.A.C
- Omega Perú S.A.
- Plásticos Nacionales S.A.

**Clientes de la empresa**

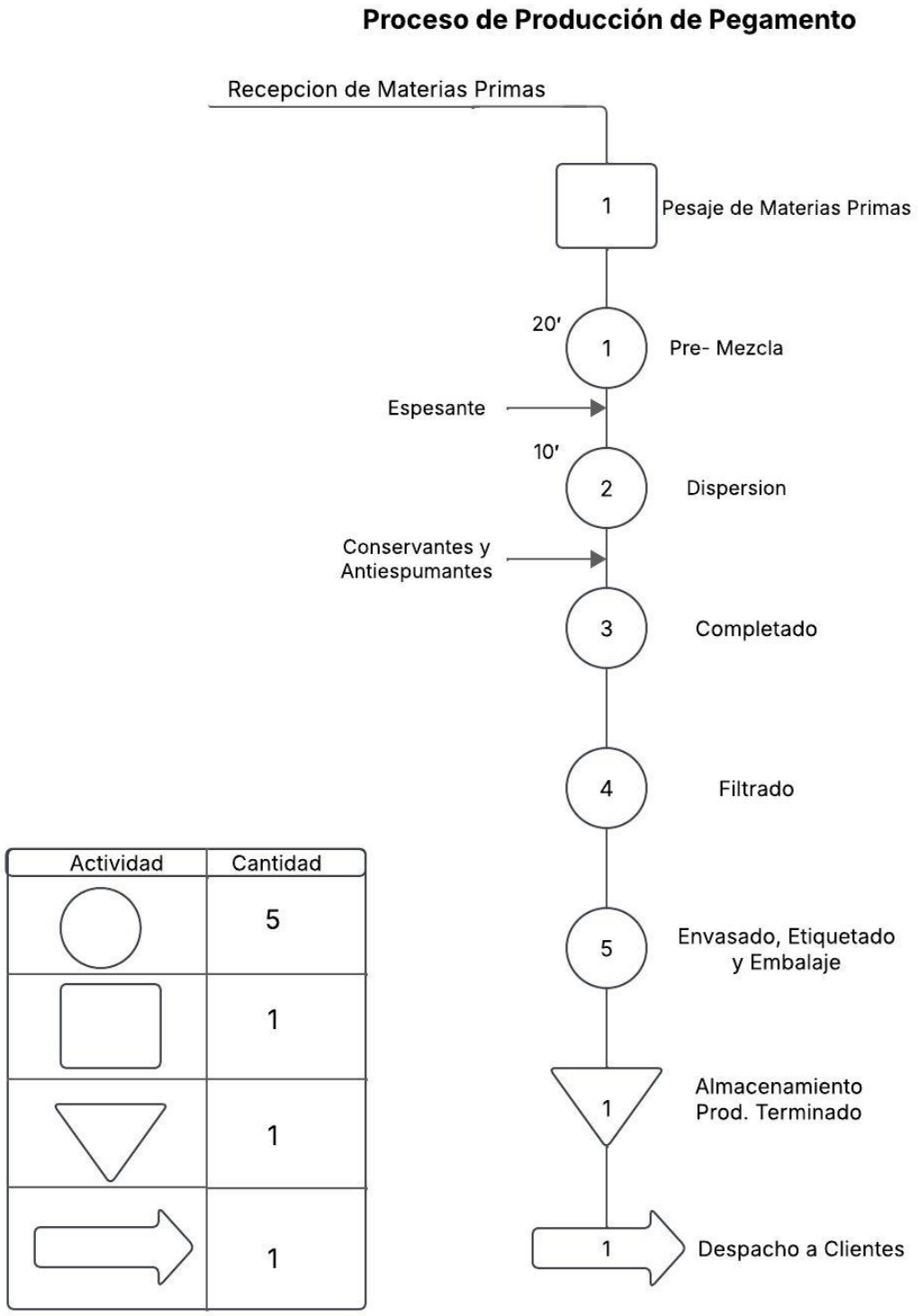
Son las empresas que adquieren los productos de la empresa en estudio, estas se agrupan por sectores, en el siguiente cuadro se enumeran los principales clientes por sector.

***Tabla 2.*** Principales clientes por sector

| Sector | Clientes principales |
|---|---|
| Textil | Lamitex |
| Encuadernación | Graficom E.I.R.L. |
| melaninas | Representaciones Celestina E.I.R.L. |
| | |

Fuente: Elaboración propia

***Figura 2.*** Diagrama de operaciones




**Fuente:** Elaboración propia.

**Situación de la empresa antes de la implementación**

La presente investigación se va realizar en el área de producción de pegamentos donde se ha presentado un alto número de productos fuera de especificación (PFE), lo que ha conllevado a realizar reprocesos y que han generado aumento en sus costos y tiempos improductivos.

Es por estos motivos que la empresa requiere utilizar técnicas de mejora que ayuden a solucionar estos problemas con el objetivo de minimizar esta variabilidad en el proceso y evitar que más productos disconformes lleguen al cliente final.

La empresa presentaba problemas que afectaban seriamente su productividad, algunas de ellas son: poco espacio en el área de trabajo, falta de capacitación, falta de uso de metodologías, falta de coordinación, errores en los procesos.

### 4.4.2. Implementación de la metodología Six Sigma

La presente tesis hizo su desarrollo mediante la aplicación de la metodología DMAIC, la cual se enfoca en la implementación de proyectos de mejora con el fin de reducir la variabilidad dentro de los procesos en una organización. En el caso de esta investigación, el objetivo es reducir el índice de productos fuera de especificación para mejorar la productividad en el proceso de fabricación de pegamentos. A continuación, se mencionarán cada una de las etapas y la información que se obtuvo al desarrollar esta metodología.

#### 4.4.2.1. Desarrollo de la fase DEFINIR

***Figura 3.*** Fases del ciclo DMAIC en la metodología Six Sigma




**Fuente**: Elaboración propia.

En esta primera fase se identifica el problema a resolver, así como también el equipo de trabajo que colaborarían durante la aplicación de la metodología DMAIC.

**Objetivo:** Mejorar la calidad del pegamento reduciendo defectos como baja adhesión, inconsistencias en la viscosidad o burbujas en el producto final.

**Identificación de problemas:** Quejas de clientes, fallos en control de calidad, variabilidad en el tiempo de secado.

**Definición de indicadores clave (KPIs):**

- ✓ Viscosidad dentro de especificaciones.
- ✓ Tiempo de secado estándar.
- ✓ Cumplimiento de resistencia adhesiva.

