

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX
SIGMA AL AREA DE FABRICACIONES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA INDUSTRIAL**

Autora : Claudia Romina Huare Villanueva
Asesores : Mg. Fidel Castro Cayllahua
Dr. Gonzalo Catalino Trejo Molina
Línea de Investigación : Nuevas Tecnologías y Procesos

HUANCAYO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mi amada familia, aquel faro eterno,
que, en los momentos de adversidad y lucha,
brindaron su luz y aliento,
dedico este logro, mi gran conquista.

Padre y madre, guías sabios y firmes,
con amor y sacrificio me enseñaron a crecer,
forjaron mi ser, mi alma y mis cimientos,
su apoyo inquebrantable, siempre agradeceré.

Hermanos, compañeros de risas y sueños,
siempre cercanos en cada paso a mi lado,
en ustedes encuentro un amor sereno,
su apoyo constante, nunca ha faltado.

Claudia.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi profundo agradecimiento a la distinguida Universidad Peruana Los Andes por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios superiores en esta prestigiosa institución. A la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, agradezco su excelencia académica y la sólida formación que me han proporcionado, permitiéndome desarrollar este trabajo de investigación.

Asimismo, quiero reconocer y agradecer a los estimados docentes de la universidad, cuya guía experta y dedicación incondicional han sido fundamentales en mi crecimiento académico y profesional. Sus valiosos consejos y enseñanzas han enriquecido mi perspectiva y han sido pilares para el éxito de este proyecto.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0228 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA AL AREA DE FABRICACIONES

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. HUAIRE VILLANUEVA CLAUDIA ROMINA

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA INDUSTRIAL

Asesor(a) Metodológico : MG. FIDEL CASTRO CAYLLAHUA

Asesor(a) Tematico : DR. GONZALO CATALINO TREJO MOLINA

Fue analizado con fecha **26/06/2023**; con **154 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

X
X

El documento presenta un porcentaje de similitud de **12** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: ***Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.***

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 26 de junio del 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MAÑTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA

PRESIDENTE

DR. CARLOS ROSARIO SANCHEZ GUZMAN

JURADO

MTRA. ROSA ANITA QUISPE ROJAS

JURADO

MTRO. DANNY ENRIQUE LLERENA MUCHA

JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA

SECRETARIO

INDICE

PORTADA	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	iv
INDICE.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE GRAFICOS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	15
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	15
1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA	22
1.2.3 DELIMITACIÓN ESPACIAL	23
1.2.4 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	23
1.2.5 DELIMITACIÓN CONCEPTUAL.....	23
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.3.2 PROBLEMA GENERAL.....	24
1.3.3 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	24
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.4.2 INVESTIGACIÓN SOCIAL.....	24
1.4.3 INVESTIGACIÓN TEÓRICA.....	25
1.4.4 INVESTIGACIÓN METODOLÓGICA.....	25
1.5 OBJETIVOS	26
1.5.2 OBJETIVO GENERAL	26
1.5.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	27
2.1. ANTECEDENTES	27

2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	27
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES	31
2.2.	BASES TEÓRICAS DE INVESTIGACION CIENTIFICA.....	34
2.2.1.	CONCEPTOS BÁSICOS	34
2.2.2.	PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN.....	35
2.2.3.	SIX SIGMA	44
2.3.	MARCO CONCEPTUAL	60
CAPÍTULO III HIPÓTESIS		65
3.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	65
3.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	65
3.3.	VARIABLES	65
3.3.1.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE.....	65
3.3.2.	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LA VARIABLE	66
3.3.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE.....	66
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA.....		70
4.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	70
4.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	70
4.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	71
4.4.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	71
4.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	72
4.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	73
4.6.1.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	73
4.6.2.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	73
4.7.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	74
4.8.	ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	74
CAPÍTULO V RESULTADOS		76
5.1.	DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO TECNOLÓGICO	76
5.1.1.	ESQUEMA DE LA PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA	76
5.1.2.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA	83
5.2.	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS ENTRE EL PRE Y POST TEST.....	107

5.2.1.	ÍNDICES DE SIX SIGMA Y NIVEL SIGMA.....	107
5.2.2.	RECLAMOS Y ENTREGA DE LOS PRODUCTOS	108
5.2.3.	ERRORES EN LOS PRODUCTOS	110
5.2.4.	TIEMPO DE FABRICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD LABORAL	114
5.3.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	116
5.3.1.	PRUEBA DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	118
5.3.2.	PRUEBA DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	120
5.3.3.	PRUEBA DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA	122
5.3.4.	PRUEBA DE LA HIPÓTESIS GENERAL	124
	CAPÍTULO VI ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	126
	CONCLUSIONES.....	131
	RECOMENDACIONES	133
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
	ANEXOS.....	138
	ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA	139
	ANEXO 2 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	141
	ANEXO 3 INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN	144
	ANEXO 4 VALIDEZ DEL INSTRUMENTO.....	145
	ANEXO 5 DATA DEL PROCESAMIENTO	148
	ANEXO 6 REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	150

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evaluaciones del Área de Fabricaciones	16
Tabla 2. Matriz de identificación de retrasos de los procesos	18
Tabla 3. Determinación de las áreas críticas	19
Tabla 4. Principales Problemas encontrados en el área de Fabricaciones	19
Tabla 5. Operacionalización de las variables	67
Tabla 6. Plan de implementación	79
Tabla 7. Definición de los índices de productividad	83
Tabla 8. Estadísticos de las no conformidades	86
Tabla 9. Prueba de normalidad de las no conformidades (pre)	87
Tabla 10. Interpretación del Cp (capacidad potencial).....	88
Tabla 11. Valores de nivel sigma, según % de productividad.....	90
Tabla 12. Matriz de priorización	95
Tabla 13. Causas del deficiente control de calidad y confusión en las especificaciones de las piezas	95
Tabla 14. Evaluación de soluciones potenciales.....	96
Tabla 15. Nuevos procesos del área de fabricación.....	100
Tabla 16. Prueba de normalidad de las no conformidades después del six sigma (post)	102
Tabla 17. Comparación de los índices antes y después de la implementación de la metodología DMAIC.....	107
Tabla 18. Resultados para índices de reclamos y cumplimiento de los productos.....	108
Tabla 19. Resultados para los índices de errores en los productos.....	110
Tabla 20. Resultados para índices de tiempo promedio de fabricación y productividad laboral	114
Tabla 21. Prueba de normalidad	117
Tabla 22. Medias para los índices de reclamos y entrega de los productos	119
Tabla 23. Prueba de diferencia de medias para la primera hipótesis específica.....	119
Tabla 24. Medias para los índices de errores en los productos	121
Tabla 25. Prueba de diferencia de medias para la segunda hipótesis específica	121
Tabla 26. Medias para los índices de tiempo de fabricación y productividad laboral.	123
Tabla 27. Prueba de diferencia de medias para la tercera hipótesis específica	123
Tabla 28. Resultados de los indicadores de productividad.....	124

INDICE DE GRAFICOS

Figura 1. <i>Diagrama de Ishikawa</i> (causa-efecto) del área de fabricación de la empresa ZANINGROUP SAC.	20
Figura 2. Ubicación geográfica de la empresa ZANINGROUP SAC.....	22
Figura 3. La empresa vista desde sus interiores	23
Figura 4. Identificación del KPI principal.....	84
Figura 5. Distribución normal de las no conformidades antes del six sigma (pre)	87
Figura 6. Gráfico Q-Q plot de la distribución normal de las no conformidades (pre) ..	87
Figura 7. Procesos en el área de fabricación	92
Figura 8. Problemas encontrados y los procesos relacionados.....	93
Figura 9. Diagrama Ishikawa para proceso de no conformidades.....	94
Figura 10. Distribución normal de no conformidades (post test).....	102
Figura 11. Evolución del índice de reclamos y entrega del producto (pre y post test)	109
Figura 12. Evolución del Índice de Cumplimiento de Entrega (pre y post test)	110
Figura 13. Gráfico comparativo para Índice de productos no conformes (pre y post test)	111
Figura 14. Gráfico comparativo para Índice de productos conformes (pre y post test)	112
Figura 15. Gráfico comparativo para Índice de Retrabajo (pre y post test)	113
Figura 16. Gráfico comparativo para Tiempo Promedio de Fabricación (pre y post test)	115
Figura 17. Gráfico comparativo para Productividad laboral (pre y post test)	116

RESUMEN

La razón de ser fue establecer cómo influye la implementación del método Six Sigma al momento de buscar aumentar la productividad dentro de ZANINGROUP SAC. Se realizó un estudio aplicado, de nivel explicativo, con diseño pre experimental. Fue realizado dentro del departamento de fábrica de componentes de la organización, tomando datos semanales desde el mes de enero, hasta marzo con respecto a los indicadores de productividad. Siendo implementado desde abril. Teniendo un total de 12 semanas (pre test) y 8 semanas para el postest. Se empleó una ficha de registro de datos semanales para medir los indicadores. Se empleó una ficha de registro de datos semanales para medir los indicadores. Entre los resultados, se encontró que, sobre el nivel sigma, se pasó de un nivel 1.26 a 2.47, en cuanto al índice de reclamos de producto disminuyó de 10.31% a 4.42%; el índice de cumplimiento de entrega aumentó de 83.75% a 96.59%; el índice de productos no conformes disminuyó de 16.69% a 4.99%, el índice de productos conformes pasó de 79.75% a 96.40%, el índice de retrabajo disminuyó de 13.83% a 4.35%, el tiempo promedio de fabricación disminuyó de 8.68% a 7.34%; finalmente, la productividad laboral se incrementó de 8.69% a 11.23%. El estudio en las pruebas de hipótesis, realizado con la t de student, encontró diferencias significativas ($p\text{-valor}=0.00$) entre el pre y postest. Concluyendo que la implementación de este método, llega a influenciar de manera significativa para que se incremente la productividad respecto al departamento de fabricaciones.

Palabras clave: six sigma, productividad, reclamos, entrega de producto, errores de productos, tiempo de fabricación, productividad laboral.

ABSTRACT

The purpose was to determine the influence of implementing the Six Sigma methodology on the increase in productivity in the component manufacturing area of ZANINGROUP SAC company. An applied, explanatory-level study with a pre-experimental design was conducted. The study was carried out in the component manufacturing area of ZANINGROUP SAC, collecting weekly data from the months of January, February, March, May, and June regarding productivity indicators. The implementation of Six Sigma took place in April. There were a total of 12 weeks for the pre-test and 8 weeks for the post-test. A weekly data recording sheet was used to measure the indicators. Among the results, it was found that, about the sixma level it went from 1.26 to 2.47, about the product quality index decreased from 10.31% to 4.42%; the delivery compliance index increased from 83.75% to 96.59%; the non-conforming products index decreased from 16.69% to 4.99%; the conforming products index increased from 79.75% to 96.40%; the rework index decreased from 13.83% to 4.35%; the average manufacturing time decreased from 8.68% to 7.34%; finally, the labor productivity increased from 8.69% to 11.23%. The hypothesis testing conducted using the Student's t-test found significant differences (p -value = 0.00) between the pre-test and post-test. It is concluded that the implementation of the Six Sigma methodology significantly influences the increase in productivity in the component manufacturing area of ZANINGROUP SAC company.

Keywords: six sigma, productivity, claims, product delivery, product errors, manufacturing time, labor productivity.

INTRODUCCIÓN

La industria peruana y extranjera está en continua actualización y mejoramiento para brindar a sus clientes internos y externos la calidad esperada, requiere de ciertos tipos de estándares para sus empresas, como son la implementación de metodologías y certificaciones para mejorar sus procesos establecido o por establecer, buscando formas de moldear los procesos a sus necesidades para obtener resultados efectivos, que te lleven a una alta productividad y un control de calidad cero reprocesos; así asegurando el producto a vender, mediante la presente se demostrará cómo mejorar los procesos para una determinara área y de la metodología Six Sigma es capaz de llevar a otro nivel a las Empresas.

Entonces, la metodología que va a cumplir los estándares que necesita para incrementar la productividad y es la más adecuada para la empresa ZANINGROUP SAC es un método Six Sigma evidenciándose que contrarrestar todos los puntos críticos que afectan los procesos y realizar una mejora continua a través de los distintos instrumentos para que su productividad sea mejorada dentro de la fabricación de componentes.

En este sentido, el problema del estudio es ¿Cómo influye la implementación la metodología Six Sigma en el incremento de la productividad en al área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC?, del cual se deriva su fin de determinar la influencia de la implementación la metodología Six Sigma en el incremento de la productividad.

Para lograr este estudio, el tipo de estudio es aplicado, con un alcance explicativo, de diseño pre experimental con pre y post test, en el cual se evalúa los indicadores de reclamos y entrega de los productos, errores en el producto, su periodo de demora y su productividad a nivel laboral. La población y muestra está representan por cada proceso con los actos sobre la fabricación organizacional que ZANINGROUP SAC. Para evaluar los indicadores se utiliza una ficha de recolección de datos. Asimismo, para que el estudio tenga rigurosidad científica, orden y entendimiento correcto se compone de seis secciones:

El primer capítulo detalla el planteamiento del problema, su formulación, la redacción de objetivos y las justificaciones.

El segundo capítulo detalla todo sobre el marco teórico, como los estudios previos a nivel nacional e internacional, en el cual se consideraron tesis similares, artículos científicos en inglés y en español, que vengan de revistas indexadas con DOI, y repositorios de universidades con prestigio. Luego se redactó la teoría y conceptos referentes a Six Sigma y productividad del área de fabricación.

En el tercer capítulo se presentaron las hipótesis, las cuales se formularon después de la revisión bibliográfica, también se encuentran la definición de las variables y su medición, al ser un estudio cuantitativo, en base a los indicadores.

El cuarto capítulo muestra los métodos de investigación, desde el tipo, nivel, diseño hasta los instrumentos de recolección de datos.

El quinto capítulo muestra los resultados del estudio, la parte descriptiva, como la parte inferencial.

El sexto capítulo muestra el análisis y discusión de resultados.

Finalmente se continúa con sugerencias y conclusiones, además de los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

Implementación de la metodología Six Sigma al área de fabricaciones

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En relación a la presentación y contexto al problema: Hoy en día, las organizaciones se enfocan en optimizar sus procesos para satisfacer su demanda y mejorar la satisfacción del cliente (Lean Six Sigma for the improvement of company productivity: the Schnell S.P.A. case study, 2021). Sin embargo, mantener un equilibrio entre la calidad y la reducción de costos es difícil, pero la literatura ofrece muchas estrategias para cerrar la brecha entre oferta y demanda (Jiju, y otros, 2020). Debido a este problema, en la práctica empresarial han surgido diversas metodologías para hacer frente a mejorar la calidad, la productividad, los errores de fabricación, entre otros, uno de ellos es el Six Sigma, siendo una filosofía dentro del área organizacional, llegando a sugerirse en como una estrategia mercantil en los años 80, para que se mejore la calidad en Motorola (Roberto, y otros, 2000)

La metodología del Six Sigma al ser todo un sistema flexible como integral, permitiéndose que se continúe con el éxito comercial, ya que se enfoca, de manera rigurosa, en el análisis de datos y eventos, y una atención continua a la gestión, llegando a mejorar e incluso evolucionar los procesos dentro del comercio (Ruiz, 2005), buscando obtener una alta productividad (Roberto, y otros, 2000; Espejo, 2018; Mejora continua de la productividad y la calidad con lean six-sigma: estudio de caso, 2019; Implementation of six sigma tools to improve supply chain efficiency of an electronic goods manufacturing industry, 2018). La productividad es un valor de un producto respecto a la unidad de consumo (La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo en el peru y el mundo, 2016; Sierralta, 2022), y más que el concepto de competencia, es el problema de cualquier nación del mundo que busque aumentar la calidad de vida de los pobladores. Siendo que, un gobierno desea aumentar el nivel de vida de sus residentes, debe aumentar la producción absoluta (Alamar, y otros, 2018).

En este sentido, la Empresa ZANINGROUP SAC dedicada el rubro de Metal Mecánica y Minería lo que se busca es brindar componentes fabricados con los estándares que requiere la industria, brindando productos de calidad, ya que, al ser una empresa nueva, en crecimiento constante, necesita de un crecimiento sostenido garantizando la confiabilidad de sus fabricaciones para sus diversos usos como ensamblajes, ventas directas o Stocks para sus posteriores prestaciones de los componentes y satisfacción plena de sus clientes.

En cuanto al diagnóstico del problema: La empresa ZANINGROUP SAC, en su área de fabricación, ha experimentado diversas fallas respecto a la calidad de cada insumo, sus errores y sus periodos para su desarrollo. A pesar de haber implementado diversas medidas buscando la mejora de cada proceso productivo, no se ha logrado obtener los resultados esperados. Respecto a la realidad, se consideró que el Six Sigma reconociéndose, para que se reduzca toda variación en cada proceso de fabricación, siendo más eficientes al momento de poder cumplir las exigencias de los clientes.

Es así que, para evidenciar concretamente el problema de la productividad, la investigadora realizó un diagnóstico de cómo la empresa está funcionando en el área de fabricación de componentes y que puntos críticos que no se encuentran desarrollándose correctamente así afectando la productividad de los procesos. Por lo tanto, se elaboró un diagnóstico de las falencias y oportunidades de mejora del área de fabricación de componentes, estos resultados se dieron después de una entrevista con los colaboradores involucrado al área de fabricaciones. (ver Tabla 1).

Tabla 1. *Evaluaciones del Área de Fabricaciones*

		Puntuaciones				
Ítem	Logística	1	2	3	4	5
A	Cotización de materiales			X		
B	Órdenes de compra de materia prima			X		
C	Pagos de facturas de la materia prima	X				
D	Recojo de materia prima		X			
E	Envío del proveedor de MP a ZNG			X		
		Puntuaciones				
Ítem	Diseño de planos	1	2	3	4	5
A	Identificar el plano			X		
B	Revisión del plano				X	

C	Mejoras en el plano				X	
D	Impresión para fabricación				X	
		Puntuaciones				
Ítem	Proceso	1	2	3	4	5
A	Identificación de orden de trabajo		X			
B	Habilitar materiales para fabricación			X		
C	Distribución en las diferentes maquinas		X			
D	Almacenaje correcto de piezas en proceso		X			
E	Seguimiento del control calidad en proceso			X		
F	Ensamblaje o pintura definido			X		
G	Control de calidad al finalizar fabricación			X		
H	Entrega almacén				X	
		Puntuaciones				
Ítem	Personal técnico	1	2	3	4	5
A	Tiene experiencia en su trabajo				X	
B	Compromiso con el trabajo			X		
C	Responsabilidad			X		
D	Puntualidad			X		
E	Capacidad para trabajo bajo presión				X	
		Puntuaciones				
Ítem	Despacho	1	2	3	4	5
A	Entrega dentro del tiempo establecido		X			
B	Ensamblaje correcto de los componentes				X	
C	Rotulado de los componentes					X
D	Guías de remisión bien identificados					X
		Puntuaciones				
Ítem	Localización del área de fabricaciones	1	2	3	4	5
A	Espacio para maniobras					X
B	Lugar donde guardan la materia prima			X		
C	Ubicación adecuada de las máquinas y herramientas		X			
D	Iluminación y conexiones		X			

Nota. 1=insuficiente; 2=regular; 3=bueno; 4=muy bueno; 5=excelente. Elaboración propia

Como se observa en la **Tabla 1**, se realizó una encuesta a los colaboradores del área de fabricaciones en las diferentes áreas involucradas para el proceso de las fabricaciones de componentes. A continuación, se detallan una serie de principales causas respecto a una productividad baja de acuerdo a la encuesta realizada solo considerando los criterios de la **Tabla 2** (1- insuficiente; 2- regular; 3- bueno).