- ✓ Reducción de lotes rechazados

**Marco del proyecto**

En el siguiente cuadro se muestra el marco del proyecto Six Sigma en el que se resume de que trata el proyecto, objetivos, alcance, duración del proyecto, entre otros.

***Tabla 3.*** Marco del proyecto Six Sigma

| **MARCO DEL PROYECTO SIX SIGMA** | |
|---|---|
| Nombre del proyecto | Mejoramiento de la productividad en el proceso de fabricación de pegamentos en una empresa de industrias químicas |
| Objetivo del proyecto | Aumentar el nivel Six Sigma del proceso para disminuir la variabilidad y mejorar la productividad |
| Alcance del proyecto | El proyecto involucra todos los lotes de pegamentos producidos en la planta de la empresa en estudio |
| Miembros del equipo | Bach. Alejandro Marin |
| Duración del proyecto | 01/01/2024 – 31/12/2024 |

**Fuente**: Elaboración propia

**Análisis de la voz del cliente a críticos para la calidad**

Para definir la voz del cliente, el equipo tendrá como objetivo determinar lo que el cliente desea y necesita, para esto se tomará como referencia la base de datos interna. El siguiente proceso de análisis va definir la voz del cliente (VOC) en los requerimientos críticos del cliente (CCR) y como se determina en los críticos para la calidad (CTQ) del producto o proceso.

***Figura 4.*** Identificación de Factores Clave para la Calidad




**Fuente:** Elaboración propia

**Diagrama SIPOC**

Como ya habíamos mencionado anteriormente, el diagrama SIPOC tiene como objetivo analizar el proceso y su entorno, es una representación que nos da un mayor entendimiento de los procesos que se desarrollan en la empresa, el significado de sus siglas corresponde a:

- **Suppliers:** En esta parte se encuentran los proveedores que proporcionan las entradas, es decir los insumos que se necesitara para realizar el proceso.
- **Inputs:** Aquí se encuentran los insumos (materias primas, materiales, maquinarias, información entre otros) que son necesarios para el proceso productivo.
- **Process:** En esta parte se especifican las actividades o pasos para el proceso de fabricación de pegamentos.
- **Outputs:** Aquí se encuentran los insumos ya transformados en productos finales, disponibles para el uso del cliente.
- **Clients:** Aquí se especifican los clientes que se benefician con la salida de los procesos.

***Figura 5.*** Diagrama SIPOC del proceso de producción de pegamentos

| DIAGRAMA SIPOC | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **PROVEEDORES (S)** | **ENTRADAS (I)** | **PROCESOS (P)** | **SALIDAS (O)** | **CLIENTES (C)** |
| - Proveedor de insumos químicos<br>-Proveedores de envases<br>-Proveedor de equipos de medición<br>-Servicio de mantenimiento | - Orden de fabricación - Maquina mezcladora<br>- Insumos químicos<br>- Envases | - Pesado de la materia prima<br>- Mezclado<br>- Regulación de viscosidad<br>- Completado<br>- Filtrado<br>- Control de calidad<br>- Envasado<br>- Etiquetado<br>- Embalado | - Pegamentos envasados para diferentes rubros | - Intermediarios - Clientes finales |

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.4.2.2. Desarrollo de la fase MEDIR

***Figura 6.*** Identificación de Variabilidad en la Fase MEDIR




**Fuente:** Elaboración propia

En esta segunda fase vamos a recopilar datos del proceso actual e identificar fuentes de variabilidad y defectos.

**Recopilación de datos:** Se mide la cantidad de productos con defectos

**Defectos comunes:** Formación de grumos, separación de fases, inconsistencia en adhesión.

***Figura 7.*** Cuadro de producción mensual del primer semestre del año 2024

| Indicador/Mes | ENERO 2024 | FEBRERO 2024 | MARZO 2024 | ABRIL 2024 | MAYO 2024 | JUNIO 2024 | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Productos Fabricados | 1003 | 975 | 1005 | 983 | 995 | 990 | 5951 |
| Productos Defectuosos | 135 | 128 | 136 | 141 | 133 | 139 | 812 |
| Producción Real | 868 | 827 | 869 | 842 | 862 | 851 | 5119 |
| Nro. de horas-hombre | 204 | 191 | 201 | 200 | 199 | 203 | |
| Productividad | 4.25 | 4.33 | 4.32 | 4.21 | 4.33 | 4.19 | |

$$\text{Productividad Semestral} = 4.27 \frac{unds}{hh}$$

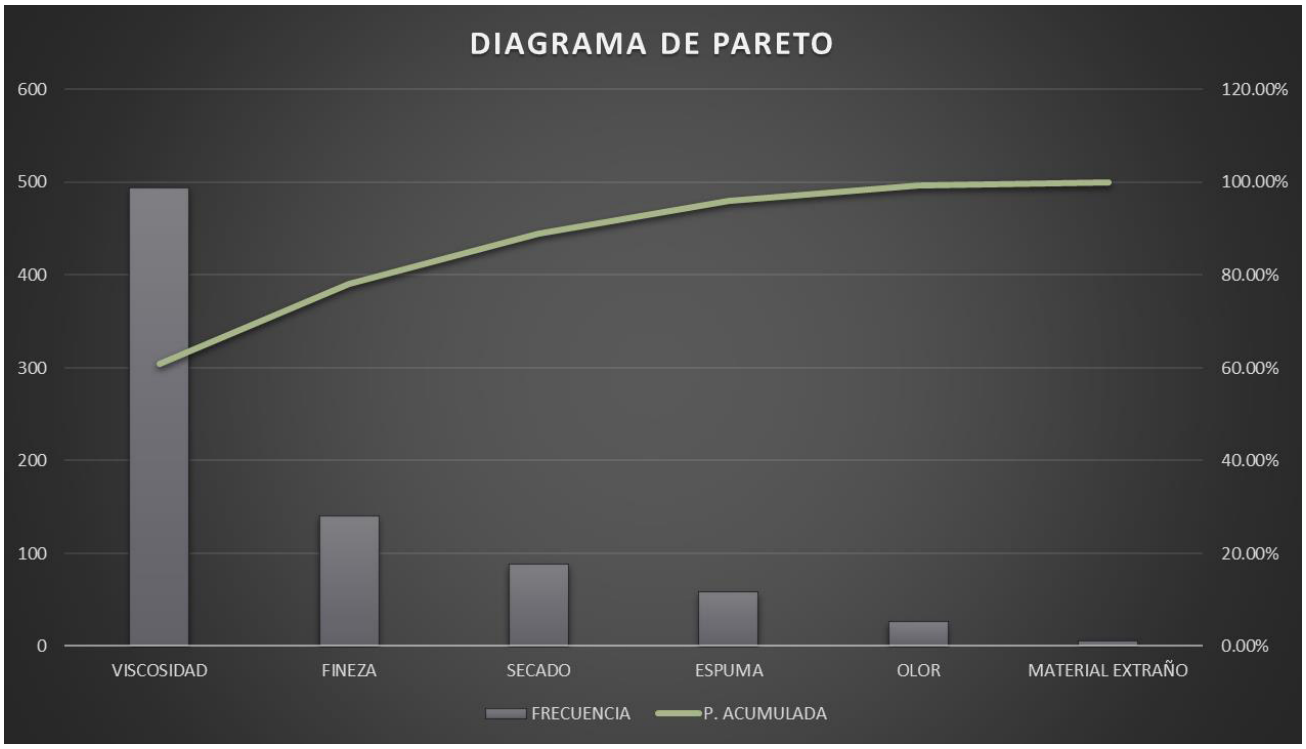
**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 8.*** Cuadro de defectos en la producción mensual