Tabla 2. Matriz de identificación de retrasos de los procesos

Ítem	Descripción de tareas	Críticidad		
		Bajo	Medio	Alto
1	Cotización de materiales	X		
2	Órdenes de compra de materia prima	X		
3	Pagos de facturas de la materia prima			X
4	Recojo de materia prima	X		X
5	Envío del proveedor de MP a ZNG	X		
6	Identificar el plano		X	
7	Identificación de orden de trabajo			X
8	Habilitar materiales para fabricación			X
9	Distribución en las diferentes máquinas			X
10	Almacenaje correcto de piezas en proceso			X
11	Seguimiento del control calidad en proceso		X	
12	Ensamblaje o pintura definido			X
13	Control de calidad al finalizar fabricación			X
14	Compromiso con el trabajo			X
15	Responsabilidad		X	
16	Puntualidad		X	
17	Entrega dentro del tiempo establecido			X
18	Rotulado de los componentes		X	
19	Guías de remisión bien identificados	X		
20	Espacio para maniobras		X	
21	Lugar donde guardan la materia prima			X
22	Ubicación adecuada de las máquinas y herramientas			X
23	Iluminación y conexiones			X

Nota. Elaboración propia de la investigadora.

Como se ve reflejado la **Tabla 2** se hace ver un escenario más limitado de las causas que estarían generando el retraso de las fabricaciones así mismo entorpeciendo la productividad que se requiere. En breve se identifican los puntos más críticos que determinen la baja productividad al área de fabricaciones.

Tabla 3. Determinación de las áreas críticas

Ítem	Descripción de tareas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	Suma Determinante	%
1	Pagos de facturas de la materia prima	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	11	8%
2	Recojo de materia prima	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	2	2	2	1	9	7%
3	Identificación de orden de trabajo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	11%
4	Habilitar materiales para fabricación	1	1	1	2	1	0	2	1	1	0	2	0	1	1	1	9	7%
5	Distribución en las diferentes maquinas	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	13	9%
6	Almacenaje correcto de piezas en proceso	2	2	1	2	1	0	2	1	0	2	0	2	1	1	1	6	4%
7	Ensamblaje o pintura definido	1	1	1	0	1	2	1	2	1	1	2	1	2	2	2	8	6%
8	Control de calidad al finalizar fabricación	1	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	13	9%
9	Compromiso con el trabajo	2	2	1	2	2	0	1	2	2	0	1	0	0	2	2	3	2%
10	Entrega dentro del tiempo establecido	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	0	0	1	1	10	7%
11	Lugar donde guardan la materia prima	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	14	10%
12	Ubicación adecuada de las máquinas y herramientas	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	12	9%
13	Iluminación y conexiones	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	11%
																	100%	

Nota. 1=determinante; 2=no determinante. Elaboración propia de la investigadora.

Tabla 3 se verifica de manera más consolidada las tareas que se vuelven determinantes y vienen afectando el proceso y las No determinante que pueden ser manejables internamente. Con esto ya se ha identificado los puntos críticos donde se va a realizar la implementación de la metodología Six Sigma para la mejora de la productividad en el área de fabricaciones.

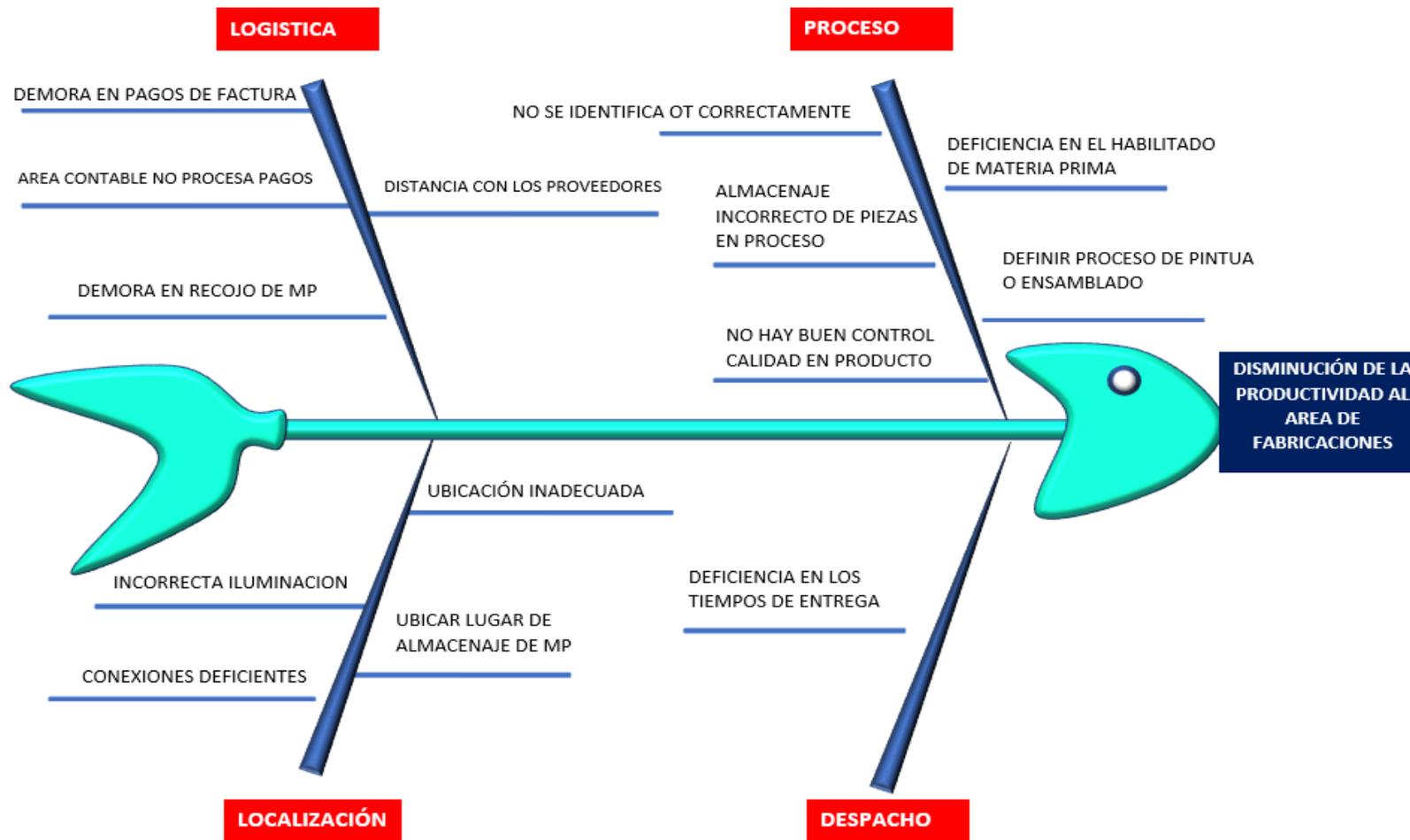
Tabla 4. Principales Problemas encontrados en el área de Fabricaciones

ITEM	DESCRIPCION DE TAREAS	Suma dterminante	Área	%
1	Pagos de facturas de la materia prima	11	LOGISTICA	8%
2	Recojo de materia prima	9	LOGISTICA	7%
3	Identificación de orden de trabajo	15	PROCESO	11%
4	Habilitar materiales para fabricación	9	PROCESO	7%
5	Distribución en las diferentes maquinas	13	PROCESO	10%
6	Almacenaje correcto de piezas en proceso	6	PROCESO	4%
7	Ensamblaje o pintura definido	8	PROCESO	6%
8	Control de calidad al finalizar fabricación	13	PROCESO	10%
9	Entrega dentro del tiempo establecido	10	DESPACHO	7%
10	Lugar donde guardan la materia prima	14	LOCALIZACION	10%
11	Ubicación adecuada de las máquinas y herramientas	12	LOCALIZACION	9%
12	Iluminación y conexiones	15	LOCALIZACION	11%
				100%

Nota. 1=determinante; 2=no determinante. Elaboración propia de la investigadora.

De lo descrito y de los problemas identificados, en la **Figura 1** se muestra el diagrama de causas y efectos para el área de fabricación de ZANINGROUP SAC.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa (causa-efecto) del área de fabricación de la empresa ZANINGROUP SAC.



Elaboración propia de la investigadora

En caso la empresa ZANINGROUP SAC, no tome acciones referentes para mejorar los índices de productividad sobre la fábrica, la cual podría perder tasas de crecimiento, perder clientes y su posición en el mercado estaría en juego. Además, la insatisfacción del cliente podría llevar a la baja de ventas, llegando incluso a reducir los ingresos, que eventualmente causaría el cierre y quiebra de la empresa.

Es así que la solución al problema, vendría ser la implementación de la metodología Six Sigma la cual podría ayudar a mejorar la productividad del área de fabricación de ZANINGROUP SAC al mejorar los índices de reclamos y errores de los productos, los índices de errores en los productos, los tiempos de fabricación y productividad laboral. Además, el Six Sigma puede ayudar a establecer una cultura de mejora continua en la organización. En suma, la implementación de la metodología Six Sigma en el área de fabricación de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC podría mejorar significativamente la productividad. Esto llevaría que se satisfaga a la clientela y se incremente la competitividad.

En la literatura se han evidenciado diversos estudios (antecedentes) sobre cómo se implemente al Six Sigma, llegando a que se aumente la productividad empresarial. Por ejemplo, los estudios internacionales de Daniyan I. et al., en el 2023, que al aplicar las fases de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC) del Six Sigma lograron una mejora significativa del rendimiento con la productividad para que se procesen los elementos de trenes (Improvement of production process variations of bolster spring of a train bogie manufacturing industry: a six-sigma approach, 2023). Otro estudio internacional fue el de Enache I. et al., que en el 2023 comprobaron que el Six Sigma fue efectivo para que se mejore toda la productividad para que se llegue a una adecuada fabricación de puertas, ya se logró aumentar la capacidad del proceso y mejorar la eficiencia de la entrega de las piezas del componente a la línea de ensamblaje (Reducing the scrap rate on a production process using lean six sigma methodology, 2023). A nivel nacional el estudio de Espejo D., en el 2018, evidenció un aumento de la productividad en 22.87%, además la ratio de valor agregado creció de 0.64 a 1.4, ello por como se mejora la implementación del Six Sigma (Espejo, 2018). Similarmente el estudio de Fernández H. y Rimapa C., en el 2018; concluyeron

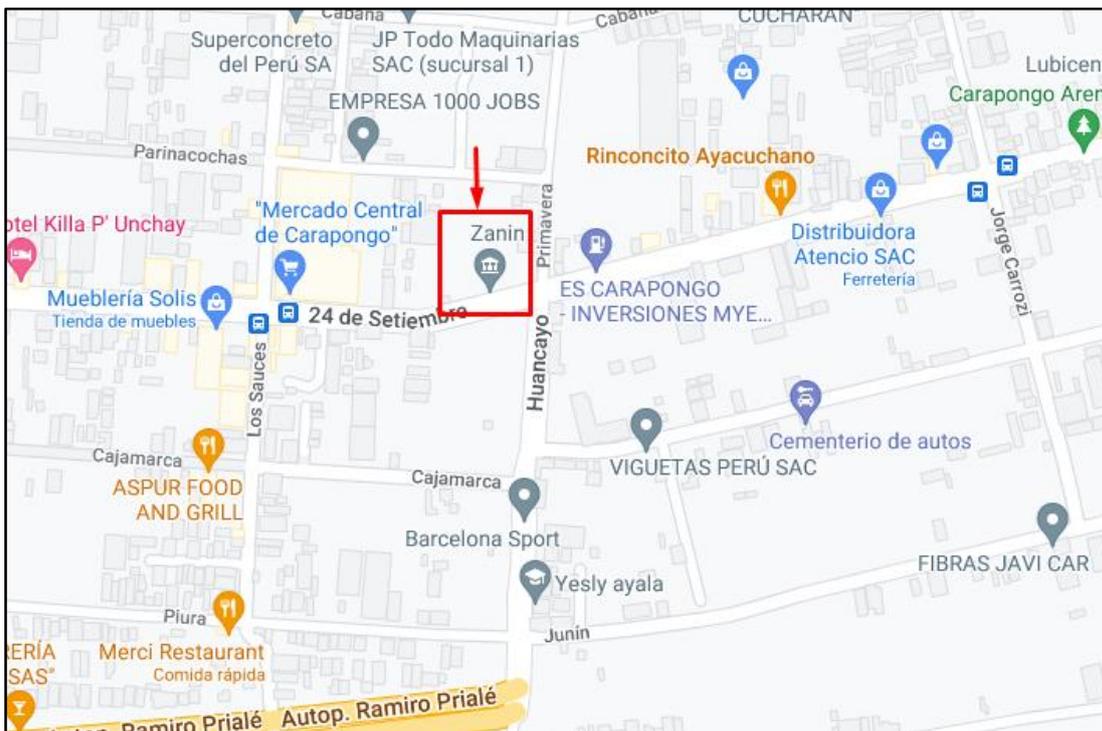
que tras la implementación se incrementó la media de productividad en 35%, concluyendo que el 6 Sigma fue efectivo para incrementar la productividad.

Después de todo lo descrito, el problema de investigación vendría a ser: ¿Cómo influye la implementación la metodología Six Sigma en el incremento de la productividad en al área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC?

1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA

Figura 2. *Ubicación geográfica de la empresa ZANINGROUP SAC*



La empresa ZANINGROUP SAC, se encuentra señalada en el cuadrado rojo, cuya dirección es Av 24 de setiembre Asoc. Vivienda Campo Sol lote 6, San Juan de Lurigancho, Lima.

1.2.3 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La tesis realizó dentro de la empresa TALLER DE ZANINGROUP SAC, que llegue a ubicarse en el departamento de Lima, más en específico en Lurigancho.

Figura 3. *La empresa vista desde sus interiores*



1.2.4 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Su tiempo de realización fue desde marzo hasta agosto del 2023.

1.2.5 DELIMITACIÓN CONCEPTUAL

La investigación estuvo delimitada en las bases teóricas sobre el Six Sigma y los conceptos sobre la productividad para que se realice la fabricación.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.2 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo influye la implementación la metodología Six Sigma en el incremento de la productividad en al área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC?

1.3.3 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la influencia de la implementación la metodología Six Sigma en los reclamos y entrega de productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC?
- ¿Qué efecto tiene la implementación la metodología Six Sigma en la disminución de los errores en los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC?
- ¿De qué manera influye la implementación la metodología Six Sigma en el tiempo de fabricación y productividad laboral del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC?

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.2 INVESTIGACIÓN SOCIAL

La organización en cuestión fabrica insumos para que se use en la explotación de las canteras como minas y para las obras de construcción. En un mercado competitivo como el de la fabricación de componentes, la productividad pasa a ser relevante para la organización. Por lo tanto, implementar este método siendo una estrategia efectiva, para que se mejore toda la eficacia de cada proceso y se incremente la productividad organizacional. El estudio de la influencia respecto a la aplicación del Six Sigma, para que mejore la productividad dentro de esta fábrica, es importante para evaluar la viabilidad de esta estrategia y su potencial para mejorar el rendimiento de la empresa.

También la tesis, influencia en cómo es implementado el Six Gima, desde de la fabricación de cada componente, pasado a presentar relevancia social importante, ya que la productividad es un factor clave para el desarrollo económico y la competitividad de un país. La mejora respecto a que nivel de productividad puede presentar dentro de la reducción de los costos para una calidad y mejora continua. También, implementarse al Six Sigma puede contribuir a la sostenibilidad y la responsabilidad social empresarial, al reducir los residuos y los defectos en los procesos de producción.

En suma, la presente investigación se realizó para que se mejore una serie de proceso, donde se pueda disminuir cada periodo de entrega, otorgar productos de calidad en las fabricaciones de componentes para que la empresa pueda garantizar a sus clientes un producto confiable de la empresa ZANINGROUP SAC. Asimismo, se establecieron indicadores para controlar las posibles desviaciones que puedan ocurrir en el proceso de fabricaciones de componentes, identificar puntos críticos, modificar procesos, el método Six Sigma fue una metodología que benefició a la empresa y a sus colaboradores para la mejora continua.

1.4.3 INVESTIGACIÓN TEÓRICA

Con este método aplicado se evidencia la mejora de cada proceso ampliamente utilizado en el sector empresarial para reducir los defectos y pueda mejorarse la calidad de cada servicio con los productos. El método tiene base en el enfoque sistemático y estructurado para la identificación y eliminación de los errores y problemas de un proceso. La implementación respecto al Six Sigma evidenciándose que se mejore la eficacia con la calidad de los procesos en diferentes sectores, incluyendo la fabricación y la industria minera. Por lo tanto, el estudio respecto a la fabricación de los componentes, siendo importante para evaluar la efectividad de esta metodología en la mejora de los procesos en la industria manufacturera.

1.4.4 INVESTIGACIÓN METODOLÓGICA

La tesis llegó a necesitar de la recopilación de datos cuantitativos sobre los procesos de cada proceso previo y luego de que se implemente al Six Sigma. Fue usada una serie de estadísticas para el análisis los datos y evaluar la efectividad de la

metodología Six Sigma pasando a mejorarse la productividad. Además, se utilizaron herramientas de análisis de procesos y de gestión de calidad para identificar una serie de oportunidades como problemas que puedan ayudar a mejorar a cada proceso. La metodología utilizada permitió obtener resultados precisos y confiables que puedan ser utilizados para mejorar la eficiencia y la productividad en la empresa. Asimismo, el estudio brindó un instrumento, basado en una ficha de observación, para evaluar indicadores de productividad que puedan ser útiles en otras empresas con características similares a la del estudio.

1.5 OBJETIVOS

1.5.2 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la implementación la metodología Six Sigma en el incremento de la productividad en al área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

1.5.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la influencia de la implementación la metodología Six Sigma en los reclamos y entrega de productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.
- Determinar el efecto tiene la implementación la metodología Six Sigma en la disminución de los errores en los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.
- Establecer de qué manera influye la implementación la metodología Six Sigma en el tiempo de fabricación y productividad laboral del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según **DANIYAN (2023)**, en China, realizaron el artículo “Mejora de las variaciones de productividad en la fabricación de resortes de refuerzo de la industria de bogies de tren: Un enfoque de Six Sigma”. **El objetivo de este estudio fue** la aplicación del Six Sigma buscando que la calidad con la productividad se mejore en resortes de trenes. **El estudio fue tecnológico aplicado, de diseño experimental** ya que se aplicaron las fases de DMAIC de Six Sigma para mejorar la capacidad del proceso (a largo plazo) en la producción de resortes de compresión de refuerzo en la línea principal del sistema de suspensión secundaria del bogie. En cada fase del método DMAIC, se utilizaron técnicas cualitativas y cuantitativas. **Los resultados** indicaron que inicialmente el índice respecto a la capacidad procesal, está menos de 1. No obstante, después de la implementación, los valores en relación al índice de toda capacidad del proceso a 1, para que se implemente la fase de mejora, Pag 11-15.

Por lo tanto, se logró disminuir la mejora en el área de disminución de las variaciones del proceso y la calidad de los productos luego de que se tome medidas correctivas. A partir de cada resultado laboral, pasando a concluirse en como el rendimiento con la productividad de cada proceso de la planta para que se fabriquen los trenes, por medio de la metodología DMAIC. Su relevancia, está en como implementarse las etapas del DMAIC buscando que se mejore la capacidad del proceso (a largo plazo) y minimizar las variaciones en la producción de resortes de compresión de refuerzo no ha sido suficientemente destacada por la literatura existente.

ENACHE I. ET AL. (2023), en Bucarest, en su artículo “Reducción de la tasa de desecho en la productividad utilizando la metodología Lean Six Sigma”, su razón

principal fue la implementación de este método, buscando la reducción de cada tasa de desechos respecto a la productividad en el doblado de bordes en la fabricación de cajas de puerta de metal, utilizada en el proceso de ensamblaje de aparatos de refrigeración. El diseño fue pre experimental, llegando a evaluarse la tasa de desperdicio y el tiempo de fabricación antes y después de que se implemente un método nuevo. También, la tesis se elaboró porque el proceso de ensamblaje de los refrigeradores no funciona a máxima capacidad debido a los desechos que ocurren en este componente. Las pérdidas tienen efectos directos en las ganancias organizacionales con la competitividad mercantil. **Entre los resultados**, se encontró que la tasa de desechos inicial era de 50 unidades para un promedio de 782 productos; es decir, el 6.39% de productos eran desechados. Asimismo, el tiempo de fabricación era en media, de 45 minutos por unidad. Sin embargo, después de la implementación el porcentaje de desechos fue de 30 por cada 782 productos, es decir, solo el 3.83% de productos se desechaban; en cuestión al tiempo de fabricación se redujo a 40 minutos por producto. Siendo usada la Minitab con la prueba de hipótesis para comparar el primer conjunto de mediciones con el segundo conjunto de mediciones tomadas después de la implementación de las soluciones. Dicha comparación reveló que los dos conjuntos de mediciones difieren de manera obvia y significativa (p-valor ANOVA<0.05)". Pag.11

En conclusión, el estudio comprobó que el Six Sigma es efectivo para que la productividad pueda mejorarse respecto a cómo se fabrica al doblado de cada puerta, llegando a aumentarse la capacidad procesal y mejorar la eficiencia de la entrega de las piezas del componente a la línea de ensamblaje. Este estudio de caso proporciona más evidencia de la eficacia del uso de cada método, reduciendo y disminuyendo todas las tasas de desechos

GUPTA V. ET AL. (2018), en la India, al presentar el artículo “Aplicación de Six Sigma para mejorar la productividad en una empresa de fabricación de neumáticos: un estudio de caso”. **Utilizaron el método DMAIC** incrementándose la productividad procesal, llegando a empalmarse una serie de cuentas, generando el desperdicio de insumos al momento de la fabricación de llantas de caucho. **Esta investigación**

metodológicamente tuvo un alcance explicativo y diseñado pre experimentalmente, evaluando la productividad al inicio y después de la utilización del Six Sigma DMAIC, que inició con la identificación del problema a través de la voz al momento de conceptualizarse. El siguiente paso consistió en recopilar los datos de especificación de la cuenta de neumático existente. Este paso fue seguido por cada etapa del análisis como la mejora, llegando a aplicarse una serie de instrumentos de calidad Six Sigma como el diagrama de causa-efecto, control estadístico de procesos y análisis sustancial del sistema existente para la identificación de la causa raíz y reducción en la variación del proceso. Siendo usado una serie de gráficos de control de cada proceso para que se pueda ver el control y su sistema. **Sobre los resultados**, utilizando la metodología DMAIC, su desviación estándar reduciéndose de 2.17 a 1.69. Su índice de capacidad procesal pasó de 1.65 a 2.95 y el nivel de la capacidad del rendimiento procesal pasó de 0.94 a 2.66. Pag. 20-25.

En conclusión, se estableció en método DMAIC, pasando a ser un rol básico para que pueda mejorarse la productividad y se disminuya cada defecto dentro del proceso para que se fabriquen neumáticos (Six-sigma application to improve productivity in tire-manufacturing company: a case study, 2018).

MINH L. ET AL. (2019), en Vietnam, en su artículo “Mejora continua de la productividad y la calidad con lean Six-Sigma: Estudio de caso”, pasando a determinarse como este método influye en la mejora respecto a la productividad con la calidad procesal al momento de desarrollar estructuras metálicas. **El estudio fue pre experimental**, implementando los siete instrumentos de control de calidad, que se integrarían en etapas sistemáticas específica. del ciclo DMAIC, junto con la tecnología lean. Después de la implementación de la metodología, los procesos con defectos se redujeron de 13 a 0; de una media de 50 partes desiguales, se redujo a una media de 10. En la mejora de operaciones, se dio la eliminación de fallas mediante operaciones manuales; además, La limpieza y desmontaje de las operaciones de los accesorios se realizaron de manera más fácil. En la mejora en productividad, la eliminación de errores en un lote fijo disminuyó en 46s/pc, que se traduce en un ahorro alrededor de \$464 /año; en cuanto a la mejora en las operaciones de configuración externa, aumentó

a 252s/pc, que significa un ahorro alrededor de \$2 542 /año. Siendo un total de \$3 006 anuales. Pag. 45-47.

En conclusión, el Six Sigma influyó directamente en la mejora de la productividad y calidad de una línea de producción mecánica. Finalmente, los autores consideraron implementar la metodología para otras líneas de producción o ensamblaje en otros campos, como la línea de ensamblaje electrónico, línea de confección y línea de ensamblaje de muebles.

DA SILVA ET AL. (2022), en Brasil, Río de Janeiro, realizaron el artículo “Los principales beneficios de la aplicación de Seis Sigma para la excelencia productiva”. **El propósito** fue abordar la aplicación del método Seis Sigma buscando gestionar todo proceso buscando que la variabilidad se reduzca y el desperdicio de los paquetes fabricados en una empresa ubicada dentro de Río de Janeiro. **Sobre la metodología**, se realizó una investigación explicativa para comprender el contexto, analizar y familiarizarse con los problemas identificados en la empresa, haciéndolos más explícitos. Sobre los hallazgos, se identificó que con la metodología DMAIC, la empresa pudo identificar una serie de causas para toda queja de la clientela y los factores que las causaban usando herramientas de gestión. Pag. 15-17.

Por lo tanto, se evidenció que existe una relación positiva entre la aplicación de toda metodología respecto a la gestión que tiene la facturación con la calidad organizacional, ya que hubo un aumento del 20% en la producción y reducción de tiempo de fabricación en 20%; además de un incremento del 1.7% en la facturación de la empresa. En conclusión, se logró evidenciar la influencia sobre la productividad por parte de la implementación del Six Sigma.

CÓNDOR A. (2022), en Ecuador, en su tesis “Propuesta de aplicación de la metodología DMAIC para mejorar la productividad en los procesos de fabricación de adoquines en la empresa CR Solution en Quito”. **La finalidad de aplicarse DMAIC** buscando que la productividad sea mejorada para cada proceso de fabricación de

adoquines en la organización. Siendo usado un diseño no experimental, contando con un corte transversal, aplicándose cada ficha como entrevistas. **Su análisis como es la interpretación** de cada resultado, llegando a mencionarse que la empresa cuenta con un 15% de ineficiencia en cada lote de producción, vista en distintas unidades con defectos y un tiempo promedio tomado del 7.7% más de lo establecido. **La propuesta de implementación** permitió incrementar los ingresos anuales de la entidad en un 17.6% con una inversión cercana a los 7 mil dólares. También, el número de productos defectuosos se redujo de 861 840 a 732 960 anuales, en el cálculo de la productividad se registró un aumento del 17.58%. Pag. 20-23.

Concluyendo que la aplicación respecto a este método ayudó a mejorarse significativamente.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Según **ESPEJO (2018)** elaboró el estudio “Implementación de Six Sigma y la productividad en una pyme de producción”. **El fin fue** evaluar como el Six SAigma influye dentro de la productividad. Esta tesis presentó al enfoque cuantitativo, su diseño fue pre experimental y tuvo un tipo explicativo, como aplicada, se utilizó una metodología adaptada de la propuesta de Felizzola, Luna y Barbosa. Siendo usado una serie de bases, entre ellas las de Gutiérrez, Shere y Pyzdeck. Esta muestra fue la misma, estructurada por pyme de la ciudad de Lima. La data llegó a recolectarse por medio de la observación con los documentos, y se analizaron mediante el software SPSS 25. Pag. 58-60.

*Los resultados tras después de su implementación presentaron el incremento en relación a la productividad en 22.87%, elevó el nivel sigma del proceso para que se desarrolle e incremente la ratio de estos valores, siendo igual para el Sigma durante la producción, pasando de un puntaje de 2.09 a 3.00; finalmente la ratio de valor agregado creció de 0.64 a 1.4. **El autor concluyó** indicando que la productividad fue afectada positivamente con el Six Sigma (Espejo, 2018).*

FERNÁNDEZ H. Y RIMAPA C. (2018), en Chiclayo, desarrollaron el “Plan de mejora basado en 6 Sigma para aumentar la productividad en el proceso de producción de la empresa el Águila S.R.L.-Chiclayo”. **El trabajo consistió** en mejorar su productividad con la empresa, con el propósito de reducir cada costo irrelevante y se incrementa toda eficiencia en cada proceso de la producción con el uso del método 6 Sigma, al margen de la referencia para que se analice cada proceso. **El estudio fue pre experimental**, evaluado en un periodo de 6 meses, periodo en el cual se procedió a implementar el modelo DMAIC, los datos se registraron en una hoja Excel que funcionó como registro de datos. Pag. 76-79.

Los resultados obtenidos indicaron que su productividad organizacional promedio a un 1.378, reduciéndose, por ende, para mejorar la situación, se diseñó un plan de mejora utilizando el Six Sigma. El análisis reveló que su motivo básico se llegó a afectarse por la productividad al momento de obtener una serie de sacos B debido a un mal control en el peso denier. En los resultados, tras la implementación se incrementó la media de productividad en 35%, concluyendo que el 6 Sigma fue efectivo para incrementar la productividad.

CHACALTANA J. Y RODRÍGUEZ M. (2022), en Lima, realizaron el estudio “Aplicación de la metodología Six Sigma para la mejora de la productividad del área de teñido de Creditex S.A.A., Lima, 2021”. **El propósito** del informe fue evaluar el efecto del 6 Sigma en la productividad dentro del teñido. **Se empleó un diseño** cuasi-experimental, presentado un enfoque resultó ser cuantitativo, con el nivel relacional en un estudio aplicado. Sus 60 procesos sobre el teñido de telas y se utilizó una muestra censal. Los datos se recabaron mediante una ficha para la data. Pag. 31-35.

Cada resultado evidenció que implementarse al 6 Sigma, llegó a incrementar toda productividad organizacional, con incrementos del 26.21% en productividad, 12.94% en eficiencia y 24.10% en eficacia. Se vio también que el 6 Sigma llegó a ser

*rentable para la organización como indican en la viabilidad: VAN = S/424 677.88; TIR = 55% y payback = 1.84 meses. **En suma**, Six Sigma es una metodología completa que mejora la productividad; además también tiene efecto positivo sobre la calidad de cada proceso con la rentabilidad de las empresas.*

CALDERÓN J. (2020), en Lima, en su tesis “Implementación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en una empresa”. **La tesis aplicó** al Lean 6 Sigma buscando aumentar la productividad en una compañía dedicada a la producción de artículos plásticos. **El estudio siguió** un diseño cuasi experimental, siendo la población las 5 líneas productivas de fabricación, evaluando los gramajes por mes de las líneas, las mermas mensuales, y el registro de productos, el instrumento de cada ficha. **Los resultados** se redujo la variabilidad como la media de los gramajes de las láminas de PVC. La desviación estándar se redujo de 17.19 a 11.22 gr/m², el peso promedio disminuyó de 1066.50 gr/m² a 1050.95 gr/m²; en cuanto a las mermas en el área de producción se redujo en un 37.9%. Además, la implementación del trabajo estándar redujo la producción de artículos no conformes de 471 a 283 por mes y generó ahorros en el consumo de MP de 4,808.66 Kg mensuales. Pag. 45-48.

El estudio concluye indicando que este método mejoró la productividad de la empresa de plásticos, aumentando la productividad de 0.90 a 0.96 Kg de producto. Por tanto, se confirmó la efectividad de este método para mejorarse la productividad con la calidad (Calderón, 2020).

SIERRALTA D. (2022), en Huancayo, elaboró “Efecto de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad de una empresa de Confección Textil Industrial”. La tesis fue aplicar el 6 Sigma buscando mejorarse la productividad organizacional. Su método fue el científico, llegando a aplicarse el nivel explicativo con el diseño cuasi experimental. Se trabajó con 50 empresas dentro de Huancayo, se vio como la productividad de 69.87% paso a alrededor del 95%, donde la eficiencia pasó de 83% al 97%, sobre la eficacia de 84.2% paso a un 97%. Pag. 56-60.

En conclusión, determinándose como el efecto del 6 Sigma para que se mejore la productividad para la organización de la empresa textil (Sierralta, 2022).

CAMAYO J. (2021), en Huancayo, en su tesis “Metodología lean Six Sigma para incrementar la productividad en el área de producción de una empresa agroindustrial”. **El informe determinó** como el método Lean 6 Sigma tuvo influencia en el incremento respecto a la productividad que tiene el área de producción de la organización. Siendo usado el método científico, contó con un diseño experimental. La muestra fue no probabilística y conformada por las trece semanas de producción. Pag. 36-39.

Según los resultados obtenidos, su media en relación a la productividad antes de implementarse el método fue de 0.8404 pasando a un 0.9320, concluyendo que usar la metodología Lean 6 Sigma llega a influenciar en como la productividad se ve aumentada frente a la producción (Camayo, 2021).

2.2. BASES TEÓRICAS DE INVESTIGACION CIENTIFICA

2.2.1. CONCEPTOS BÁSICOS

- **METODOLOGIA:**

De acuerdo con Hernández (2014), la metodología se refiere a una serie de procesos usados para un estudio, estudio o trabajo específico. Es un enfoque sistemático y estructurado, el cual llega a orientar al proceso para que se recopilen e interpreten los datos, pasando a obtener conclusiones.

- **INVESTIGACION:**

Según Sánchez (2018), se considera como un proceso riguroso para que se indague, buscando obtener nuevos conocimientos, resolver problemas o responder preguntas específicas. Implica la recopilación, análisis e interpretación de información relevante para generar conclusiones o descubrimientos que aporten al conocimiento existente.

- **IMPLEMENTACION:**

Para Jiju et al. (2020), la implementación se refiere a la acción de poner en práctica o ejecutar una idea, plan o proyecto de manera concreta. Implica llevar a cabo las acciones necesarias para hacer efectiva una estrategia, política o programa, y garantizar que se lleve a cabo de manera exitosa.

- **SIX SIGMA:**

Según Galvin (2020), el six Sigma es conocido como el nombre abreviado de un sistema que mide la calidad, cuyo objetivo general es de acercarse lo más posible a la perfección en el proceso.

- **FABRICACIONES:**

Para la RAE (2020), las fabricaciones se refieren al proceso de producción o manufactura de bienes o productos. Involucra toda transformación de elementos y materias primas a través de diversas etapas y técnicas, como el diseño, la selección de materiales, la producción en sí misma y el control de calidad.

- **AREA:**

Para la RAE (2020), el término "área" se utiliza para referirse a una división o departamento específico que se encarga de realizar funciones y tareas relacionadas. Cada área dentro de una empresa tiene una responsabilidad y un conjunto de actividades particulares que contribuyen al funcionamiento y logro de metas para la empresa.

2.2.2. PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN

2.2.2.1. Definición de productividad

La productividad se refiere a la optimización del proceso de producción. Esta optimización implica lograr una relación respecto al número de recursos que se usan y el número de bienes como servicios que se producen. Siendo que la productividad se puede entender como un indicador que establece como se relaciona cada resultado

con el recurso que se usó. La productividad presenta relación con la eficacia y eficiencia que tiene el sistema productivo al momento de producirse el bien o servicio (Carro, y otros, s/f.).

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

En ocasiones, medir la productividad puede ser bastante sencillo, pero en muchos casos surgen dificultades significativas en dicho proceso. Algunos de los problemas que pueden surgir al medir la productividad son los siguientes: especificarse cada producto pasa a variar, pese a que sus insumos como resultados sean continuos. Asimismo, los aspectos externos llegan a influenciar en como se crezca o reduzca la productividad, donde el sistema no se toma como un responsable total de estos cambios (Carro, y otros, s/f.).

Para Gunasekaran y Cecille definen la productividad pasa a ser una proporción de lo que se produce y cada recurso necesario para su producción. En otras palabras, la productividad se fundamenta respecto a como los resultados se obtienen pasando a ser servicios como bienes, insumos que se usan, al igual que recursos humanos, materiales, capital y otros (Munyai, y otros, 2018). Desde la economía define a la productividad, como un valor respecto al producto de la unidad de cada insumo. Pero la productividad comprende cuatro componentes: la innovación, la educación, la eficiencia e infraestructura (La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo del Perú en el mundo, 2016) La productividad se refiere al vínculo que existe entre la cantidad de productos que se adquiere a partir de un sistema de producción y los recursos materiales que se aplican en una producción. La productividad viene a ser un indicador que evidencia la eficiencia en la producción. Asimismo, la productividad tiende a ser medido de acuerdo al tiempo, lo que indica el tiempo que se emplee para desarrollar un trabajo establecido, se puede mencionar que el sistema es más productivo de acuerdo al tiempo que se utilizó (2018).

2.2.2.2. Expresiones de la productividad

Se cuenta con distintas opciones para que la productividad sea expresada (Carro, y otros, s/f.).

- **Productividad parcial y productividad total.** Al mencionarse a la productividad parcial llega a referirse por una relación de la producción totalitaria de la salida y uno de cada recurso empleado (insumo o entrada) (Carro, y otros, s/f.).

$$Productividad\ Parcial = \frac{Salida\ Total}{Una\ Entrada}$$

La productividad totalitaria llega a abarcar a cada recurso (entradas) siendo usado por el sistema, implicando que el cociente generado por la salida y la suma totalitaria del grupo de entradas (Carro, y otros, s/f.).

$$Productividad\ Total = \frac{Salida\ Total}{Entrada\ Total}$$

$$Productividad\ Total = \frac{Bienes\ y\ Servicios\ Producidos}{Mano\ de\ obra + Capital + Materias\ Primas + otros}$$

- **Productividad física y productividad valorizada.** Al mencionarse a la productividad física que tiene una entrada, se hace referencia a como se relaciona a la cantidad física de la salida que se genera por el sistema y el número requerido de una entrada específica produciéndose salida. En otras palabras, representa la cantidad de salida que se obtiene por la unidad respecto a la entrada. En otras palabras, representa el número de salida que se obtiene en la unidad de entrada que se usa. La salida se mide por metros, toneladas, unidades, etc., siendo que esta entrada se expresa en horas -hombre, horas-máquina, etc. Además, la productividad toma valor, mencionando de manera anterior, donde se cuenta con una diferencia en la salida se valora en términos monetarios (Carro, y otros, s/f.).
- **Productividad promedio y productividad marginal.** La medida estándar de eficiencia se establece al evaluar la producción total de un sistema en relación con la cantidad de recursos empleados para generarla. Estas eficiencias se comunican en forma de promedios. La noción de eficiencia promedio resulta beneficiosa para efectuar comparativas de

rendimiento entre sistemas diversos e identificar alteraciones en el indicador a lo largo de un periodo determinado. (Carro, y otros, s/f.).