| Defecto/Mes | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Total por defecto | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Viscosidad | 77 | 81 | 80 | 83 | 88 | 85 | 494 | 60.84 |
| Finesa | 25 | 23 | 20 | 21 | 26 | 25 | 140 | 17.24 |
| Secado | 18 | 14 | 17 | 14 | 12 | 13 | 88 | 10.84 |
| Espuma | 9 | 7 | 11 | 12 | 9 | 10 | 58 | 7.14 |
| Olor | 5 | 2 | 7 | 3 | 4 | 5 | 26 | 3.20 |
| Material extraño | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 6 | 0.74 |
| Total por mes | 135 | 128 | 136 | 133 | 141 | 139 | 812 | 100 |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 9.*** Diagrama de Pareto para identificar el defecto más común




**Fuente:** Elaboración propia

Aplicación de la metodología

Defectos por millón de oportunidades:

$$DPMO = (\frac{N° \ de \ defectos \ x \ 1{,}000{,}000}{N° \ de \ unidades \ x \ N° \ de \ oportunidades \ por \ unidad})$$

DPMO = 22741
RENDIMIENTO: 97.73%
NIVEL SIX SIGMA= 3.5

| Sigma | DPMO | YIELD |
|---|---|---|
| 6 | 3.4 | 99.99966% |
| 5.9 | 5.4 | 99.99946% |
| 5.8 | 8.5 | 99.99915% |
| 5.7 | 13 | 99.99866% |
| 5.6 | 21 | 99.9979% |
| 5.5 | 32 | 99.9968% |
| 5.4 | 48 | 99.9952% |
| 5.3 | 72 | 99.9928% |
| 5.2 | 108 | 99.9892% |
| 5.1 | 159 | 99.984% |
| 5 | 233 | 99.977% |
| 4.9 | 337 | 99.966% |
| 4.8 | 483 | 99.952% |
| 4.7 | 687 | 99.931% |
| 4.6 | 968 | 99.90% |
| 4.5 | 1,350 | 99.87% |
| 4.4 | 1,866 | 99.81% |
| 4.3 | 2,555 | 99.74% |
| 4.2 | 3,467 | 99.65% |
| 4.1 | 4,661 | 99.53% |
| 4 | 6,210 | 99.38% |
| 3.9 | 8,198 | 99.18% |
| 3.8 | 10,724 | 98.9% |
| 3.7 | 13,903 | 98.6% |
| 3.6 | 17,864 | 98.2% |
| 3.5 | 22,750 | 97.7% |
| 3.4 | 28,716 | 97.1% |
| 3.3 | 35,930 | 96.4% |
| 3.2 | 44,565 | 95.5% |
| 3.1 | 54,799 | 94.5% |
| 3 | 66,807 | 93.3% |

#### 4.4.2.3. Desarrollo de la fase ANALIZAR

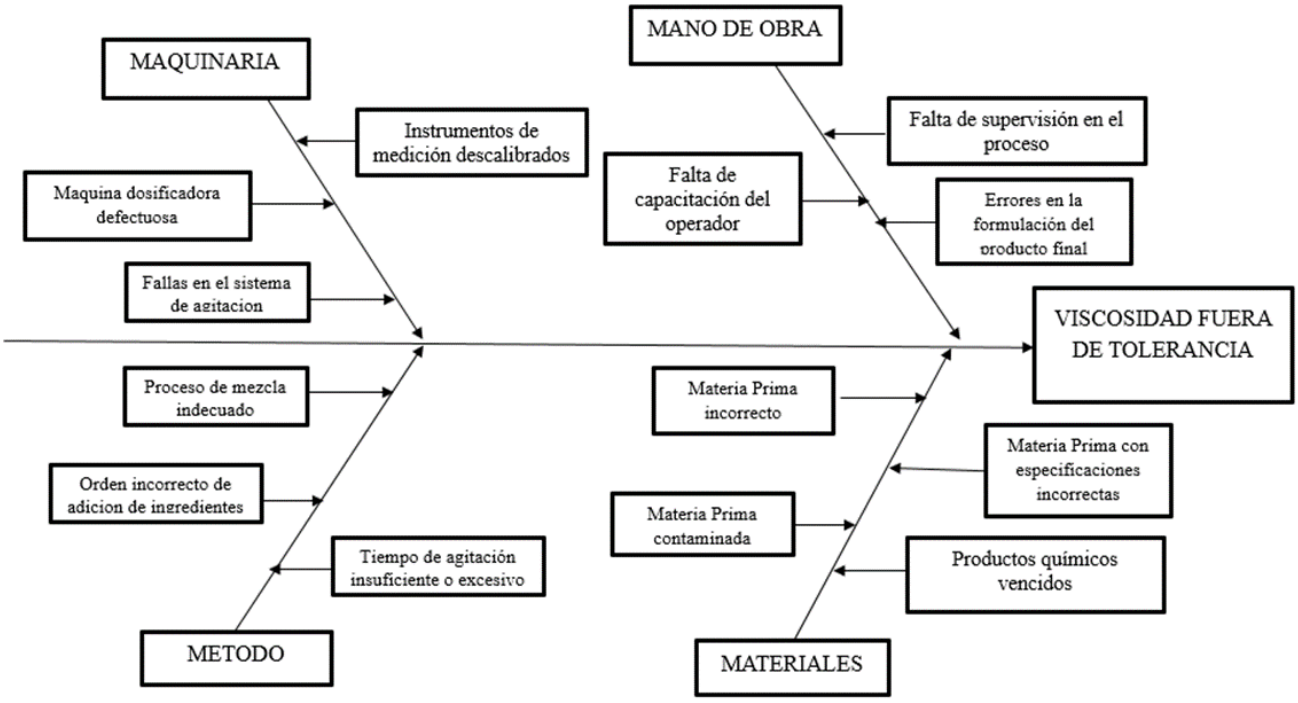
***Figura 10.*** Evaluación de Causas en la Fase ANALIZAR




**Fuente:** Elaboración propia

En esta etapa se va analizar el problema identificado en la etapa anterior para poder determinar las causas raíces.