- **Productividad bruta y productividad neta.** La tasa de rendimiento total se obtiene al dividir el valor completo de la producción (que comprende el valor total de los recursos) entre la entrada (o conjunto de aportes) que engloba igualmente el valor completo de los recursos. Este enfoque en la definición del rendimiento presenta la conveniencia de simplificar el cálculo del índice. Por contraste, el rendimiento neto se conceptualiza como el valor extra añadido a la producción por un aporte, omitiendo el valor de determinados recursos (Carro, y otros, s/f.).

2.2.2.3.Importancia de la productividad empresarial

La productividad empresarial es de importancia debido a 5 factores:

- **Eficiencia operativa:** La optimización de la utilización de los recursos disponibles en una organización conlleva a incrementar la eficacia empresarial, generando así una producción superior o un rendimiento ampliado sin requerir una cantidad adicional de recursos. Alternativamente, se busca aprovechar al máximo los recursos disponibles para lograr los fines corporativos de manera más efectiva (La eficiencia operacional, s/f.).
- **Competitividad:** Una empresa productiva tiene la capacidad de brindar servicios como productos respecto a la calidad de cada precio de la competencia, lo que le permite destacarse en el mercado y enfrentar la competencia de manera efectiva. La productividad empresarial siendo relevante para un aspecto clave para que se mejore y mantenga la posición en la industria (Carro, y otros, s/f.).
- **Rentabilidad:** La mejora de la productividad empresarial conduce a una mayor rentabilidad. Al aumentar la producción con los mismos recursos o reducir los costos sin afectar la calidad, las empresas pueden lograr mayores márgenes de beneficio y obtener mejores

resultados financieros (Productividad, rentabilidad y empleo: Un análisis de las diferencias según el modo de offshoring implementado, 2009).

- Innovación y crecimiento: La productividad empresarial fomenta la innovación y el crecimiento. Al optimizar los procesos y recursos existentes, se liberan capacidades para la investigación y se desarrolle productos, servicios o prototipos para que se crezca en un plazo mayor (CEPAL, 2012).
- Sostenibilidad: La productividad empresarial también está relacionada con la sostenibilidad. Al utilizar los recursos de manera eficiente, se reducen los impactos ambientales y se promueve una gestión más responsable y sostenible de cada recurso (Ramirez, 2022).

2.2.2.4. Dimensiones

La variable productividad del área de fabricación de componentes se mide con las siguientes dimensiones reclamos y entrega de los productos, errores en los productos y tiempo de fabricación y productividad laboral.

A. Reclamos y entrega de los productos

Los reclamos y entrega de los productos están asociados con la calidad de los productos, la cual se define como la medida en que los productos cumplen con los estándares y requisitos establecidos. Incluye aspectos como la fiabilidad, durabilidad, funcionalidad, aspecto estético y capacidad de satisfacer las necesidades y expectativas. Para que se planifique y analice la calidad respecto a los productos empieza desde el desarrollo del producto hasta su uso. Para Juran y Gryna sigue una serie de pasos sistemáticos (Juran, y otros, 1993):

- Identificación de las necesidades de la clientela: En esta primera etapa, se recopilan, analizan una serie de excepciones para el producto. Esto puede involucrar encuestas, estudios de mercado,

retroalimentación de los clientes y otras técnicas de investigación (Juran, y otros, 1993).

- Traducción de las necesidades en características del producto: Una vez identificadas a cada una de las necesidades de la clientela, traduciéndose en una serie de requisitos. Estas características pueden estar relacionadas con el rendimiento, la confiabilidad, la durabilidad, la facilidad de uso, el diseño, entre otros aspectos (Juran, y otros, 1993).
- Desarrollo de planes y procesos de calidad: En esta etapa, se crean planes y procesos que aseguren que el producto cumpla con los requisitos de calidad establecidos. Esto implica el diseño de métodos de producción, el establecimiento de estándares de calidad, la implementación de controles de calidad y la capacitación del personal (Juran, y otros, 1993).
- Medición y análisis de la calidad: Una vez que el producto está en producción, se deben realizar mediciones y análisis para evaluar su calidad. Esto implica usar una serie de instrumentos como técnicas para que se controle la calidad para recopilar datos, analizar tendencias, identificar problemas y oportunidades de mejora (Juran, y otros, 1993).
- Acciones correctivas y preventivas: Respecto a cómo los datos son sobre la calidad, se toman acciones correctivas para solucionar problemas y prevenir su recurrencia. También se implementan acciones preventivas para evitar la aparición de problemas en el futuro (Juran, y otros, 1993).
- Mejora continua: La planificación y evaluación de la excelencia opera en ciclos repetitivos, buscando siempre la progresión constante. La interacción con los clientes se promueve, lo que da lugar a adaptaciones y perfeccionamientos tanto en el artículo como en los

procedimientos de excelencia, con el propósito de adecuarse eficazmente a las cambiantes demandas del público (Juran, y otros, 1993).

a. Índice de reclamos del producto

Es una valoración empleada para medir y cuantificar la excelencia de un artículo o servicio. Se deriva de criterios objetivos, tales como especificaciones técnicas y directrices de excelencia, al igual que de criterios subjetivos, que comprenden la satisfacción del consumidor y la percepción de la excelencia. El Índice de Quejas del Producto se configura como una herramienta beneficiosa para las compañías, ya que posibilita la evaluación y vigilancia continua de la calidad de sus productos, la identificación de zonas susceptibles de mejora y la toma de medidas correctivas para cumplir con los estándares de excelencia predefinidos y colmar las expectativas de la clientela (What does "product quality" really mean?, 1984).

Para la investigación el índice de reclamos del producto es igual al número de reclamos del cliente entre el número de pedidos entregados todo esto multiplicado por 100.

$$\text{IRP} = \frac{N^{\circ} \text{ de reclamos del cliente}}{N^{\circ} \text{ de pedidos entregados}} \times 100$$

b. Índice de Cumplimiento de Entrega

Es una métrica utilizada para medir el grado en que una organización cumple con los plazos acordados para la entrega de productos o servicios a sus clientes. Este índice se calcula comparando la cantidad de entregas realizadas dentro del plazo acordado con la cantidad total de entregas planificadas. Un alto índice de cumplimiento de entrega indica una eficiente administración que presenta el suministro con la capacidad para que se cumpla con los compromisos asumidos con los clientes (What does "product quality" really mean?, 1984).

Para la investigación el índice de cumplimiento de entrega es igual al número de pedidos que se entregan en un periodo de la totalidad de pedidos, todo por 100%.

$$\text{ICE} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Pedidos Entregados a Tiempo}}{\text{Total de Pedidos}} \times 100\%$$

B. Errores en los productos

Los errores en los productos son defectos, fallos o imperfecciones que se presentan en un producto durante su proceso de fabricación o posteriormente en su uso. Los errores en los productos pueden resultar en costos adicionales asociados con la corrección de los defectos, la reprocesamiento, o la devolución de los productos defectuosos. Estos costos adicionales pueden afectar la rentabilidad y eficiencia de la producción. La detección y corrección de errores en los productos requiere tiempo y recursos, lo cual retrasa la entrega de cada producto que se termine y afecte en la planificación de la producción (Nahmias, 2015).

a. Índice de productos no conformes (No conformidades)

Es una métrica utilizada para medir la proporción o porcentaje de cada producto que no sea de calidad. También puede ser conocido como Índice de Productos Defectuosos Un Índice de Productos No Conformes más bajo indica una mayor conformidad con los requisitos de calidad, mientras que un índice más alto puede indicar problemas en los procesos de producción y control de calidad (Montes, 2018).

Para la investigación el índice de productos no conformes es igual a la cantidad de piezas rechazadas entre la cantidad de piezas producidas esto multiplicado por 100.

$$\text{IPNC} = \frac{\text{Cantidad de piezas rechazadas}}{\text{Cantidad de piezas producidas}} \times 100$$

b. Índice de Retrabajo

Este índice mide la proporción de trabajo adicional o retrabajo que se requiere para corregir los defectos o errores en un producto o proceso. El seguimiento y análisis del Índice de Retrabajo siendo relevante para que se reconozca una serie de causas de errores, tomar acciones correctivas y mejorar continuamente los procesos. Un índice alto puede indicar la necesidad de revisar y mejorar los procedimientos, capacitar al

personal, implementar controles de calidad más efectivos o realizar ajustes en el diseño del producto (2012).

Para la investigación el índice de retrabajo es igual a la cantidad de piezas retrabajadas entre la cantidad total de piezas producidas esto multiplicado por 100%.

$$IR = \frac{\text{Piezas Retrabajadas}}{\text{Total de Piezas Producidas}} \times 100\%$$

C. *Tiempo de fabricación y productividad laboral*

El tiempo de fabricación es un referente al periodo necesario para que se complete los procesos de fabricación de un producto, desde el inicio hasta la finalización. Es una medida que indica la eficiencia y rapidez con la que se lleva a cabo la producción. La productividad laboral, por otro lado, siendo referente al nivel de producción generado respecto a la cantidad de trabajo o esfuerzo empleado. Es una medida que evalúa la eficiencia y rendimiento de los trabajadores en términos de producción. Estos dos conceptos están estrechamente relacionados el tiempo de fabricación influye en la productividad laboral, ya que un proceso de fabricación más rápido puede aumentar la producción en un período de tiempo determinado. Por otro lado, una alta productividad laboral puede reducir el tiempo de fabricación al aprovechar de manera eficiente sobre los recursos para que se optimice el rendimiento laboral (Nahmias, 2015).

a. *Tiempo Promedio de Fabricación*

Se refiere al tiempo promedio que se necesita para fabricar un producto completo, desde el inicio hasta la finalización, en un proceso de producción determinado. Es una medida que indica la duración media del proceso de fabricación de un producto. Incluye una serie de fases del proceso para que se genere la producción, al preparar materiales, ensamblaje, pruebas y acabado. El tiempo promedio de fabricación puede variar según el tipo de producto, la complejidad sobre como se fabriquen, su automatización, sobre la disponibilidad de recursos y otros factores (2015).

Para la investigación el tiempo promedio de fabricación es igual al tiempo total de fabricación entre el número de piezas producidas

$$TPF = \frac{\textit{Tiempo Total de Fabricación}}{\textit{N° de Piezas Producidas}}$$

b. Productividad laboral

La productividad laboral se refiere a la cantidad de producción o valor generado por la cantidad de periodos trabajados y la totalidad de empleados que están en la producción. Siendo relevante considerar la medición de la productividad laboral puede variar según el contexto y la industria. Una alta productividad laboral indica que se está logrando una mayor producción o valor con los mismos o menos recursos humanos. Esto puede ser el resultado de una mejor utilización del tiempo de trabajo, la aplicación de una serie de tecnologías eficientes, donde la mejora de cada proceso o la capacitación y motivación adecuadas de los empleados (2015).

Para la investigación la productividad laboral es igual al número de unidades producidas entre horas hombre utilizadas esto multiplicado por 100.

$$PL = \frac{\textit{N° de unidades producidas}}{\textit{Horas hombre utilizadas}} \times 100$$

2.2.3. SIX SIGMA

2.2.3.1. Historia del 6 σ

Six Sigma es un enfoque sistemático y robusto para la mejora, que se centra en el cliente y otros grupos de interés clave. Six Sigma busca mejorar los procesos para que entreguen salidas consistentes y confiables (Jiju, y otros, 2020). Sus principios fueron desarrollados por Motorola, que sugieren generalmente la existencia de defectos a una tasa de 3.4 defectos por millón de oportunidades para que surjan tales defectos. Este método es efectivo tanto en la industria manufacturera como en la de servicios y en entornos de producción de alto y bajo volumen; ya que permite a las empresas tener un enfoque preciso y cuantitativo en la identificación y corrección de la causa raíz de los problemas (Reducing the scrap rate on a production process using lean six sigma methodology, 2023). A pesar que existen varios métodos de mejora

continúa en la literatura, Lean y Sigma se han utilizado durante más de 30 años en varias organizaciones, demostrando ser los más poderosos y reconocidos. Desarrollar las estrategias llega a mejorarse como un factor clave para el éxito a largo plazo en las organizaciones modernas (Jiju, y otros, 2020).

Si bien es imposible establecer una fecha definitiva para el comienzo de Six Sigma, alrededor de mediados de la década de 1980, Bill Smith y sus colegas en Motorola comenzaron proyectos de mejora que se parecían a la Gestión de la Calidad Total (TQM). Motorola se enfrentaba a una feroz y dura competencia con sus competidores en el mercado de los localizadores y necesitaba mejorar la calidad y reducir los costos operativos para mantenerse en el negocio. Bob Galvin, el CEO de Motorola, junto con sus colegas, decidió invertir en Six Sigma y lo adoptó como una estrategia principal a nivel operativo para ofrecer calidad a bajo costo. Six Sigma proporcionó una hoja de ruta general para resolver problemas complejos con soluciones desconocidas. Motorola logró resultados tangibles y medibles en la línea de fondo, y otras organizaciones comenzaron a tomar nota del éxito de Motorola, incluyendo Honeywell. En 1995, Jack Welch, quien era el CEO de GE (General Electric), declaró que la compañía incorporaría Six Sigma para reducir defectos y costos operativos. En consecuencia, esta iniciativa se hizo muy reconocida, apareciendo en las portadas de periódicos conocidos (Jiju, y otros, 2020).

Para el 2001, Welch informó a los analistas de Wall Street que Six Sigma sería la iniciativa más grande que GE haya lanzado y que sería su máxima prioridad durante los próximos cinco años. Previo a que se conozca cada resultado, las acciones de GE comenzaron a subir y muchas otras empresas empezaron a examinar más de cerca Six Sigma. Basándose en el éxito de GE Capital, otras instituciones financieras iniciaron proyectos de Six Sigma. En los años 90 y al iniciar los 2000, alrededor de diferentes organizaciones de diversas industrias lanzaron iniciativas de Six Sigma, incluyendo a DuPont, Dow Chemical, 3M, Ford y American Express, por nombrar solo algunas. En el extranjero, empresas en Europa y Asia comenzaron a implementar Six Sigma en distintos grados, en particular empresas coreanas como Samsung (Jiju, y otros, 2020).

Aunque Six Sigma tiene sus raíces en la fabricación, ha demostrado ser una metodología bien establecida de excelencia en procesos en casi todos los sectores,

independientemente de su tamaño y naturaleza. Esto incluye sectores como el cuidado de la salud, la educación superior, la policía, la industria alimentaria; además, varias pequeñas y medianas empresas han mostrado resultados destacables desde la adopción de Six Sigma como metodología de excelencia en procesos empresariales. Pero su mayor contribución está en los procesos de fabricación (*Application of Lean Six Sigma in IT support services – a case study*, 2019).

El Six Sigma puede ser utilizado como catalizador para mejoras a pequeña y gran escala en cualquier empresa en forma de proyectos de mejora continua que llevan a resultados sostenibles en la línea de fondo. La organización de estudio en proyectos con constantes fallas y en el cual, las causas raíz nunca fueron abordadas correctamente desde la primera vez, la metodología Six Sigma es una elección poderosa en situaciones como esta donde las soluciones son desconocidas o las causas raíz no se entienden (*Application of Lean Six Sigma in IT support services – a case study*, 2019).

La identificación de las verdaderas causas de retrasos o acciones erróneas permite al departamento de auditoría interna o de control, o el propio gerente o administrador de cada empresa priorizar los procedimientos de alto riesgo y crear recomendaciones de auditoría más efectivas. En este sentido, un sistema de control sólido debe proporcionar lo siguiente: menores gastos de auditoría externa, control sobre los activos de la organización y una información más confiable y basada en datos para la toma de decisiones financieras (Espejo, 2018).

Las industrias, para implementar un sistema de gestión de calidad, deben lidiar con el control, el monitoreo constante y la medición de la adecuación y efectividad de los procedimientos establecidos. El departamento de auditoría debe apreciar que la filosofía de la auditoría va más allá del cumplimiento y también ... que los auditores desempeñen su trabajo de manera efectiva mientras minimizan los costos. Los presupuestos de tiempo, utilizados para mejorar la eficiencia o efectividad por unidad de tiempo, son el medio más común de control de costos (Franchetti, 2015).

2.2.3.2. Ventajas del Six Sigma

Implementar el Six Sigma dentro de una empresa tiene las siguientes ventajas (Vanzant, 2019):

- Enfatiza la necesidad de reconocer oportunidades y eliminar defectos según lo definido por los clientes.
- Reconoce que la variación obstaculiza la capacidad para ofrecer servicios de alta calidad de manera confiable.
- Brinda datos e incorpora un conjunto completo de herramientas de calidad en un marco poderoso para una resolución efectiva de problemas.
- Proporciona una infraestructura cultural altamente prescriptiva efectiva para obtener resultados sostenibles (Vanzant, 2019).

Por otro lado, para lograr resultados medibles que puedan estar vinculados a un objetivo predeterminado o estado futuro, los aspectos Six Sigma de la metodología general abordan la mejora del proceso desde diferentes ángulos: Ya que se enfoca en una mayor rentabilidad (mayor calidad y satisfacción del cliente que lleva a mayores ventas). A continuación, se presenta una lista de los posibles beneficios de costos que se pueden obtener de la implementación adecuada de Six Sigma (Franchetti, 2015):

- Ahorro de costos en el resultado final.
- Reducción en los tiempos del ciclo de proceso.
- Altas calificaciones de calidad externa.
- Mayor satisfacción del cliente.
- Menores requisitos de espacio.
- Mejora de la rentabilidad.

- Mejora de la fidelidad del cliente.
- Menos defectos y desechos, no conformidades (reducción del costo de fallas internas y externas de calidad).
- Ambiente de trabajo más seguro y menos desordenado.

El Six Sigma también desarrolla las habilidades analíticas y habilidades blandas de los empleados. Six Sigma se basa en la aplicación de estadísticas para identificar y eliminar defectos y problemas de calidad; enseñar estas habilidades a los empleados mejora su toma de decisiones y los hace mejores empleados. Específicamente, Six Sigma también puede ayudar en (Franchetti, 2015):

- Desarrollo de habilidades del personal.
- Mejora del conocimiento y habilidades.
- Mejora de la moral de los empleados.
- Capacidad para usar una amplia gama de herramientas y técnicas (Franchetti, 2015).

2.2.3.3. Definición del 6 σ

Six Sigma es conocido como el nombre abreviado de un sistema que mide la calidad, cuyo objetivo general es de acercarse lo más posible a la perfección en el proceso (Galvin, 2020). Además, Six Sigma constituye una táctica holística y ajustada para instaurar, sostener y expandir el triunfo empresarial. Se basa exclusivamente en una comprensión cabal de las demandas del consumidor, la aplicación rigurosa de información, evidencia y evaluaciones numéricas, y la administración, potenciación y reinversión minuciosa de las operaciones empresariales (Reducing the scrap rate on a production process using lean six sigma methodology, 2023).

Six Sigma se dedica a la amplificación de la calidad, la productividad y el desempeño financiero en el trasfondo. El enfoque de Six Sigma presenta una metodología destinada a alcanzar estos logros y un sistema en el que cimentar

cualquier emprendimiento de mejora, incluyendo los planes para reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero. Six Sigma se apoya en gran medida en información, evidencia y la aplicación de herramientas numéricas para examinar la implementación de mejoras. Estas herramientas cuantitativas son robustas para llevar a cabo experimentos, contrastar información y brindar percepciones significativas sobre un proceso con el fin de identificar las raíces de los problemas y obtener conclusiones (Reducing the scrap rate on a production process using lean six sigma methodology, 2023).

Six Sigma tiene tres soluciones globales y específicas: mejora de procesos, diseño/rediseño de procesos y gestión de procesos. La mejora de procesos se refiere a una estrategia de corrección de un problema mientras se mantiene la estructura central del proceso intacta. El rediseño/reingeniería de procesos es una estrategia para renovar completamente el proceso, incluyendo la estructura central. La gestión de procesos se refiere a la integración de los métodos Six Sigma en el negocio cotidiano, incluyendo que (Franchetti, 2015):

- Los procesos están documentados y gestionados de principio a fin, y se ha asignado responsabilidad de tal manera que se garantiza la gestión interfuncional de los procesos críticos.
- Los requisitos del cliente están claramente definidos y se actualizan regularmente.
- Las medidas de los resultados, las actividades del proceso y las entradas son exhaustivas y significativas.
- Los gerentes y asociados utilizan las medidas y el conocimiento del proceso para evaluar el rendimiento en tiempo real y tomar medidas para abordar los problemas y oportunidades.
- La mejora de procesos y el diseño/rediseño de procesos se utilizan constantemente para aumentar los niveles de rendimiento, competitividad y rentabilidad de la empresa (Franchetti, 2015).

2.2.3.4. Fases del 6 σ : DMAIC

La metodología Six Sigma se divide en seis fundamentos (17):

- i. Conceptualizar una serie de servicios y productos.
- ii. Saber quienes son los interesados y sus críticas.
- iii. Reconocer los métodos, procesos como sistemas para que se satisfaga los requerimientos de los interesados.
- iv. A prueba de errores el proceso y eliminar el desperdicio.
- v. Medir y analizar el rendimiento.

Cuando se desea trabajar con el proceso Six Sigma, se tienen dos metodologías principales para elegir. Ambas son eficientes y pueden funcionar, solo depende del tipo de industria en la que te encuentres y de lo que funcione mejor para la finalidad. Las dos principales son DMAIC y DMADV. Primero, se debe echar un vistazo al DMAIC. Esto es útil cuando se trata de crear un nuevo proceso y mejorar cualquier proceso que necesite trabajo adicional para ser más eficiente y tener menos riesgos (Galvin, 2020). El DMAIC viene ser el acrónimo de los cinco pasos que se siguen en la metodología para que se siguen en el método de mejora de cada proceso: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Mientras que el DMADV es un acrónimo de los cinco pasos que se siguen en la metodología. El DMADV es un método usado para que se diseñe el producto como proceso. (Franchetti, 2015).

De los dos enfoques se basan en el uso de datos y análisis estadísticos para lograr mejoras significativas como duraderas respecto a la calidad de cada producto como proceso (Galvin, 2020). La elección entre DMAIC y DMADV depende del contexto específico de la situación y de si se trata de mejorar un proceso existente o diseñar uno nuevo. En el estudio se tomará como base el DMAIC, ya que la finalidad es mejorar los procesos de fabricación. En este sentido, para lograr los objetivos fundamentales, Six Sigma utiliza la metodología DMAIC de cinco pasos que se describe a continuación (Franchetti, 2015):

A. Fase 1: Definir

En este paso, se suele delinear el desafío o la perspectiva de perfeccionamiento. Este momento resulta crucial en la etapa de resolver dilemas. Si el planteamiento y la configuración del dilema no se realizan de manera precisa previamente, se pueden enfrentar complicaciones al intentar crear una solución idónea más adelante. Herramientas habituales desplegadas en esta etapa comprenden el análisis de las preferencias del consumidor (VOC), la estructura SIPOC (proveedor-entrada-proceso-salida-cliente), la visualización de procesos, el inicio del proyecto, entre otras. (Jiju, y otros, 2020).

La fase de definición es la base del proceso para identificar la restricción del sistema y resolver los problemas organizacionales. Es donde se identifican las preocupaciones del cliente y se toman las medidas específicas para llegar a una conclusión sobre el camino correcto para resolver el problema. La fase de definición es donde se comienza a identificar lo que no se sabe. Es donde se crea lo que se cree que es la solución al problema en base a la observación directa del proceso y en lo que nos dice la voz del cliente que es la restricción del sistema (Bloom, 2022).

Esta fase comienza con una revisión del proceso y de lo que el cliente nos está diciendo que no se está entregando. Con frecuencia, la información en este punto proviene de dentro de la organización. Es la verdadera visión del mundo, no como es sino como se ve. Es la visión del negocio en el espejo en lugar de a través de la ventana. Está guiado por los sesgos organizacionales sobre el proceso que se está revisando. Habiendo determinado lo que está mal, se determina cómo esperar que fuera el proceso una vez que se complete (Bloom, 2022).

Una vez que se ha determinado el problema, se comienza con el proceso de implementación del proyecto. El primer paso es obtener el compromiso de la alta dirección para el proceso DMAIC dentro de la organización. Para lograr este objetivo, se debe demostrarles que hay un beneficio duradero para la organización. La falta de compromiso de la dirección significa que los esfuerzos en la solución de problemas son una pérdida de tiempo. Una de las formas en que lo se hace, es a través del uso del proyecto chárter, el cual proporciona el vehículo para que explique a la dirección cómo

se ve la resolución del problema. También proporciona una identificación de lo que se necesitará en términos de recursos, tanto físicos como financieros (17).

En suma, en la definición se:

- Define y aclara el objetivo del proyecto y la línea de tiempo con el enfoque puesto en los clientes finales. Asimismo, se trata de establecer el equipo, incluido el liderazgo senior (Franchetti, 2015).
- Define lo que el proceso necesita hacer. Para averiguarlo, es necesario obtener información del cliente y trabajar a partir de ahí (Galvin, 2020).

Con la conclusión de los pasos en la fase de definición, se pasa al siguiente paso dentro del método científico de mejora: la fase de medición (Bloom, 2022).

B. Fase 2: Medición:

En esta fase, se requiere medir el rendimiento base del proceso y utilizar esa medición como referencia para futuras mejoras. Las herramientas comunes utilizadas en esta fase son el árbol de desglose crítico hacia la calidad, el análisis del sistema de medición (MSA), los gráficos de ejecución o los gráficos de control, el análisis de capacidad del proceso, entre otros (Jiju, y otros, 2020). En la etapa de medición, el equipo debe medir los parámetros a los que se adherirá el proceso. Una vez hecho esto, se puede asegurar de que el proceso se está creando de manera adecuada reuniendo toda la información relevante (Galvin, 2020).

En esta fase, al igual que en el segundo paso del método científico, se enseña que una vez que hemos establecido la hipótesis, se debe centrar en la prueba de esa hipótesis. Esto se logra mediante la realización de una serie de experimentos (mediciones) para determinar si los resultados confirman o refutan la hipótesis. Es un estándar de trabajo dentro de la comunidad científica (Bloom, 2022). Por tanto, la intención de la etapa de medición es revisar los procesos desde la perspectiva del cliente para ver si el proceso realmente cumple con esas demandas (Bloom, 2022).

En esta etapa, la organización se enfrenta a resultados operativos que indican que en algún lugar de la organización algo está afectando directamente los resultados finales. La alta dirección entiende que hay un problema, pero no está claro cuál es la causa. El acta del proyecto y el equipo del proyecto deben identificar lo que creen que es la fuente del obstáculo. El acta del proyecto ha establecido la hipótesis. Todos entienden que hay un problema (Bloom, 2022).

Para llegar de manera confiable a los puntos de datos que verifican los resultados de los procesos, se debe volver al acta del proyecto y probar si lo que se cree es el problema. Ya sea que esté en el piso de la fábrica o en la oficina principal, todos los días la empresa se enfrenta a procesos que gobiernan cuán productiva es la organización dentro del mercado. Es dentro de esos procesos donde ciertos pasos están causando estos problemas (Bloom, 2022).

Cada proceso dentro de la fabricación, contiene indicadores clave de desempeño que le dicen a su organización si está cumpliendo con las necesidades de sus clientes. Uno de los primeros pasos es identificar los indicadores y cómo se va a medir; se necesita establecer las métricas que se usará para determinar las soluciones. Estas métricas deben indicar claramente exactamente lo que se está midiendo y por qué son de particular preocupación para el proceso en cuestión (Bloom, 2022).

Entonces, parte del proceso de medición es obtener una imagen de lo que el proceso actual está haciendo. Considere, por ejemplo, este escenario de un cliente real. Estaban fabricando un producto, y según todas las indicaciones, estaban completando los procesos a tiempo, pero el cliente se quejaba de entregas tardías. Las métricas del proceso no mostraron una razón real para esto. Cuando investigaron más, descubrieron que el proceso se completó según lo programado, pero los productos terminados estuvieron en el muelle de carga durante siete días adicionales, lo que provocó entregas tardías. El proceso de producción indicaba a la organización que estaban cumpliendo con el acuerdo de nivel de servicio, pero factores externos hacían que el proceso fuera poco confiable (Jiju, y otros, 2020).

Cada parte del proceso de definir-medir-analizar-mejorar-controlar tiene su propio conjunto de herramientas únicas y la fase de medición no es diferente. Algunas

de estas herramientas, como el análisis del sistema de medición, pueden volverse bastante técnicas; sin embargo, desde la perspectiva de recursos humanos, hay una herramienta principal que nos guiará en nuestro camino hacia la excelencia en recursos humanos. En la etapa de definición discutimos la creación de un mapa de proceso para su proceso de contratación. En este punto, necesitamos volver a esa discusión (Bloom, 2022).

En suma, en la medición se:

- Define el estado actual y los procesos actuales, incluyendo el desarrollo de un mapa de flujo de proceso para establecer la línea base del sistema y para identificar cualquier cuello de botella y establecer el rendimiento financiero y de calidad actual (Franchetti, 2015).
- Re recopilan y muestran datos, incluyendo el tiempo de tarea, los recursos necesarios y las estadísticas del proceso (Franchetti, 2015).
- Al comenzar la etapa de medición, es necesario establecer las métricas y los indicadores clave de desempeño para los procesos para determinar si tenemos un obstáculo en el flujo de trabajo o no. Tener los KPI y las métricas es una cosa, pero la otra parte de la ecuación es ¿de dónde viene los datos? ¿Los datos se basan solo en los resultados internos? ¿Los datos se basan solo en la opinión del cliente sobre el proceso? ¿Incluyen los datos la aportación de los proveedores al proceso (Bloom, 2022).

Hasta esta fase, se ha definido el problema, es decir, definido la hipótesis, y se ha realizado esfuerzos para recopilar datos sobre el rendimiento de los procesos. En esencia, se ha probado si el experimento demostró o refutó lo que se creía que era el problema. La siguiente pregunta es: ¿Qué se debe hacer con los datos recopilados? (Bloom, 2022). Para responder dicha pregunta, se necesita de la fase de análisis.

C. Fase 3: Analizar

En esta fase, se recopila y analiza la información y los datos relevantes para determinar las causas raíz de los problemas identificados en la fase anterior (medición). La fase de análisis es una de las etapas más críticas del proceso DMAIC en Six Sigma (Improvement of production process variations of bolster spring of a train bogie manufacturing industry: a six-sigma approach, 2023). Durante esta fase, se lleva a cabo un análisis detallado de los datos y la información recopilada en la fase anterior (medición), con el fin de identificar las causas subyacentes de los problemas y los cuellos de botella en el proceso. Los principales objetivos de la fase de análisis son (Vanzant, 2019):

- Identificar las causas raíz: utilizando herramientas y técnicas estadísticas, se analizan los datos para identificar las causas raíz de los problemas y cuellos de botella en el proceso.
- Identificar patrones y tendencias: se analizan los datos para identificar patrones y tendencias que puedan afectar el rendimiento del proceso.
- Medir la aptitud del procedimiento: se examina la habilidad del procedimiento para satisfacer las peticiones de los consumidores y los logros de desempeño fijados.
- Detectar ocasiones de optimización: se revelan posibilidades de optimización en el procedimiento para disminuir los periodos de ciclo, elevar la excelencia y menguar los gastos.

Para llevar a cabo esta fase, se utilizan herramientas y técnicas estadísticas como análisis de causa raíz, histogramas, gráficos de control, diagramas de Pareto, matrices de correlación, análisis de regresión, entre otras. La fase de análisis es esencial para comprender el proceso y las causas de los problemas, lo que a su vez permite identificar soluciones efectivas y sostenibles para mejorar el rendimiento del proceso y lograr los objetivos establecidos (Bloom, 2022).

En esta fase, se requiere entender las posibles/causas raíz del problema debido a la variabilidad excesiva del proceso. Las herramientas típicas utilizadas en esta fase incluyen Pruebas de hipótesis, Gráfico de Pareto, Diagrama de dispersión, Análisis de correlación, Análisis de causa y efecto, Histograma, Análisis de causa raíz, etc. (Jiju, y otros, 2020). Esta fase es importante porque permite (Franchetti, 2015).

- Determinar la capacidad y velocidad del proceso utilizando herramientas y gráficos estadísticos.
- Determinar las fuentes de variación y los cuellos de botella de tiempo subsiguientes.
- Identificar y cuantificar las actividades de valor agregado y no valor agregado (Franchetti, 2015).

En esta fase se necesitará analizar toda la información que se ha recopilado. Puede que se observe que hay algunas tendencias que surgen de esa información o descubrir que se necesita hacer más investigaciones y analizarla antes de continuar (Galvin, 2020). Luego, se toman medidas para recopilar los puntos de datos sobre el rendimiento del proceso en cuestión y ahora llegamos al siguiente paso. Ahora se requiere analizar los datos para determinar qué está diciendo el proceso. La determinación de lo que los datos le dicen a la organización se produce en la etapa de análisis. No hay un día en que la organización no recopile una sobrecarga de datos que se crea por la propia naturaleza del proceso de recursos humanos (Bloom, 2022).

D. Fase 4: Mejorar

En esta fase, través de la generación de posibles soluciones que apunten a la eliminación de los fundamentos esenciales del dilema en consideración, se logrará la optimización del funcionamiento del procedimiento. Es factible idear, elegir y jerarquizar soluciones, llevar a cabo una evaluación de los riesgos, testear la eficacia de la propuesta y en última instancia, sopesar las ventajas. Las herramientas típicas utilizadas en esta fase incluyen la Matriz de Priorización, Diseño de Experimentos, Cambios de Herramientas Rápidos, etc. (Jiju, y otros, 2020). Para esta fase es necesario (Franchetti, 2015):

- Generar ideas, incluyendo:
- Métodos para mejorar la calidad y reducir costos.
- Cambios de proceso.
- Realizar experimentos y validar procesos mejorados.
- Desarrollar planes de acción y procedimientos operativos estándar (Franchetti, 2015).

Aquí es donde el equipo puede tomar esa información y el análisis que realizó y hacer algunas mejoras al proceso (Galvin, 2020). Junto con la etapa de definición, la etapa de mejora bien podría ser una de las partes más críticas del proceso de mejora continua, ya que establecen el tono de dónde estamos y hacia dónde se dirige el viaje (Bloom, 2022). Es decir, en la etapa de mejora, el equipo interfuncional se reúne y examina los datos y preguntas que se han respondido hasta este punto, y utilizando esa información decide hacia dónde va la organización en este viaje. Lo hacen a través de una revisión de la organización, los hallazgos y las soluciones disponibles (Bloom, 2022).

Al entrar en la etapa de mejora, en este punto ya se debe haber identificado el problema, medido los datos y analizado lo que todo esto significa para la organización. Hay varias herramientas en la caja de herramientas que pueden ayudar a guiar el cambio de proceso. Uno de ellos es cambiar cómo iniciamos ambos procesos y los pasos hasta la finalización. En muchas organizaciones, la tendencia natural es operar desde la creencia de que la mejor manera para que cualquier función contribuya es mantener el canal lleno de talento o materiales (Bloom, 2022).

E. Fase 5: Controlar

La fase de control busca asegurar que los beneficios obtenidos a través de la mejora del proceso se mantengan a largo plazo. Durante esta fase, se implementan medidas para controlar la variación del proceso y garantizar que se mantenga dentro de los límites establecidos (Galvin, 2020). Se establecen procedimientos para monitorear regularmente el proceso y tomar medidas preventivas para corregir

cualquier desviación que se detecte (Bloom, 2022). El objetivo final del proceso DMAIC es crear un estándar de trabajo que rija la forma en que se entrega el proceso en el futuro, es decir, la etapa de control (Galvin, 2020).. El estándar de trabajo no es necesariamente una guía sobre cómo hacer algo. Sin embargo, es una hoja de ruta para la organización sobre cómo se debe entregar un proceso. Es un mapa de proceso de la organización para responder a la voz del cliente (Bloom, 2022). En esta fase se tiene que:

- Desarrollar un plan de control.
- Monitorear el desempeño.
- A prueba de errores los procesos (Franchetti, 2015).

Otro objetivo de la fase de control es mantener las ganancias estandarizando los métodos o procesos de trabajo, anticipando mejoras futuras, capturando y documentando las lecciones clave aprendidas del proyecto y explorando las oportunidades para transferir el conocimiento a otras operaciones en el negocio. Las herramientas típicas utilizadas en esta fase incluyen Procedimientos Operativos Estándar (POE), Gestión Visual, Gráficos de Control, Poka-Yoke (a prueba de errores), etc. (Jiju, y otros, 2020).

2.2.3.5.El proceso DMADV

Además de trabajar con el proceso DMAIC, también se puede trabajar con el proceso DMADV. Pero este método se utiliza mayormente para diseñar nuevos procesos o productos. (Franchetti, 2015). No obstante, es muy similar al método que acabamos de mencionar, y las cinco fases también corresponden al proceso DMAIC. Las cinco fases que vienen con el método DMADV incluyen lo siguiente (Galvin, 2020):

- Definir las soluciones que se desean que el proceso proporcione. Se puede consultar la propia declaración de misión, cómo se supone que debe funcionar el producto y la opinión del cliente para ayudar a descubrir esto.

- Medir los detalles del proceso para poder determinar qué parámetros deben estar en su lugar.
- Analizar los datos que usted y su equipo han podido recopilar hasta este punto.
- Diseñar el nuevo proceso con la ayuda del análisis que han realizado.
- Verificar en cualquier momento que sea necesario (Galvin, 2020).

Ambos métodos pueden ser muy efectivos para ayudar a obtener resultados cuando intenta implementar Seis Sigma en su negocio. A menudo, funcionan de manera muy similar, pero sus finalidades varían. Por ello se debe considerar las situaciones alrededor de su proceso, las deficiencias que necesita corregir y más para ayudarlo a determinar cuál es el mejor proceso para usted (Galvin, 2020). Por otro lado, a modo de resumen, la metodología del Six Sigma basado en el DMAIC, se realiza:

- En la Fase 1 se define el problema existente. Comienza definiendo el problema a través de una carta de proyecto para establecer el problema, tal como se hizo en el proceso DMAIC. Dado que se está creando un nuevo proceso, es necesario identificar a los clientes que recibirán el mayor beneficio de este nuevo proceso. Funciona exactamente de la misma manera que se hizo anteriormente en este capítulo. En base a la carta y el mapa de proceso, se decide qué métricas se necesitarán para confirmar que el proceso logrará nuestro resultado esperado (Bloom, 2022).
- En la Fase 2, se mide la métrica determinada y cómo funciona en el nuevo proceso. Esto se asemeja mucho a probar las hipótesis tanto en el método científico como en el proceso DMAIC. Se debe manejar el rendimiento de la métrica de manera idéntica al DMAIC y se puede utilizar las mismas herramientas que se utilizaron anteriormente. Los resultados llevan a identificar las métricas de rendimiento que cumplen con la voz del cliente (Bloom, 2022).