***Figura 11.*** Diagrama de Ishikawa




**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.4.2.4. Desarrollo de la fase MEJORAR

En esta fase se implementa soluciones para reducir defectos y mejorar el rendimiento, se validar mejoras con pruebas piloto y se utiliza herramientas

como DOE (Diseño de Experimentos), Pruebas Piloto, Análisis de Modos de Falla.

***Figura 12.*** Optimización de procesos en la fase MEJORAR




**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 13.*** Cuadro AMEF

| Efecto Potencial | Causa Potencial | Severidad (S) | Ocurrencia (O) | Detección (D) | NPR (SxOxD) |
|---|---|---|---|---|---|
| Producto fuera de especificaciones | Falta de mantenimiento preventivo | 9 | 8 | 5 | 360 |
| Dosificación incorrecta del producto | Desgaste mecánico, falta de mantenimiento | 9 | 4 | 5 | 180 |
| Mezcla inadecuada del producto | Desgaste del sistema de agitación, falta de monitoreo | 9 | 4 | 5 | 180 |
| Errores en la producción | Falta de personal de supervisión | 7 | 5 | 6 | 210 |
| Errores en la formulación | Falta de programas de formación | 8 | 6 | 6 | 288 |
| Producto fuera de especificaciones | Falta de estandarización en la preparación | 9 | 5 | 6 | 270 |
| Producto fuera de especificaciones | Falta de control en compras y recepción | 9 | 5 | 5 | 225 |
| Impacto en la calidad del adhesivo | Proveedor no confiable, falta de validación | 8 | 6 | 5 | 240 |
| Contaminación del producto final | Almacenamiento inadecuado | 9 | 4 | 5 | 180 |
| Pérdida de propiedades del adhesivo | Falta de control de inventario | 8 | 5 | 6 | 240 |
| Variación en la viscosidad del producto | Falta de estandarización del proceso | 8 | 6 | 5 | 240 |
| Problemas en la reacción de componentes | Falta de procedimientos estandarizados | 9 | 5 | 5 | 225 |
| Homogeneidad del adhesivo afectada | Falta de control de parámetros | 9 | 5 | 6 | 270 |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 14.*** Plan de Mejora

| PLAN DE MEJORA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Categoría** | **Causa Potencial** | **NPR (SxOxD)** | **Solucion** | **Responsable** | **Plazo** |
| Maquinaria | Falta de mantenimiento preventivo | 360 | Implementar programa de calibración regular | Mantenimiento | 1 mes |
| Mano de obra | Falta de programas de formación | 288 | Implementar capacitaciones regulares | Recursos Humanos | 1 mes |
| Mano de obra | Falta de estandarización en la preparación | 270 | Estandarizar procedimientos y reforzar capacitación | Produccion | 2 meses |
| Metodo | Falta de control de parámetros | 270 | Implementar control y monitoreo del proceso | Produccion | 1 mes |
| Materiales | Proveedor no confiable, falta de validación | 240 | Auditar proveedores y establecer especificaciones claras | Compras | 1mes |
| Materiales | Falta de control de inventario | 240 | Implementar sistema FIFO en inventario | Almacen | 1 mes |
| Metodo | Falta de estandarización del proceso | 240 | Desarrollar y documentar mejores prácticas | Produccion | 1 mes |
| Materiales | Falta de control en compras y recepción | 225 | Implementar verificación rigurosa de insumos | Compras | 1 mes |
| Metodo | Falta de procedimientos estandarizados | 225 | Crear y capacitar en procedimientos claros | Produccion | 1 mes |
| Mano de obra | Falta de personal de supervisión | 210 | Capacitar y asignar supervisores | Recursos Humanos | 1 mes |
| Maquinaria | Desgaste mecánico, falta de mantenimiento | 180 | Revisión periódica y mantenimiento preventivo | Mantenimiento | 1 mes |
| Maquinaria | Desgaste del sistema de agitación, falta de monitoreo | 180 | Inspecciones frecuentes y mantenimiento predictivo | Produccion | 2 meses |
| Materiales | Almacenamiento inadecuado | 180 | Mejorar condiciones de almacenamiento y controles | Almacen | 1 mes |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 15***

| Indicador/Mes | JULIO 2024 | AGOSTO 2024 | SEPTIEMBRE 2024 | OCTUBRE 2024 | NOVIEMBRE 2024 | DICIEMBRE 2024 | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Productos Fabricados | 991 | 1002 | 995 | 999 | 997 | 994 | 5978 |
| Productos Defectuosos | 45 | 48 | 42 | 51 | 41 | 44 | 216 |
| Producción Real | 946 | 954 | 953 | 948 | 956 | 950 | 5707 |
| Nro. de horas-hombre | 191 | 196 | 194 | 201 | 199 | 192 | |
| Productividad | 4.95 | 4.87 | 4.91 | 4.72 | 4.80 | 4.95 | |

Cuadro de producción una vez implementado las mejoras en el segundo semestre del año 2024

**Fuente:** Elaboración propia

$$\text{Productividad Semestral} = 4.87\ unds/hh$$

Aplicación de la metodología

| Sigma | DPMO | YIELD |
|---|---|---|
| 6 | 3.4 | 99.99966% |
| 5.9 | 5.4 | 99.99946% |
| 5.8 | 8.5 | 99.99915% |
| 5.7 | 13 | 99.99866% |
| 5.6 | 21 | 99.9979% |
| 5.5 | 32 | 99.9968% |
| 5.4 | 48 | 99.9952% |
| 5.3 | 72 | 99.9928% |
| 5.2 | 108 | 99.9892% |
| 5.1 | 159 | 99.984% |
| 5 | 233 | 99.977% |
| 4.9 | 337 | 99.966% |
| 4.8 | 483 | 99.952% |
| 4.7 | 687 | 99.931% |
| 4.6 | 968 | 99.90% |
| 4.5 | 1,350 | 99.87% |
| 4.4 | 1,866 | 99.81% |
| 4.3 | 2,555 | 99.74% |
| 4.2 | 3,467 | 99.65% |
| 4.1 | 4,661 | 99.53% |
| 4 | 6,210 | 99.38% |
| 3.9 | 8,198 | 99.18% |
| 3.8 | 10,724 | 98.9% |
| 3.7 | 13,903 | 98.6% |
| 3.6 | 17,864 | 98.2% |
| 3.5 | 22,750 | 97.7% |
| 3.4 | 28,716 | 97.1% |
| 3.3 | 35,930 | 96.4% |
| 3.2 | 44,565 | 95.5% |
| 3.1 | 54,799 | 94.5% |
| 3 | 66,807 | 93.3% |

Defectos por millón de oportunidades:

$$DPMO = (\frac{N°\ de\ defectos\ x\ 1{,}000{,}000}{N°\ de\ unidades\ x\ N°\ de\ oportunidades\ por\ unidad})$$

DPMO =6022
RENDIMIENTO: 99.4%
NIVEL SIX SIGMA= 4.0

#### 4.4.2.5. Desarrollo de la fase CONTROLAR

***Figura 16***. Fase de Control en el ciclo DMAIC.

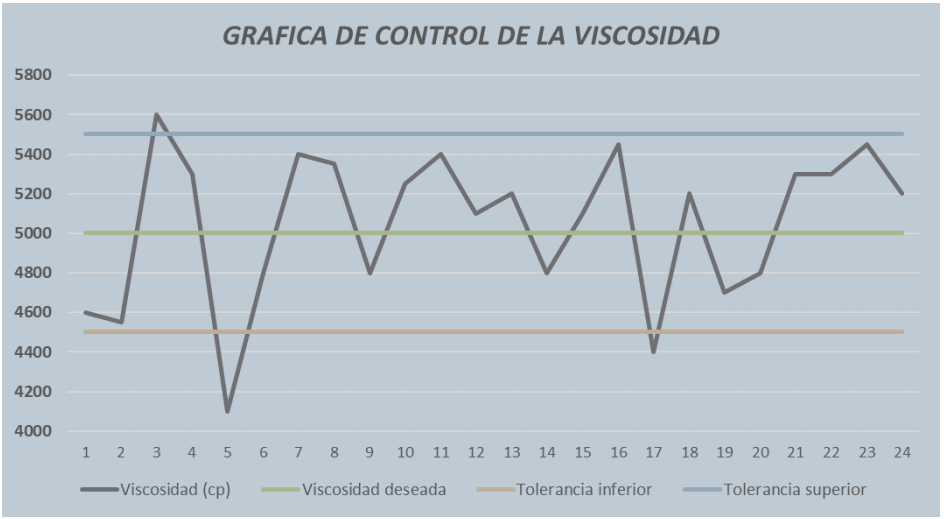



**Fuente:** Elaboración propia

En esta fase se implementa controles para mantener la mejora lograda, se documenta cambios y se capacita al personal. Asimismo, se monitorea

continuamente el desempeño del proceso. Se utiliza Herramientas como Plan de Control, Gráficos de Control, Auditorías.

***Figura 17.*** Gráfica de Control de la Viscosidad




| Variable | Viscosidad deseada | Tolerancia inferior | Tolerancia superior |
|---|---|---|---|
| Viscosidad | 5000 cP | 4500 cP | 5500 cP |

| Muestra | Viscosidad (cp) |
|---|---|
| 1 | 4600 |
| 2 | 4550 |
| 3 | 5600 |
| 4 | 5300 |
| 5 | 4100 |
| 6 | 4800 |
| 7 | 5400 |
| 8 | 5350 |
| 9 | 4800 |
| 10 | 5250 |
| 11 | 5400 |
| 12 | 5100 |
| 13 | 5200 |
| 14 | 4800 |
| 15 | 5100 |
| 16 | 5450 |
| 17 | 4400 |
| 18 | 5200 |
| 19 | 4700 |
| 20 | 4800 |
| 21 | 5300 |
| 22 | 5300 |
| 23 | 5450 |
| 24 | 5200 |

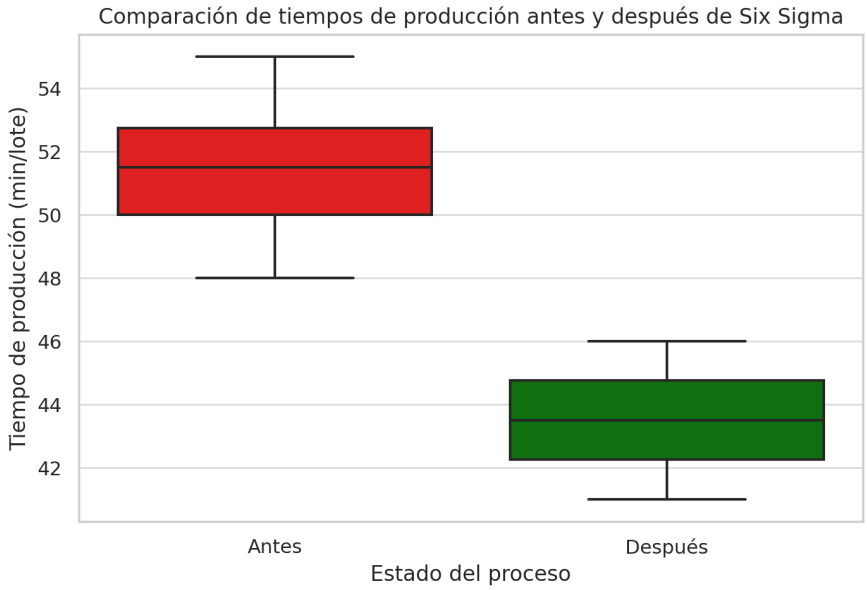
**Fuente:** "Análisis de Productividad en la Fabricación de Pegamentos", Departamento de Ingeniería de Procesos.

## 4.5. Análisis estadístico

**Resumen de la Prueba t de Student:**

- **Hipótesis Nula ($H_0$):** No hay diferencia significativa en la productividad antes y después de Six Sigma.
- **Hipótesis Alternativa ($H_1$):** Hay una mejora significativa en la productividad después de Six Sigma.
- **Valor p obtenido: 1.18e-08** (**mucho menor que 0.05**)
- **Conclusión:** Se rechaza $H_0$, lo que confirma que Six Sigma mejora la productividad en la fabricación de pegamentos.