- En la Fase 3, se analiza el proceso actual mediante el diagnóstico de procesos en el proceso actual con la ayuda de herramientas como un mapa de flujo de valor. Es a partir de las dos primeras fases y el análisis resultante que se puede comenzar a diseñar soluciones alternativas creíbles para el proceso existente (Bloom, 2022).
- En la Fase 4, el equipo diseña la solución completamente nueva. Toma en consideración todos los datos que se han recopilado y establece los pasos para alcanzar el resultado final. Una herramienta útil es realizar simulaciones de las alternativas de proceso para determinar la mejor solución al problema organizacional (Bloom, 2022).
- En la fase final, se enfrenta a una falta de información para completar el último paso del DMAIC. No se tiene nada que mejorar, ni algo que necesariamente a controlar. Lo que se necesita para finalizar el proceso es verificar que la nueva solución al problema está funcionando y resolviendo el problema con el proceso actual (Bloom, 2022).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- Análisis:** En esta fase, se recopila y analiza la información y la data relevante para que se establezcan las cuestiones en la fase anterior (medición). La fase de análisis siendo una con mayor crítica del proceso DMAIC en Six Sigma (Improvement of production process variations of bolster spring of a train bogie manufacturing industry: a six-sigma approach, 2023).
- Calidad de los productos:** La calidad de cada producto es definida como una medida donde cada producto llega a cumplirse con los estándares y requisitos establecidos. Incluye aspectos como la fiabilidad, durabilidad, funcionalidad, aspecto estético y capacidad de satisfacer las necesidades y expectativas. En el proceso para que se planifique y analice al producto que empieza desde el desarrollo del producto hasta su uso. Para Juran y Gryna sigue una serie de pasos sistemáticos (Juran, y otros, 1993).

- iii. **Costos:** Los costos representan el valor monetario de cada recurso que se usa cuando se produce el bien o servicio. Donde resta cada costo y los gastos que se relacionan con la actividad empresarial (Montes, 2018).
- iv. **Control:** La fase de control busca asegurar que los beneficios obtenidos a través de la mejora del proceso se mantengan a largo plazo. Durante esta fase, se implementan medidas para controlar la variación del proceso y garantizar que se mantenga dentro de los límites establecidos (Galvin, 2020)
- v. **Definición:** En este período, se establece el dilema o la posibilidad de enriquecimiento. Esta etapa se revela de suma trascendencia en el proceso de solución de dilemas. La carencia de una definición y formulación precisa del problema desde el principio podría derivar en impedimentos al intentar concebir una solución pertinente en fases posteriores. Las herramientas comunes utilizadas en esta fase son el análisis de la voz del cliente (VOC), el SIPOC (proveedor-entrada-proceso-salida-cliente), el mapeo de procesos, el proyecto charter, etc (Jiju, y otros, 2020).
- vi. **Eficacia.** El centro de atención se dirige hacia la excelencia y la complacencia del consumidor, garantizando que los artículos o prestaciones se ajustan a los niveles de calidad predeterminados y responden a las requisitos y anticipaciones de los consumidores. La eficacia implica tener claridad en los objetivos, establecer metas alcanzables y diseñar estrategias efectivas para lograrlos (Principles of Economics, 2014).
- vii. **Eficiencia.** la eficiencia se refiere a la capacidad para maximizar la producción o el rendimiento utilizando la menor cantidad de recursos posibles. Se trata de realizar las tareas de manera económica y sin desperdicio de recursos, como tiempo, dinero, mano de obra y materiales (Principles of Economics, 2014).
- viii. **Empresa metalmecánica:** Es una organización metalmecánica que se dedica a desarrollar y vender productos metálicos y la utilización de técnicas de mecanizado. Estas empresas suelen abarcar desde la producción de componentes metálicos hasta la fabricación de maquinaria especializada (Inter 2000, 2020).

- ix. **Horas hombre:** Es una unidad de medida utilizada para planificar y controlar el tiempo y el trabajo en un proyecto. Se refiere al tiempo que cada trabajador invierte en completar una tarea específica y se utiliza para programar las actividades y estimar los tiempos de entrega (Fortún, 2020).
- x. **Errores en los productos:** Los errores en los productos son defectos, fallos o imperfecciones que se presentan en un producto durante su proceso de fabricación o posteriormente en su uso. Los errores en los productos pueden resultar en costos adicionales asociados con la corrección de los defectos, la reprocesamiento, o la devolución de los productos defectuosos (Nahmias, 2015).
- xi. **Medición:** En este período, se hace necesario cuantificar la actuación fundamental del procedimiento y emplear dicho cálculo como punto de comparación para posteriores optimizaciones. Herramientas frecuentes en este proceso abarcan el diagrama de disgregación crítica hacia la excelencia, la evaluación del sistema de medición (MSA), los gráficos de desempeño o los gráficos de administración, el estudio de aptitud del procedimiento, entre distintas opciones. (Jiju, y otros, 2020).
- xii. **Mejorar:** En esta fase, el rendimiento del proceso se mejorará mediante el desarrollo de soluciones potenciales que puedan eliminar las causas raíz del problema en cuestión. Se pueden generar soluciones potenciales, seleccionarlas y priorizarlas, realizar evaluación de riesgos, probar la solución para su efectividad y finalmente evaluar los beneficios. Las herramientas típicas utilizadas en esta fase incluyen la Matriz de Priorización, Diseño de Experimentos, Cambios de Herramientas Rápidos (Jiju, y otros, 2020).
- xiii. **Metodología:** Es el conjunto de técnicas y procedimientos utilizados en la investigación científica. Incluye el diseño de experimentos, la recopilación y análisis de datos, así como la interpretación y comunicación de los resultados (Sánchez, y otros, 2018).
- xiv. **Productividad:** La eficacia del procedimiento productivo radica en la optimización del proceso de manufactura. Este proceso de optimización implica alcanzar un equilibrio favorable entre la suma de recursos empleados y el volumen

de bienes y servicios creados. En su esencia, la productividad puede ser concebida como un parámetro que establece la correlación entre los logros adquiridos (productos o rendimientos) y los recursos aplicados para su consecución (insumos o ingresos). La productividad se enlaza con la eficiencia y competencia del sistema de manufactura en la producción de bienes y servicios. (Carro, y otros, s/f.).

- xv. Productividad laboral:** La productividad laboral, se refiere a la cantidad de producción que se logra en relación con la cantidad de trabajo o esfuerzo empleado (Nahmias, 2015)
- xvi. Productos conformes:** Es aquel que cumple con todas las especificaciones y requisitos establecidos previamente. Es un producto que ha sido fabricado o entregado sin defectos o variaciones significativas con respecto a las especificaciones establecidas (USCO, 2015).
- xvii. Productos no conformes:** Se trata de un producto no conforme es aquel que no cumple con los requisitos especificados por el cliente o los requisitos legales y reglamentarios aplicables. Puede presentar defectos, variaciones o características que no se ajustan a las especificaciones acordadas, lo que afecta su calidad y utilidad (USCO, 2015).
- xviii. Six Sigma:** Se trata de una táctica abarcadora y flexible destinada a cimentar, preservar y expandir el triunfo empresarial. Su motor primordial radica exclusivamente en una percepción íntegra de las demandas del cliente, la implementación estructurada de información, datos y evaluaciones numéricas, y la administración, optimización y cuidadosa reinención de las operaciones comerciales. (Reducing the scrap rate on a production process using lean six sigma methodology, 2023).
- xix. Tiempo de fabricación:** El tiempo de fabricación se refiere al período de tiempo necesario para completar el proceso de fabricación de un producto, desde el inicio hasta la finalización. Es una medida que indica la eficiencia y rapidez con la que se lleva a cabo la producción (Nahmias, 2015).

- xx. **Unidades producidas:** Es la cantidad de productos o servicios que una empresa genera y entrega a sus clientes. Es una medida clave para determinar la participación en el mercado y el éxito comercial de una organización (Westreicher, 2020).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La implementación de la metodología Six Sigma influye significativamente en el incremento de la productividad en al área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La implementación la metodología Six Sigma influye sobre los reclamos y entrega de productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.
- La implementación la metodología Six Sigma disminuye los errores en los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.
- La implementación la metodología Six Sigma influye significativamente en el tiempo de fabricación y productividad laboral del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

3.3. VARIABLES

3.3.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:**

Six Sigma: Es una estrategia integral y adaptativa para establecer, mantener y hacer crecer el éxito corporativo. Está impulsado únicamente por una comprensión completa de los requisitos del cliente, la aplicación disciplinada de hechos, datos y análisis estadísticos, y la gestión, mejora y reinención meticulosa de los procesos comerciales (Reducing the scrap rate on a production process using lean six sigma methodology, 2023).

- VARIABLE DEPENDIENTE:

Productividad: La productividad se refiere a la optimización del proceso de producción. Esta optimización implica lograr una relación favorable entre la cantidad de recursos empleados y la cantidad de bienes y servicios generados. En esencia, la productividad se puede entender como un indicador que establece la relación entre los resultados obtenidos (productos o salidas) y los recursos utilizados para obtenerlos (insumos o entradas). La productividad se relaciona con la eficiencia y eficacia del sistema productivo en la generación de bienes y servicios (Carro, y otros, s/f.).

3.3.2. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LA VARIABLE

- VARIABLE INDEPENDIENTE:

Six Sigma: Se define operacionalmente mediante sus cinco procesos (DMAIC), que son definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

- Variable dependiente:

Productividad: Para el estudio del área de fabricación, la productividad se mide por medio de los índices de reclamos y cumplimiento de los productos, índices en los errores en los productos, e índices en el tiempo de fabricación y productividad laboral

3.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

En la *Tabla 5* se detalla la operacionalización de las variables.

Tabla 5. Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Medición
Implementación del Six Sigma	Es una estrategia integral y adaptativa para establecer, mantener y hacer crecer el éxito corporativo. Está impulsado únicamente por una comprensión completa de los requisitos del cliente, la aplicación disciplinada de hechos, datos y análisis estadísticos, y la gestión, mejora y reinención metódica de los procesos comerciales (12).	Implementación del Six Sigma se mide con las siguientes dimensiones: Definición, medición, análisis, mejora y control	Definición	Identificar los índices de productividad que se desean mejorar: Índice de reclamos y entrega del producto; Índice de Cumplimiento de Entrega; Índice de productos no conformes (No conformidades); Índice de Retrabajo; Tiempo Promedio de Fabricación y Productividad laboral.	No aplica
				Identificar el KPI o KPI'S relacionados con los índices de productividad	
				Establecer las metas del proyecto.	
			Medición	Identificar las fuentes de datos necesarias para medir el KPI principal	
				Identificar la media, desviación estándar del proceso	
				Evaluar la normalidad del KPI relevante	
				Evaluar el Cp, Cpk y Nivel Sigma del KPI (antes de la mejora)	
			Análisis	Realizar un análisis detallado del proceso de fabricación para identificar las posibles causas de los problemas de productividad. Es decir, identificar los procesos en el área de fabricaciones. Utilizar diagrama de procesos.	
				Identificar el problema principal que está relacionado con todos los índices de productividad. Utilizar diagrama de Ishikawa.	
				Realizar una matriz de priorización para identificar las causas más importantes.	

			Mejora	<p>Evaluar las soluciones potenciales y seleccionar la mejor solución</p> <p>Desarrollar una propuesta de solución.</p> <p>Establecer los nuevos procesos del área de fabricación.</p> <p>Implementar la solución y monitorear el proceso para asegurar que los cambios se mantienen.</p>	
			Control	<p>Evaluar el KPI después de la mejora</p> <p>Identificar la media, desviación estándar del proceso</p> <p>Evaluar la normalidad del KPI relevante</p> <p>Evaluar el Cp, Cpk y Nivel Sigma del proceso (antes de la mejora)</p> <p>Desarrollar un plan de monitoreo para garantizar la estabilidad del proceso.</p>	
Productividad del área de fabricación	La productividad se refiere a la optimización del proceso de producción. Esta optimización implica lograr una relación favorable entre la cantidad de recursos empleados y la cantidad de bienes y servicios generados. En esencia, la productividad se puede entender como un indicador que establece la relación entre los resultados obtenidos (productos o salidas) y los recursos utilizados para obtenerlos (insumos o entradas). La productividad se relaciona	Productividad del área de fabricación se mide con las siguientes dimensiones: Reclamos y entrega de los productos, errores en los productos y tiempo de fabricación y productividad laboral	Reclamos y entrega de los productos	Índice de reclamos del producto	$IRP = (\text{Reclamos del cliente} / \text{Piezas producidas}) * 100$
				Índice de Cumplimiento de Entrega (ICE)	$ICE = (\text{Piezas entregadas a Tiempo} / \text{Piezas producidas}) * 100\%$
			Errores en los productos	Índice de productos no conformes (No conformidades) (IPNC)	$ICE = (\text{Piezas rechazadas o no conformes} / \text{Piezas producidas}) * 100$
				Índice de productos conformes (IPC)	$IPC = (\text{Piezas aceptadas conformes} / \text{Piezas producidas}) * 100$
				Índice de Retrabajo (IR)	$IR = (\text{Piezas Retrabajadas} / \text{Total de piezas producidas}) * 100\%$
Tiempo de fabricación y	Tiempo Promedio de Fabricación (TPF)	$TPF = \text{Tiempo Total de Fabricación} / \text{Piezas Producidas}$			

	con la eficiencia y eficacia del sistema productivo en la generación de bienes y servicios (16).		productividad laboral	Productividad laboral (PL)	$PL = \left(\frac{\text{Piezas producidas}}{\text{Horas hombre utilizadas}} \right) \times 100$
--	--	--	-----------------------	----------------------------	--

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En el estudio se aplicó el método general científico, ya que facilita la búsqueda de conocimiento teórico sobre un tema específico o varios. Debido a que, incentiva al investigador incorporar la deducción y la inducción en el análisis que efectuará sobre lo que desea indagar. Es así que, se logra identificar y desarrollar nuevos conceptos teóricos (2017). La investigación científica sigue un orden y es esquematizado de forma previa, considerando el problema que se hallará sobre la variable o fenómenos seleccionados para explorar, seguido de la formulación de hipótesis. Esto para llegar a comprobarlas estadísticamente y alcanzar los fines propuestos, culminando con las conclusiones finales en base a los resultados obtenidos. En tal sentido, para evaluar la influencia del Six Sigma sobre la productividad, se siguieron las etapas que caracterizan al método científico para obtener resultados específicos y llegar a corroborar las hipótesis formuladas, usando la estadística.

La investigación utilizó el método específico deductivo. Para Lino (2009), es un proceso de conocimiento que comienza con observaciones generales y apunta a señalar verdades específicas. Es decir, que la teoría general de un fenómeno explica hechos particulares. También las hipótesis deben ser validadas por la evidencia de la realidad. En ese sentido, se aplicó el método deductivo para analizar las variables (Implementación del Six sigma y la productividad del área de fabricación) y sus dimensiones, aludiendo de lo general a lo particular.

4.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo aplicada, ya que esta metodología permite analizar uno o varios fenómenos con un propósito netamente práctico. Puesto que, se basa en analizar y estudiar tales fenómenos con ayuda del conocimiento

preexistente sobre los mismos. De este modo, consigue identificar y detallar las características reales de tales sucesos de forma científica. La información recauda del análisis es sumamente útil y esto, incentiva a que sea aprovechado teóricamente, logrando expandir el marco teórico actual y proponiendo soluciones ante la problemática hallada en un estudio (Tacillo, 2017). En tal sentido, se utilizaron los conocimientos científicos del Six Sigma para aplicarlos y dar solución al problema de la productividad del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

4.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La modalidad de indagación se identificó como explicativa. Se caracteriza por ser el tipo de exploración que indaga en las razones y fundamentos detrás de los fenómenos, al sumergirse en el entendimiento de una realidad específica. El propósito de la investigación explicativa es descubrir los elementos que determinan o contribuyen a la aparición de los fenómenos. Este enfoque investigativo posee dos finalidades: identificar cuáles variables ejercen de causa y cuáles desempeñan el rol de efecto, y establecer el tipo de vínculo existente entre las variables y el resultado anticipado (42). Basándonos en lo expuesto, el estudio fue conducido en un nivel explicativo debido a su objetivo de analizar el impacto de la implementación del método Six Sigma en la eficiencia del departamento de manufactura de componentes.

4.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño que se empleó fue el pre experimental. El cual consiste en aplicar un pre test, después se realiza una intervención y finalmente se aplica una última prueba a la variable o variables estudiadas (Hernández, y otros, 2014). Es por eso, que se seleccionó este diseño, porque evaluó la productividad antes y después implementación la metodología Six Sigma en el área de fabricaciones de componentes. Asimismo, se evaluó la productividad del área de fabricación en base a sus tres dimensiones: índices de reclamos y cumplimiento de los productos, errores en los productos, tiempo de fabricación y productividad laboral.

Según Espinoza (2010), el modelo del diseño pre experimental se representa de la siguiente manera:

$$M: O1 \xrightarrow{\quad X \quad} O2$$

Dónde:

M: es la muestra de los procesos productivos de la empresa ZANINGROUP SAC

X: es la intervención de la metodología Six Sigma

O1: es la observación de los índices de productividad antes de la intervención (pretest)

O2: es la observación de los índices de productividad después de la intervención (postest).

La investigación se desarrolló de la siguiente manera: Primero, se envió la solicitud de permiso para la realización de la investigación a la. empresa ZANINGROUP SAC. Segundo, se prepararon los instrumentos de recolección de datos y la intervención metodológica Six Sigma. Tercero, se observó la variable productividad del área de fabricación con un pre test y después se aplicará la metodología Six Sigma para volver a tomar un post test. Por último, recogido los datos, se procesaron en el programa SPSS, se establecieron los resultados y las conclusiones.

4.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población se configura como conjunto de todos los integrantes del área en donde se desarrolla el proyecto de investigación, estos se componen por características similares que permiten el desarrollo del estudio. Una población es el conjunto absoluto de organismos, elementos, objetos u organizaciones que comparten características espaciales o de comportamiento de los cuales se deben extraer los datos necesarios para una investigación (2017). En ese sentido, el tamaño

de la población del presente proyecto de investigación se compone por los procesos productivos de la empresa ZANINGROUP SAC.

La muestra se define como el subconjunto de personas, cosas y otros elementos de la población. En todas las investigaciones, la muestra debe representar a la población por eso, la muestra debe generar representatividad. Este subgrupo debe seguir manteniendo las mismas características del grupo o universo. Es preferible evitar los sesgos que afecten a la investigación (2014). Así pues, el tamaño de la muestra de estudio del presente proyecto de investigación fueron los procesos productivos de la empresa ZANINGROUP SAC.

4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.6.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se empleó la técnica de observación para la recolección de datos. Según Solórzano (2003), la técnica de la observación consiste en observar de manera atenta al fenómeno analizado, el caso o el hecho, se toma la información, cuyo registro es empleado para un posterior análisis. Es por eso, que se aplicó esta técnica desde el análisis de la productividad del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

4.6.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El instrumento fue la ficha de recolección de datos de productividad. El instrumento será la ficha de recolección de datos. El mismo autor Solórzano (Solórzano, 2003), refiere que las fichas de recolección de datos son los instrumentos donde se plasma por escrito información relevante de los procesos de búsqueda de la investigación. En ese sentido, se aplicó la ficha de recolección de datos para medir el alcance de la metodología Six Sigma en el incremento de la productividad del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC. Es decir, con la ficha de recolección de datos se midieron los índices de productividad, antes y después de la implementación del Six Sigma.