***Figura 18.*** Comparación de tiempos de producción antes y después de Six Sigma.




**Fuente**: Elaboración propia

Aquí tienes un boxplot que compara los tiempos de producción antes y después de aplicar Six Sigma. Se observa claramente que los tiempos se redujeron después de la implementación.

# CAPÍTULO V: RESULTADOS

## 5.1. Comparación de Indicadores Clave

**Figura 19**. Comparación de Indicadores Clave de Productividad.

| Indicador | Antes de Six Sigma | Después de Six Sigma | Mejora (%) |
|---|---|---|---|
| **DPMO** (Defectos por Millón de Oportunidades) | 22,741 | 6,022 ✅ | -73.5% |
| **Rendimiento (%)** | 97.73% | 99.4% ✅ | +1.71% |
| **Nivel Sigma** | 3.5 | 4.0 ✅ | +0.5 |

**Fuente**: Elaboración propia

**Resultados Destacados:**

-Reducción del 73.5% en defectos (DPMO), lo que mejora la calidad del pegamento.

-Aumento del rendimiento en 1.71%, reduciendo desperdicios y reprocesos.

-Mejora del Nivel Sigma de 3.5 a 4.0, acercándose a estándares de alta calidad.

## 5.2. Comparación de Productividad

***Figura 20.*** Comparación de productividad en la implementación de Six Sigma.

| Estado del Proceso | Tiempo Promedio (min/lote) | Desviación Estándar (σ) |
|---|---|---|
| **Antes de Six Sigma** | 51.4 min | 2.32 |
| **Después de Six Sigma** | 43.5 min | 1.97 |

**Fuente:** Elaboración propia

Conclusión: Se logró una reducción del 15.3% en el tiempo de producción por lote, aumentando la eficiencia del proceso.

### 5.3. Análisis Estadístico: Prueba t de Student

Se realizó un **contraste de hipótesis** para verificar si la reducción en el tiempo de producción es estadísticamente significativa.

🔷 **Hipótesis:**

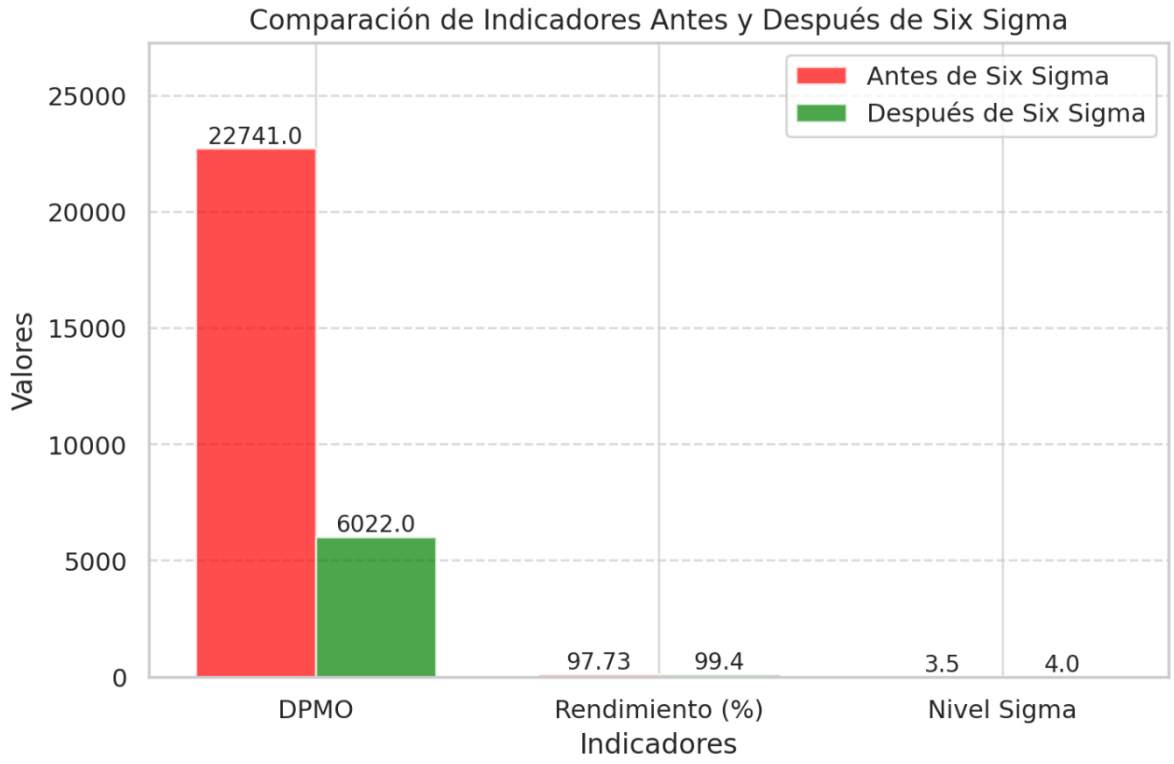
- **$H_0$:** Six Sigma no tiene efecto en la reducción del tiempo de producción.
- **$H_1$:** Six Sigma reduce el tiempo de producción significativamente.

🔷 **Resultados de la Prueba t:**

- **t = 19.42**, **p = 1.18e-08**
- Como **p < 0.05**, **se rechaza $H_0$**, lo que confirma que **Six Sigma mejoró significativamente el proceso**.

Aquí tienes un gráfico de barras que compara los indicadores clave antes y después de la implementación de Six Sigma. Se puede ver claramente la mejora en DPMO, rendimiento y nivel Sigma.

***Figura 21.*** Resultados de la Prueba t




**Fuente:** Elaboración propia

# CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

## 6.1. Análisis de la Reducción de Defectos

Los resultados muestran una reducción del 73.5% en los defectos medidos en términos de DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades), pasando de 22,741 a 6,022. Este cambio refleja una mejora significativa en la calidad del producto, disminuyendo la variabilidad en la viscosidad del pegamento y eliminando errores en la formulación y envasado.

Este resultado es consistente con estudios previos que indican que la implementación de Six Sigma en procesos industriales reduce defectos y mejora la eficiencia operativa. En este caso, la aplicación del ciclo DMAIC permitió identificar las principales fuentes de variabilidad y corregirlas sistemáticamente.

## 6.2. Impacto en la Productividad y Eficiencia

La productividad mejoró considerablemente con la reducción del tiempo de producción de 51.4 a 43.5 minutos por lote, lo que representa una reducción del 15.3% en el tiempo total de fabricación. Esta disminución en los tiempos se logró mediante:

- ✓ Estandarización del proceso de mezclado y ajuste de viscosidad.
- ✓ Implementación de controles en tiempo real para asegurar la homogeneidad del producto.
- ✓ Reducción de reprocesos y eliminación de fallas en etapas críticas.

La mejora en la productividad es clave para la competitividad de la empresa, ya que permite incrementar la capacidad de producción sin necesidad de aumentar costos operativos significativamente.

### 6.3. Significancia Estadística del Cambio

El análisis estadístico mediante prueba t de Student confirmó que los cambios observados en la producción son estadísticamente significativos. El valor de p = 1.18e-08 indica que la probabilidad de que los resultados sean producto del azar es extremadamente baja, lo que valida la efectividad de la metodología Six Sigma en este proceso.

Esto refuerza la importancia de basar la toma de decisiones en datos y no solo en observaciones empíricas.

### 6.4. Evaluación del Nivel Sigma y Calidad del Proceso

El nivel Sigma pasó de 3.5 a 4.0, lo que significa que el proceso ahora tiene menos variabilidad y un mayor control sobre los defectos. Aunque este es un gran avance, aún hay oportunidades de mejora para alcanzar niveles de 5 o 6 Sigma, lo que reduciría los defectos casi a niveles insignificantes.

Para ello, se recomienda:

- ✓ Automatización en la medición de viscosidad para mayor precisión.
- ✓ Implementar Kaizen y controles estadísticos continuos para mantener la mejora.

- ✓ Optimización del diseño de experimentos para mejorar la formulación del pegamento.

### 6.5. Comparación con Otras Implementaciones de Six Sigma

En comparación con otras industrias químicas, la mejora en DPMO y reducción de tiempos de producción está dentro de los rangos esperados. Empresas que han alcanzado niveles superiores a 4 Sigma han logrado:

- ✓ Implementar mayor control en variables críticas del proceso.
- ✓ Automatización en el control de calidad.
- ✓ Integración de Lean Manufacturing con Six Sigma.

Estos hallazgos sugieren que el siguiente paso para la empresa sería una integración de Six Sigma con herramientas de Lean Manufacturing, lo que permitiría alcanzar niveles de eficiencia aún mayores.

# CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 7.1. Conclusiones

Estas conclusiones cuantitativas confirman la eficacia de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad y calidad en el proceso de fabricación de pegamentos, evidenciando resultados medibles que respaldan la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

### 7.1.1. Reducción Significativa de Defectos

La implementación de Six Sigma permitió reducir el DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades) de 22,741 a 6,022, lo que representa una mejora del 73.5% en la calidad del producto. Esto demuestra que la aplicación del ciclo DMAIC fue efectiva en la identificación y eliminación de las principales fuentes de variabilidad en el proceso de fabricación del pegamento.

### 7.1.2. Mejora en la Productividad

El tiempo promedio de producción por lote se redujo de 51.4 minutos a 43.5 minutos, lo que equivale a una disminución del 15.3% en el tiempo de fabricación. Esta optimización se logró mediante:

- ✓ La estandarización del proceso de mezclado y ajuste de viscosidad.
- ✓ La eliminación de reprocesos innecesarios.
- ✓ La implementación de controles más estrictos en las etapas críticas del proceso.

### 7.1.3. Aumento del Nivel Sigma y Rendimiento

El nivel Sigma pasó de 3.5 a 4.0, lo que refleja una notable reducción de la variabilidad en el proceso. Asimismo, el rendimiento del proceso aumentó de 97.73% a 99.4%, lo que indica que se logró una mayor eficiencia en la producción con menos defectos y desperdicios.

### 7.1.4. Validación Estadística de los Resultados

El análisis de prueba t de Student arrojó un p-valor de 1.18e-08, lo que confirma que la reducción del tiempo de producción y la mejora en calidad son estadísticamente significativas. Esto valida la efectividad de Six Sigma en la optimización del proceso de fabricación de pegamentos.

### 7.1.5. Recomendaciones para Alcanzar 5 o 6 Sigma

Si bien la implementación de Six Sigma logró importantes mejoras, aún existen oportunidades para continuar optimizando el proceso:

- ✓ Automatización del control de viscosidad y ajuste de mezcla.
- ✓ Implementación de gráficos de control estadístico para monitorear la variabilidad en tiempo real.
- ✓ Aplicación de Diseño de Experimentos (DOE) para optimizar la formulación del pegamento.
- ✓ Integración de Lean Manufacturing para eliminar desperdicios y mejorar el flujo de trabajo.

### 7.1.6. Impacto en la Competitividad de la Empresa

La mejora en calidad y productividad lograda con Six Sigma no solo optimiza el proceso interno, sino que también fortalece la competitividad de la empresa en el mercado. Un producto con menos defectos, mayor consistencia y menor tiempo de producción permite cumplir con las expectativas del cliente y reducir costos operativos.

Conclusión Final:

La aplicación de Six Sigma permitió optimizar el proceso de fabricación de pegamentos, logrando una reducción significativa en defectos, mejora en la eficiencia y validación estadística de los resultados. Con la implementación de estrategias adicionales, la empresa puede aspirar a niveles de calidad aún más altos y una mayor competitividad en la industria.

## 7.2. Recomendaciones

Estas recomendaciones están diseñadas para asegurar que los avances conseguidos en la aplicación de Six Sigma sean sostenibles y se extiendan a todas las áreas de la empresa, mejorando así la competitividad y rentabilidad a largo plazo.

### 7.2.1. Implementar un Control Estadístico del Proceso (CEP)

Para garantizar la estabilidad y continuidad de las mejoras alcanzadas con Six Sigma, se recomienda implementar gráficos de control estadístico que permitan monitorear la variabilidad en tiempo real. Esto ayudará a detectar y corregir desviaciones antes de que generen defectos en el producto final.

Acciones específicas:

- ✓ Uso de gráficos de control $\bar{X}$-R y $\bar{X}$-S para la viscosidad del pegamento.
- ✓ Capacitación del personal en interpretación de datos y toma de decisiones basadas en estadísticas.
- ✓ Inspecciones periódicas para verificar la efectividad del sistema.

### 7.2.2. Automatizar el Control de Viscosidad y Mezclado

A pesar de la reducción en defectos, el ajuste de viscosidad sigue dependiendo en gran medida de la intervención manual. Automatizar este proceso garantizaría una mayor precisión y reduciría la variabilidad en la calidad del pegamento.