4.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas para el procesamiento fueron Excel y el programa SPSS ver 25.0. Para el procesamiento de los datos se inició en la tabulación de los datos encontrados de la variable productividad del área de fabricaciones de componentes, estos serán registrados en la hoja de Excel, posteriormente fueron administradas en el programa SPSS, por el cual se desarrollaron las tablas y gráficos de frecuencias; así como el análisis estadístico descriptivo e inferencial y la aplicación del prueba paramétrica o no paramétrica, esto dependiendo de la normalidad de los datos. Se aplicó la prueba de T de student en caso la distribución de los datos evidencie normalidad, o la prueba de diferencia de rangos Z de Wilcoxon, cuando no exista normalidad. Finalmente, los hallazgos fueron descritos en la hoja Word.

4.8. ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la presente investigación se consideraron los procedimientos adecuados, respetando el Código de ética para la investigación científica en la Universidad Peruana Los Andes (UPLA, 2019). Se respetó lo postulado en la Resolución N°1750-2019-CU-VRINV, del Artículo 4°. Principios que rigen la actividad investigadora, del inciso b) la investigación garantizó la utilización de información de manera voluntaria y específica de la empresa ZANINGROUP SAC, conforme a los objetivos establecidos; del inciso e) se actuó con responsabilidad, considerando la relevancia, el alcance y las consecuencias de la investigación, tanto a nivel individual, a nivel institucional de la Escuela Profesional De Ingeniería Industrial y a nivel social; del inciso f) se aseguró la veracidad de la investigación en todas sus etapas, desde la formulación del problema hasta la interpretación y divulgación de los resultados. Desde Artículo 5° la investigación se llevó a cabo de manera pertinente, con rigor científico y responsabilidad, evitando prácticas indebidas como falsificación, plagio y publicación repetida, garantizando confidencialidad y cumpliendo normas éticas y de propiedad intelectual. Desde el artículo 6° se tiene pleno conocimiento de las

sanciones disciplinarias en caso de comprobado incumplimiento o conductas que infrinjan con lo establecido en el Código de Ética para la investigación científica en la Universidad Peruana Los Andes, tiene la facultad de acogerse a lo determinado por las leyes relacionadas, principalmente la Ley sobre Derecho de autor y propiedad intelectual.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO TECNOLÓGICO

5.1.1. ESQUEMA DE LA PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

Para la implementación del Six Sigma en el área de fabricación de la empresa ZANINGROUP SAC, se realizará lo siguiente:

- 1) Definición (Define): En esta etapa se identificarán los problemas y se establecerán los objetivos del proyecto. Se llevará a cabo las siguientes actividades:
 - a. Identificar los índices de productividad que se desean mejorar: Índice de reclamos y entrega del producto; Índice de Cumplimiento de Entrega; Índice de productos no conformes (No conformidades); Índice de Retrabajo; Tiempo Promedio de Fabricación y Productividad laboral.
 - b. Identificar el KPI o KPI'S relacionados con los índices de productividad.
 - c. Establecer las metas del proyecto.

- 2) Medición (Measure): En esta etapa se recopilan los datos necesarios para entender el problema y establecer una línea base para el proceso actual. Se realizarán las siguientes actividades:
 - a. Identificar las fuentes de datos necesarias para medir el KPI principal
 - b. Identificar la media, desviación estándar del proceso
 - c. Evaluar la normalidad del KPI relevante
 - d. Evaluar el Cp, Cpk y Nivel Sigma del KPI (antes de la mejora)

- 3) Análisis (Analyze): En esta etapa se investiga la causa raíz del problema. Se llevarán a cabo las siguientes actividades:
- a. Realizar un análisis detallado del proceso de fabricación para identificar las posibles causas de los problemas de productividad. Es decir, identificar los procesos en el área de fabricaciones. Utilizar diagrama de procesos.
 - b. Identificar el problema principal que está relacionado con todos los índices de productividad. Utilizar diagrama de Ishikawa.
 - c. Realizar una matriz de priorización para identificar las causas más importantes.
- 4) Mejora (Improve): En esta etapa se desarrollan soluciones para abordar la causa raíz del problema. Se realizarán las siguientes actividades:
- a. Evaluar las soluciones potenciales y seleccionar la mejor solución.
 - b. Desarrollar una propuesta de solución.
 - c. Establecer los nuevos procesos del área de fabricación.
 - d. Implementar la solución y monitorear el proceso para asegurar que los cambios se mantienen.
- 5) Control (Control): En esta etapa se establecen controles para monitorear el proceso y mantener los cambios implementados. Se puede llevar a cabo las siguientes actividades:
- a. Evaluar el KPI después de la mejora
 - b. Identificar la media, desviación estándar del proceso
 - c. Evaluar la normalidad del KPI relevante
 - d. Evaluar el Cp, Cpk y Nivel Sigma del proceso (antes de la mejora)

- e. Desarrollar un plan de monitoreo para garantizar la estabilidad del proceso.

En la tabla que sigue se detalla el plan de implementación tomando en cuenta las actividades, el cronograma, los pasos, participantes, duración e indicadores de medición

Tabla 6. Plan de implementación

Proceso	Actividades	Cronograma	Pasos	Participantes	Duración	Indicadores de medición	Instrumentos
Definición del problema	Identificar los problemas y oportunidades de mejora en el área de fabricación	Semana 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los índices de productividad que se desean mejorar: Índice de reclamos y entrega del producto; Índice de Cumplimiento de Entrega; Índice de productos no conformes (No conformidades); Índice de Retrabajo; Tiempo Promedio de Fabricación y Productividad laboral. 2. Identificar el KPI o KPI'S relacionados con los índices de productividad. 3. Establecer las metas del proyecto. 	Tesista: Líder de Proyecto	1 semana	Identificación de problemas Análisis de requisitos	Ficha de diagnóstico, matriz de priorización, lista de chequeo
Medición	Establecer el nivel de	Semanas 2 a 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar las fuentes de datos 	Tesista: Líder de Proyecto	2 semanas	Calidad de los productos	Plan de muestreo, Plan de

	desempeño actual del proceso		<p>necesarias para medir el KPI principal</p> <ol style="list-style-type: none"> Identificar la media, desviación estándar del proceso Evaluar la normalidad del KPI relevante Evaluar el Cp, Cpk y Nivel Sigma del KPI (antes de la mejora) 			<p>Errores en los productos Tiempo de fabricación y productividad laboral</p>	recolección de datos, Gage R&R
Análisis	Identificar las causas fundamentales de los problemas identificados en la etapa anterior	Semanas 4 a 6	<ol style="list-style-type: none"> Realizar un análisis detallado del proceso de fabricación para identificar las posibles causas de los problemas de productividad. Es decir, identificar los procesos en el área de fabricaciones. Utilizar diagrama de procesos. Identificar el problema principal que está relacionado 	Tesista: Líder de proyecto	3 semanas	<p>Análisis de procesos Análisis de datos</p>	Software de análisis de datos, herramientas de calidad

			<p>con todos los índices de productividad. Utilizar diagrama de Ishikawa.</p> <p>3. Realizar una matriz de priorización para identificar las causas más importantes.</p>				
Mejora	Diseñar e implementar soluciones para corregir las causas fundamentales identificadas	Semanas 7 a 10	<p>1. Evaluar las soluciones potenciales y seleccionar la mejor solución.</p> <p>2. Desarrollar una propuesta de solución.</p> <p>3. Establecer los nuevos procesos del área de fabricación.</p> <p>4. Implementar la solución y monitorear el proceso para asegurar que los cambios se mantienen.</p>	Tesista: Líder de Proyecto	4 semanas	<p>Propuestas de mejora</p> <p>Implementación de soluciones</p>	<p>Plan de acción, diseño de experimentos, análisis costo-beneficio</p>
Control	Establecer un sistema de monitoreo y control del proceso	Semanas 11 a 12	<p>1. Evaluar el KPI después de la mejora</p> <p>2. Identificar la media,</p>	Tesista: Líder de Proyecto	2 semanas	<p>Control de calidad</p> <p>Monitoreo de procesos</p>	

			desviación estándar del proceso 3. Evaluar la normalidad del KPI relevante 4. Evaluar el Cp, Cpk y Nivel Sigma del proceso (antes de la mejora) 5. Desarrollar un plan de monitoreo para garantizar la estabilidad del proceso.				
--	--	--	---	--	--	--	--

5.1.2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

A. Definición

Se llevaron a cabo las siguientes actividades:

a. Identificar los índices de productividad:

Para el estudio se establecieron 7 índices relacionados con la productividad dentro del área de fabricaciones de la empresa ZANINGROUP SAC. Asimismo, en la **Tabla 7** se muestran los índices y su definición (medición).

- Índice de reclamos del producto
- Índice de Cumplimiento de Entrega (ICE)
- Índice de productos no conformes (No conformidades) (IPNC)
- Índice de productos conformes (IPC)
- Índice de Retrabajo (IR)
- Tiempo Promedio de Fabricación (TPF)
- Productividad laboral (PL)

Tabla 7

Definición de los índices de productividad

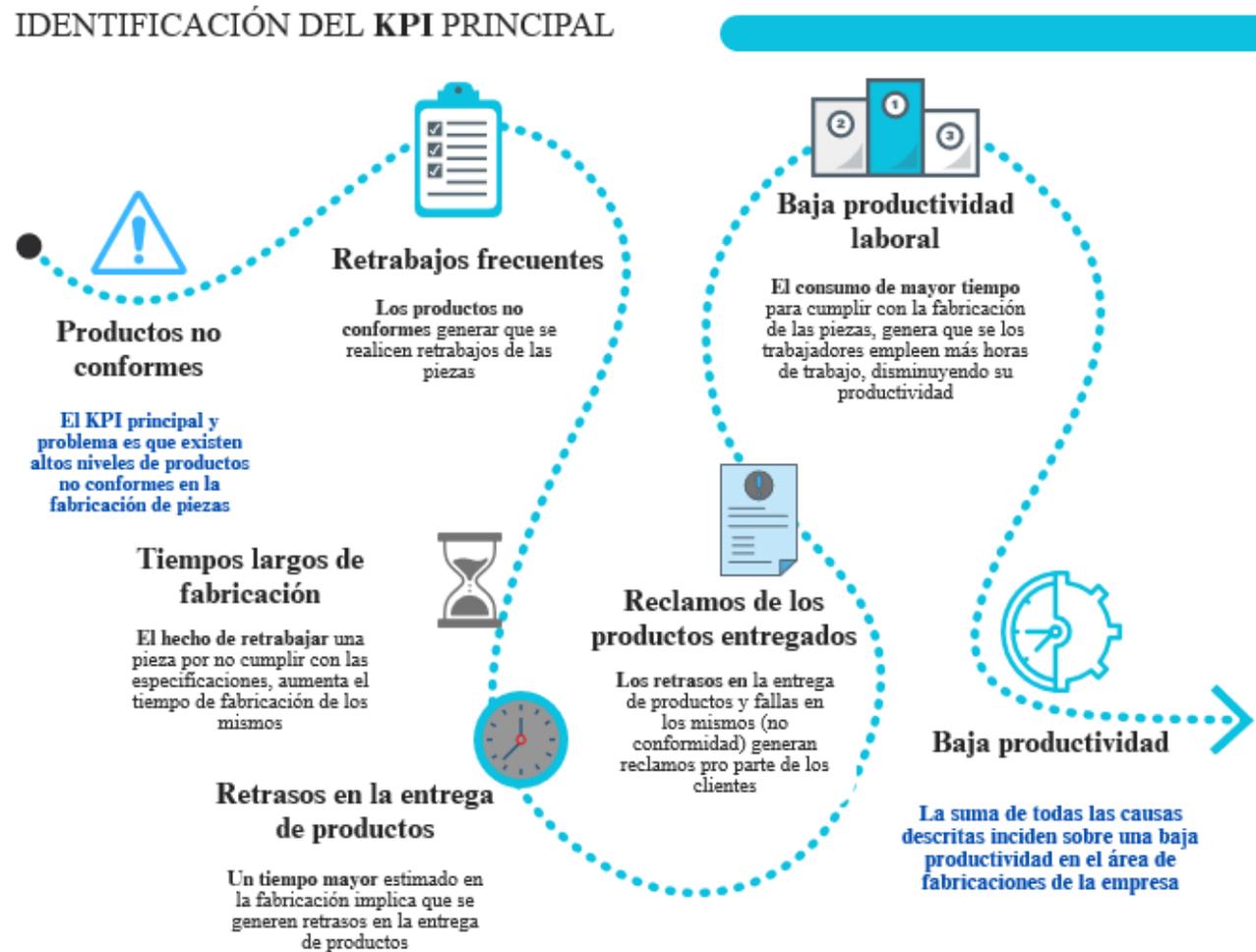
Productividad del área de fabricación	Reclamos y entrega de los productos	Índice de reclamos del producto (IRP)	$IRP = (\text{Reclamos del cliente} / \text{Piezas producidas}) * 100$
		Índice de Cumplimiento de Entrega (ICE)	$ICE = (\text{Piezas entregadas a Tiempo} / \text{Piezas producidas}) * 100\%$
	Errores en los productos	Índice de productos no conformes (No conformidades) (IPNC)	$ICE = (\text{Piezas rechazadas o no conformes} / \text{Piezas producidas}) * 100$
		Índice de productos conformes (IPC)	$IPC = (\text{Piezas aceptadas conformes} / \text{Piezas producidas}) * 100$
		Índice de Retrabajo (IR)	$IR = (\text{Piezas Retrabajadas} / \text{Total de piezas producidas}) * 100\%$
	Tiempo de fabricación y productividad laboral	Tiempo Promedio de Fabricación (TPF)	$TPF = \text{Tiempo Total de Fabricación} / \text{Piezas Producidas}$
		Productividad laboral (PL)	$PL = (\text{Piezas producidas} / \text{Horas hombre utilizadas}) * 100$

Nota. Elaboración propia de la investigadora.

b. Identificar el KPI o KPI'S relacionados con los índices de productividad.

Ver **Figura 4**.

Figura 4. Identificación del KPI principal



Nota. Elaboración propia de la investigadora.

Dentro de los 7 índices que se establecen, se cuenta con un indicador en común que viene a ser la razón del problema de la baja productividad y del resto de los índices presentados en la **Tabla 7**. Este viene a ser la presencia de productos no conformes, como se detalla en la **Figura 4**. La causa de raíz de que existan retrabajos frecuentes (**IR**), tiempos largos de fabricación (**TPF**), retrasos en la entrega de productos (**ICE**, **ICE**), reclamos en los productos entregados (**IRP**) y baja productividad laboral (**IP**), es la presencia de productos no conformes. Entonces el KPI, principal a evaluar sería el proceso de productos no conformes:

KPI: Productos no conformes

c. Establecer las metas del proyecto.

Las metas del proyecto son 4 que engloban la mejora de los índices de productividad:

- Meta 1: Reducir la cantidad de productos no conformes
- Meta 2: Disminuir los reclamos y tiempos de entrega de los productos
 - Reducir el Índice de reclamos del producto (IRP)
 - Incrementar el Índice de Cumplimiento de Entrega (ICE)
- Meta 3: Disminuir los errores en los productos
 - Reducir el Índice de productos no conformes (No conformidades) (IPNC)
 - Incrementar Índice de productos conformes (IPC)
 - Reducir Índice de Retrabajo (IR)
- Meta 4: Mejorar Tiempo de fabricación y productividad laboral
 - Disminuir el Tiempo Promedio de Fabricación (TPF)
 - Incrementar la productividad laboral (PL)

B. Medición

Se realizaron las siguientes actividades:

a. Identificar las fuentes de datos necesarias para medir el KPI principal

Como se mencionó el KPI principal es el de Productos no conformes, para evaluar ello, se analizó el registro de productos no conformes durante todo el 2022. Asimismo, se establecieron las siguientes especificaciones de la empresa (ver anexo 5 para los datos).

- Por cada 100 pizas, el nivel normal es que existan 5 piezas no conformes.
- Lo óptimo sería que no existan piezas no conformes; es decir, igual a cero (Especificación inferior – EI).
- Lo máximo que se acepta es de 10 productos no conformes; es decir, por cada 100 piezas un máximo de 10 no conformidades (Especificación superior – ES).

b. Identificar la media, desviación estándar del proceso (No conformidades)

En la **Tabla 8** se detallan los estadísticos necesarios para evaluar la distribución normal de las no conformidades.

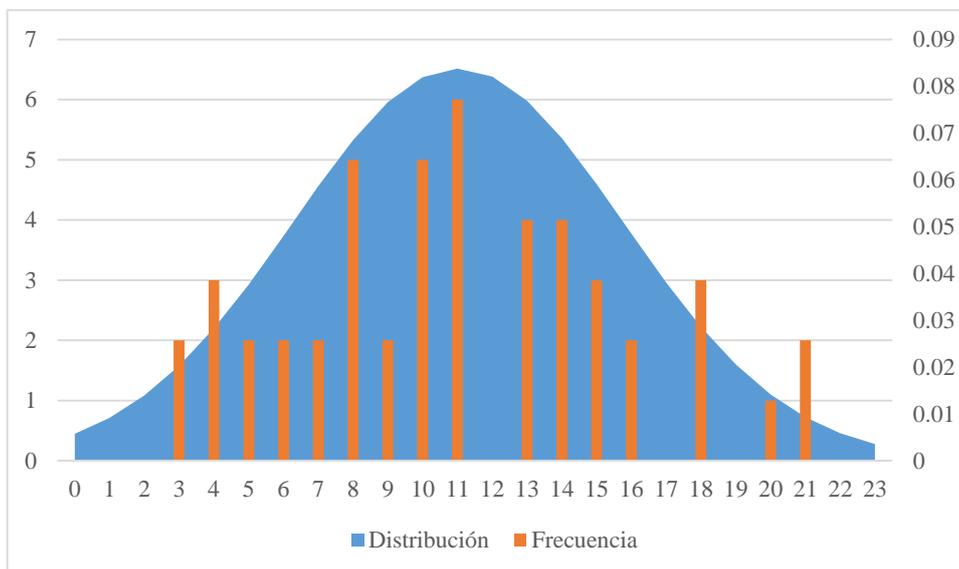
Tabla 8. Estadísticos de las no conformidades

Óptimo	Por cada 100 pizas el óptimo es 5 no conformes
ES	5
EI	-5
Media	11.02
Moda	11.00
Mediana	11.00
Desviación estándar	4.76
Curtosis	-0.55
Max	21
Min	3

Nota. Elaboración propia de la investigadora.

c. Evaluar la normalidad del KPI relevante

Figura 5. Distribución normal de las no conformidades antes del six sigma (pre)



Nota. Elaboración propia de la investigadora.