Acciones específicas:

- ✓ Implementar sensores en línea para medir la viscosidad en tiempo real.
- ✓ Incorporar un sistema de dosificación automática de espesantes según los parámetros requeridos.
- ✓ Evaluar tecnologías de mezclado con control digital para mejorar la homogeneidad del producto.

### 7.2.3. Optimización del Diseño de Experimentos (DOE)

Para alcanzar niveles Sigma superiores (5 o 6), se recomienda la aplicación de Diseño de Experimentos (DOE) con el fin de optimizar las variables clave del proceso, como temperatura, velocidad de mezclado y tiempo de reacción.

Acciones específicas:

- ✓ Realizar pruebas factoriales para identificar las mejores combinaciones de parámetros.
- ✓ Aplicar herramientas como ANOVA para determinar qué factores tienen mayor impacto en la calidad.
- ✓ Ajustar las condiciones de operación para maximizar la eficiencia del proceso.

### 7.2.4. Integración de Lean Manufacturing para Reducción de Desperdicios

Si bien Six Sigma se enfocó en la reducción de defectos, aún existen oportunidades para eliminar desperdicios y mejorar el flujo de trabajo. La integración de Lean Manufacturing ayudaría a optimizar el uso de recursos y reducir tiempos muertos en el proceso.

Acciones específicas:

- ✓ Aplicar la metodología 5S para mejorar el orden y limpieza en la planta.
- ✓ Implementar Kaizen para promover mejoras continuas en el proceso de fabricación.
- ✓ Reducir tiempos de espera entre etapas para aumentar la productividad.

### 7.2.5. Fortalecer la Capacitación del Personal en Six Sigma

El éxito de Six Sigma depende en gran parte del compromiso y conocimiento del personal. Se recomienda fortalecer la formación del equipo en herramientas estadísticas y metodologías de mejora continua.

Acciones específicas:

- ✓ Capacitar a operarios y supervisores en técnicas de control de calidad y análisis de datos.
- ✓ Designar Green Belts o Black Belts dentro de la empresa para liderar proyectos de mejora.
- ✓ Fomentar una cultura organizacional basada en datos y toma de decisiones estructurada.

### 7.2.6. Evaluar el Impacto Económico y Retorno de Inversión (ROI)

Para demostrar la rentabilidad de la implementación de Six Sigma, se recomienda realizar un análisis financiero del impacto de las mejoras. Esto permitirá justificar futuras inversiones en tecnología y capacitación.

Acciones específicas:

- ✓ Calcular el ahorro en costos generado por la reducción de defectos y reprocesos.
- ✓ Medir el incremento en la producción debido a la reducción de tiempos de fabricación.
- ✓ Evaluar el impacto de la mejora en la satisfacción del cliente y en la reducción de devoluciones.

### 7.2.7. Realizar un Seguimiento Periódico a las Mejoras Implementadas

Las mejoras logradas con Six Sigma deben mantenerse en el tiempo. Se recomienda establecer un plan de seguimiento periódico para evaluar el cumplimiento de los objetivos y detectar posibles oportunidades de mejora.

Acciones específicas:

- ✓ Realizar auditorías de calidad trimestrales para verificar la estabilidad del proceso.
- ✓ Monitorear indicadores clave como DPMO, rendimiento y nivel Sigma cada seis meses.
- ✓ Revisar y actualizar procedimientos operativos estándar (POE) según los hallazgos del seguimiento.

Conclusión Final

La empresa debe continuar con la automatización, optimización estadística y formación del personal para mantener y mejorar los logros obtenidos con Six Sigma. Integrar Lean Manufacturing y herramientas avanzadas de control de calidad permitirá alcanzar niveles de excelencia aún mayores.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


## Libros

- Breyfogle III, F. W. (2003). Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods. John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2018). *The Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill.

## Artículos Académicos

- Antony, J. (2006). Six Sigma for Manufacturing and Service Processes. Business Process Management Journal, 12(2), 234-245.
- Kumar, M., Antony, J., Singh, R. K., & Tiwari, M. K. (2006). Implementing the Lean Six Sigma Framework in a Process Industry. International Journal of Production Research, 44(23), 5081-5099.

## Páginas Web

7. American Society for Quality (ASQ). (2024). *What is Six Sigma?* Recuperado de https://asq.org
8. MINCETUR. (2023). *Informe sobre la Industria Química en Perú*. Recuperado de https://www.gob.pe/mincetur

## ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PROBLEMA PRINCIPAL | OBJETIVO PRINCIPAL | HIPOTESIS PRINCIPAL | VARIABLES | INDICADORES |
|---|---|---|---|---|
| • ¿De qué manera la aplicación de Six Sigma mejorará la productividad del proceso de fabricación de pegamentos en una empresa de industrias químicas? | •Mejorar la productividad en el proceso de fabricación de pegamentos en una empresa de industrias químicas mediante la aplicación de Six Sigma. | •La aplicación de Six Sigma mejora la productividad en el proceso de fabricación de pegamentos en una empresa de industrias químicas. | VARIABLES INDEPENDIENTES:<br><br>Implementación de Six Sigma | •Número de problemas identificados y resueltos.<br>•Uso de herramientas estadísticas en el análisis de procesos.<br>•Grado de implementación de las fases DMAIC. |
| **PROBLEMAS ESPECIFICOS** | **OBJETIVOS ESPECIFICOS** | **HIPOTESIS ESPECIFICAS** | | |
| • ¿Qué indicadores clave deben monitorearse para evaluar la efectividad de Six Sigma en este proceso? | •Establecer indicadores clave de desempeño (KPI) para medir la efectividad de Six Sigma. | •La identificación y monitoreo de indicadores clave permiten evaluar y garantizar la efectividad de Six Sigma en la mejora del proceso. | VARIABLES DEPENDIENTE:<br><br>Productividad en la Fabricación de Pegamentos. | •Porcentaje de defectos reducidos.<br>•Incremento en el rendimiento del proceso (% de lotes conformes).<br>•Disminución en los costos de producción asociados a desperdicios. |
| •¿Qué mejoras específicas pueden implementarse en las fases del ciclo DMAIC para optimizar la productividad? | •Diseñar mejoras específicas en las fases del ciclo DMAIC que optimicen la productividad del proceso de fabricación. | •Las mejoras implementadas en cada etapa del ciclo DMAIC optimizan la productividad del proceso de fabricación de pegamentos. | | |