Figura 6. Gráfico Q-Q plot de la distribución normal de las no conformidades (pre)

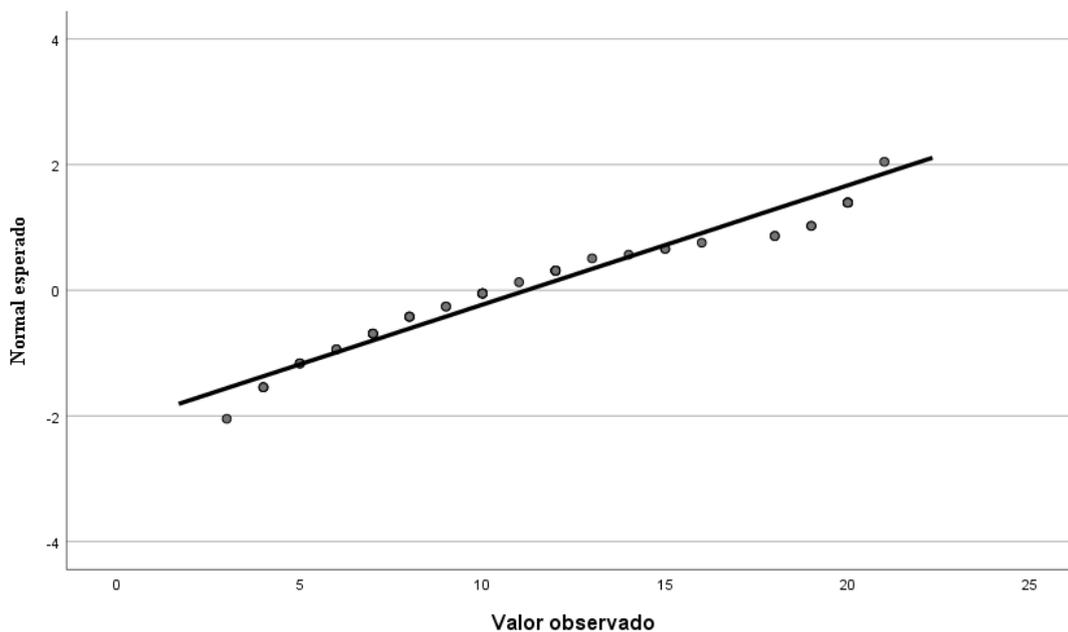


Tabla 9. Prueba de normalidad de las no conformidades (pre)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p-valor
Piezas no conformes	0.971	48	0.288

Tal como se observa en la **Figura 5** y **Figura 6** la cantidad de no conformidades se distribuye como una normal, esto también se comprobó con la prueba Shapiro-Wilk, cuyo p-valor fue de 0.288, al ser mayor a 0.05, se concluye que la distribución de la cantidad de no conformidades es normal. Con estos datos se procedió a estimar los índices de capacidad de proceso y nivel sigma del KPI.

d. Evaluar el Cp, Cpk y Nivel Sigma del KPI (antes de la mejora)

En la metodología Six Sigma, los términos Cp, Cpk, nivel sigma e índice Z son indicadores clave que se utilizan para medir y evaluar la capacidad de un proceso de producción o servicio para cumplir con las especificaciones y generar resultados consistentes y de alta calidad.

- Cp (Índice de Capacidad del Proceso) El Cp es una medida de la capacidad potencial de un proceso para producir productos o servicios dentro de las especificaciones establecidas. Se calcula como la relación entre la especificación de tolerancia (rango de especificación) y la variabilidad del proceso.

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Asimismo, de acuerdo con Gutiérrez y De la Vara (Gutiérrez, y otros, 2009), la interpretación del Cp, va acorde a la **Tabla 10**:

Tabla 10. Interpretación del Cp (capacidad potencial)

Valor de Cp	Clase del proceso	¿El proceso está centrado? (Interpretación)
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad de Seis Sigma
$Cp < 1.33$	1	Está en un nivel adecuado
$1 < Cp < 1.33$	2	Adecuado de manera parcial. Es necesario un control estricto
$0.67 < Cp < 1$	3	Algo adecuado para el trabajo. Es crucial analizar todo el proceso Se necesita de modificaciones para lograr la calidad satisfactoria
$Cp < 0.67$	4	Nada adecuado para el trabajo. Es necesario que se realicen serias modificaciones.

Nota. Tomado de “Control estadístico de calidad y seis sigma”, Gutiérrez y De la Vara, 2009, p. 102.

- Cpk (Índice de Capacidad Potencial del Proceso): El Cpk es similar al Cp, pero también tiene en cuenta la ubicación del proceso en relación con el objetivo de especificación. Esto significa que el Cpk considera tanto la variabilidad del proceso como su desplazamiento con respecto al objetivo.

$$Cpk = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}; \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

- Nivel Sigma (Índice Z): El índice Z es una medida estandarizada que relaciona la distancia entre el valor central del proceso (media) y los límites de especificación con la variabilidad del proceso. Para ello es necesario evaluar el Z superior (Z_s) y el Z inferior (Z_i). El índice Z (nivel sigma o calidad del proceso) viene a ser el valor más pequeño entre Z_s y Z_i .

$$Z_s = \frac{ES - \mu}{\sigma}$$

$$Z_i = \frac{EI - \mu}{\sigma}$$

$$Z = \text{Mínimo}[Z_s; Z_i]$$

$$Z = \text{Mínimo} \left[\frac{ES - \mu}{\sigma}; \frac{EI - \mu}{\sigma} \right]$$

- Productividad (%): La productividad se calcula restando el área del valor de la distribución normal de Z_s y Z_i .

$$\%Productividad = \text{Área}(Z_s) - \text{Área}(Z_i)$$

Para evaluar el nivel sigma, se toma en cuenta lo postulado por Gutiérrez y De la Vara (Gutiérrez, y otros, 2009) (ver **Tabla 11**):

Tabla 11. Valores de nivel sigma, según % de productividad

Productividad (%)	Nivel en Sigma	Productividad (%)	Nivel en Sigma	Productividad (%)	Nivel en Sigma
6.680	0	73.405	2.13	99.56500	4.13
8.455	0.13	77.340	2.25	99.70000	4.25
10.560	0.25	80.920	2.38	99.79500	4.38
13.030	0.38	84.130	2.5	99.87000	4.5
15.870	0.5	86.970	2.63	99.91000	4.63
19.080	0.63	89.440	2.75	99.94000	4.75
22.660	0.75	91.545	2.88	99.96000	4.88
26.595	0.88	93.320	3	99.97700	5
30.850	1	94.790	3.13	99.98200	5.13
35.435	1.13	95.990	3.25	99.98700	5.25
40.130	1.25	96.960	3.38	99.99200	5.38
45.025	1.38	97.730	3.5	99.99700	5.5
50.000	1.5	98.320	3.63	99.99767	5.63
54.975	1.63	98.780	3.75	99.99833	5.75
59.870	1.75	99.120	3.88	99.99900	5.88
64.565	1.88	99.380	4	99.99966	6
69.150	2				

Nota. Tomado de “Control estadístico de calidad y seis sigma”, Gutiérrez y De la Vara, 2009, p. 104.

Realizando los cálculos:

- Media $\rightarrow \mu = 11.02$
- Desviación estándar $\rightarrow \sigma = 4.76$
- ES = 10
- EI = 0
- **Indicador de capacidad potencial: Cp** $\rightarrow \frac{ES-EI}{6\sigma} = \frac{10-0}{6(4.76)} = 0.35014$

Interpretación:

Ya que el Cp fue de 0.35 es menor a 1, entonces se dice que el proceso no cumple con las especificaciones necesarias. Asimismo, conforme con la **Tabla 10**, la clase del proceso estaría en una clase 4, lo cual significa que no es adecuado para el

trabajo y requiere de modificaciones serias dentro del área de fabricación, para no tener demasiados productos no conformes.

- **Indicador de la capacidad real Cpk** \rightarrow *Mínimo* $\left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}; \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right] =$
 $\left[\frac{11.02 - 0}{3(4.76)}; \frac{10 - 11.02}{3(4.76)} \right] = (0.77; -0.071)$

Interpretación:

El valor del Cpk resultó de -0.071, este índice al ser menor a 1, indica que el proceso tiene problemas de capacidad y generará productos fuera de las especificaciones; es decir, genera más productos no conformes que está fuera de las especificaciones permitidas.

- **Nivel sigma:** $\%Productividad = \text{Área}(Z_s) - \text{Área}(Z_i)$

$$Z_s = \frac{10 - 11.02}{4.76} = -0.21$$

$$\text{Área}(Z_s) = 0.42$$

$$Z_i = \frac{0 - 11.02}{4.76} = -2.32$$

$$\text{Área}(Z_i) = 0.01$$

Entonces:

$$\text{Área}(Z_s) - \text{Área}(Z_i) = 0.42 - 0.01 = 0.405 = 40.5\%$$

$$\text{Nivel sigma} = 1.26$$

Conforme con la **Tabla 11**, el nivel sigma del proceso es de 1.26. Significa que el proceso produce aproximadamente 252079 defectos o errores por millón de oportunidades (DPMO). En otras palabras, alrededor del 25.2%¹ de los productos o servicios generados por el proceso están fuera de las especificaciones. Este nivel,

¹ Hallado mediante extrapolación \rightarrow (Defectos para 1.26 sigmas) / 1.26 = 317300 / 1 \rightarrow Defectos para 1.26 sigmas = (317300 / 1.26) \approx 252079 no conformidades.

indica un nivel de calidad relativamente bajo. Un nivel sigma de 1.26 sugiere que el proceso tiene margen significativo para mejoras en términos de reducción de defectos y mejora de la calidad.

C. Análisis

Se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Figura 7. Procesos en el área de fabricación



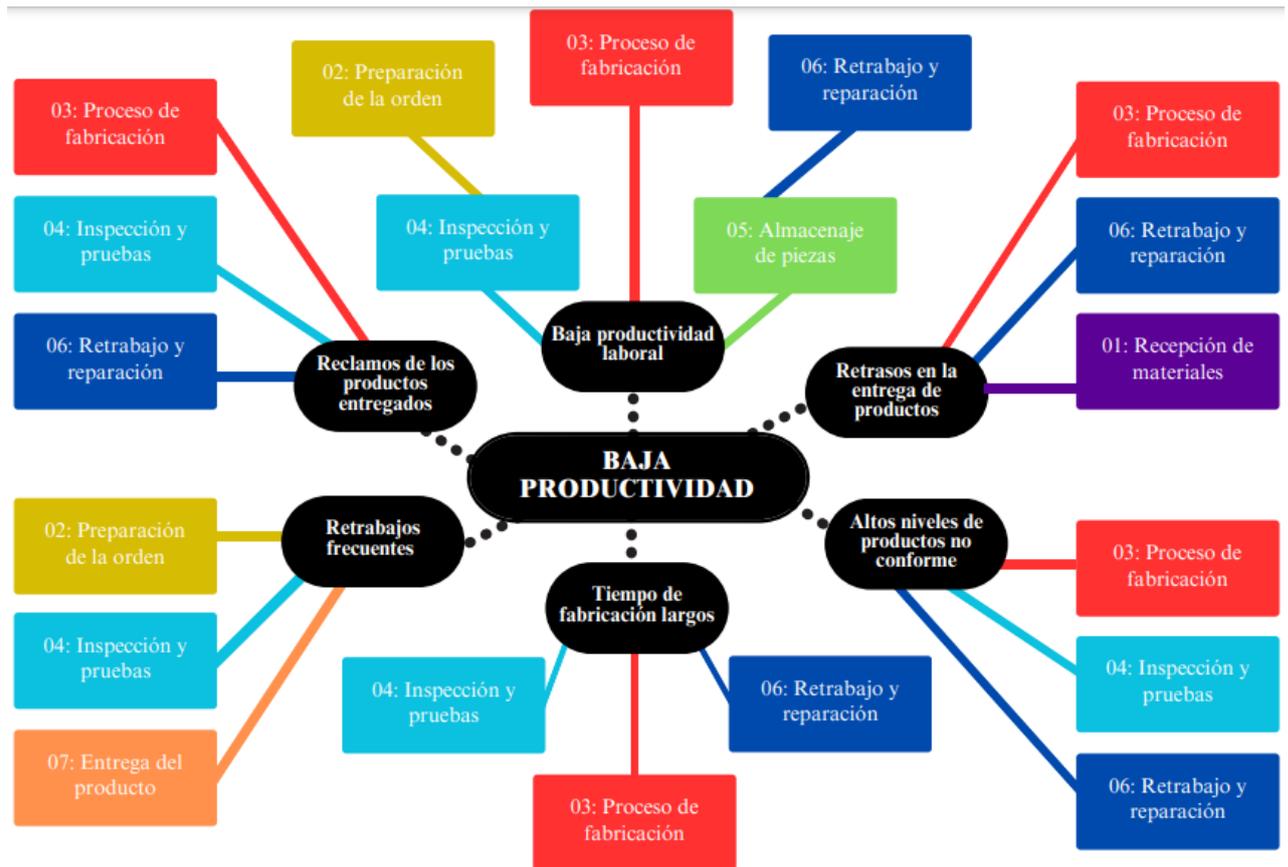
Nota. Elaboración propia de la investigadora.

En la **Figura 7**, muestra los 8 procesos esenciales para la creación de productos. Comienza con la recepción de materiales, donde se verifican y registran los insumos necesarios. Luego, se prepara la orden de fabricación, definiendo los pasos y recursos requeridos. El proceso de fabricación se lleva a cabo siguiendo este orden, transformando los materiales en productos. La inspección y pruebas garantizan la calidad, descartando defectos. Tras la aprobación, las piezas se almacenan para su uso posterior. Si surgieran problemas, se realizará retrabajo y reparación para corregirlos.

Finalmente, el producto es entregado al cliente y se inicia el proceso de seguimiento post entrega para evaluar su desempeño y la satisfacción del cliente.

- a. **Identificar el problema principal que está relacionado con todos los índices de productividad. Utilizar diagrama de Ishikawa.**

Figura 8. Problemas encontrados y los procesos relacionados



Nota. Elaboración propia de la investigadora.

En la **Figura 8** muestra una representación visual de los desafíos identificados en un entorno de fabricación y su conexión con los diferentes procesos involucrados en la producción. Los problemas incluyen una baja productividad debido a retrabajos frecuentes, tiempo prolongado de fabricación, altos niveles de productos no conformes, retrasos en las entregas, baja productividad laboral y reclamos por productos entregados. Estos problemas están vinculados a los 8 procesos que conforman el ciclo de producción. Además, se visualiza cómo estos procesos interactúan y se desplazan directamente a los problemas identificados, y destaca la

importancia de optimizar cada etapa para resolver los desafíos y mejorar la eficiencia general del sistema de producción.

Figura 9. Diagrama Ishikawa para proceso de no conformidades



Nota. Elaboración propia de la investigadora.

En la **Figura 9** muestra de manera gráfica un análisis exhaustivo de las causas que subyacen a la baja productividad en el área de fabricación. Este diagrama adopta el enfoque característico del Diagrama Ishikawa, desglosando y explorando con detalle las raíces de problemas generales identificados. En este contexto, se exploran las fuentes que originan retrabajos frecuentes, lapsos prolongados en la fabricación, elevados índices de productos no conformes, demoras en las entregas, baja eficiencia laboral y reclamos de referencia a productos entregados.

b. Realizar la matriz de priorización para identificar las causas más importantes.

Tabla 12. *Matriz de priorización*

Problema	Causas
Altos niveles de productos no conformes	a. Deficiente control de calidad b. Almacenaje incorrecto de las piezas en proceso
Retrasos en la entrega de productos	a. Falta de automatización b. Retraso en la distribución de maquinaria
Reclamos de los productos entregados	a. Incumplimiento en los procesos estandarizados /lectura de manuales de fabricación) b. Medidas, forma, materiales y acabado inconforme
Retrabajos frecuentes	a. Deficiente manejo de materiales b. Especificaciones erradas en el diseño de piezas
Tiempo de fabricación largos	a. Problemas de planificación de producción b. Incumplimiento en los procesos estandarizados /lectura de manuales de fabricación)
Baja productividad laboral	a. Falta de capacitación técnica b. Deficiente organización del trabajo

Nota. Elaboración propia de la investigadora.

Dentro de la **Tabla 12.** Matriz de priorización, resalta las causas primordiales de cada problema, poniendo especial énfasis en el inadecuado control de calidad y la confusión en las especificaciones de las piezas.

Así pues, el proceso que conduce a la baja productividad comienza con la presencia de productos no conformes, como se describe en la causa raíz que origina retrabajos frecuentes, tiempos prolongados de fabricación, demoras en la entrega de productos, reclamos sobre los productos entregados y baja eficiencia laboral.

Tabla 13. *Causas del deficiente control de calidad y confusión en las especificaciones de las piezas*

Problemas	Causas	Descripción
Deficiente control de calidad	Falta de Estándares Claros y Documentación	La ausencia de estándares de calidad sólida y documentación detallada de los criterios de aceptación conduce a la interpretación ambigua de lo que constituye un producto conforme. La carencia de directrices precisas dificulta la evaluación uniforme y la detección temprana de piezas mal diseñadas, lo que a su vez contribuye a la generación de productos defectuosos

	Insuficiente Capacitación del Personal	Cuando el personal no recibe una capacitación adecuada en técnicas de inspección y en la identificación de defectos potenciales, es más probable que pasen por altos problemas sutiles o no conformidades en los productos.
	Deficiencias en la Comunicación Interna	La falta de comunicación efectiva entre el área de proceso de fabricación y control de calidad puede dar lugar a una serie de problemas. La información esencial sobre especificaciones, estándares y cambios en los procesos no puede llegar adecuadamente a los responsables de la inspección y prueba.
Confusión en las especificaciones de las piezas s	Falta de Validación y Aprobación de las piezas	Si las especificaciones de las piezas no pasan por un proceso de validación y aprobación adecuada por parte de expertos, es posible que se introduzcan errores o ambigüedades. La falta de revisión técnica puede llevar a la confusión ya la producción de piezas que no se ajustan a los estándares requeridos.
	Complejidad de las especificaciones	Si las especificaciones de las piezas son extremadamente detalladas o complejas, puede ser difícil para los trabajadores comprender completamente los requisitos. Esto puede generar confusión sobre cómo interpretar y aplicar las especificaciones
	Falta de comentarios sobre la aplicabilidad y claridad de las especificaciones	Si los operadores y técnicos que trabajan en la fabricación de las piezas no tienen la oportunidad de proporcionar comentarios sobre la aplicabilidad y claridad de las especificaciones, es posible que las deficiencias no se identifiquen en un tiempo.

Nota. Elaboración propia de la investigadora.

D. Mejora

En esta etapa se desarrollaron soluciones para abordar la causa raíz del problema. Se realizaron las siguientes actividades:

a. Evaluar las soluciones potenciales y seleccionar la mejor solución.

Tabla 14. *Evaluación de soluciones potenciales*

Problemas	Causas	Soluciones
Deficiente control de calidad	Falta de Estándares Claros y Documentación	Establecer y mantener estándares de calidad bien definidos para cada tipo de pieza, junto con documentación detallada de las especificaciones técnicas.
	Insuficiente Capacitación del Personal	Implementar programas de capacitación periódica para el personal involucrado en

		la producción y control de calidad, enfocados en técnicas de inspección y reconocimiento de defectos.
	Deficiencias en la Comunicación Interna	Establecer canales de comunicación claros y regulares entre los departamentos de ingeniería, diseño, producción y control de calidad para asegurar que las especificaciones y los cambios se transmitan de manera efectiva.
Confusión en las especificaciones de las piezas s	Falta de Validación y Aprobación de las piezas	Implementar un proceso de revisión técnica y aprobación formal para las especificaciones de las piezas antes de que se utilicen en la producción.
	Complejidad de las especificaciones	Simplificar y clarificar las especificaciones cuando sea posible, evitando detalles necesarios y enfocándose en los aspectos críticos.
	Falta de comentarios sobre la aplicabilidad y claridad de las especificaciones	Fomentar una cultura en la que los operadores y técnicos puedan proporcionar comentarios constantes sobre la comprensión y aplicabilidad de las especificaciones.

Nota. Elaboración propia de la investigadora.

Solución general:

Establecer un proceso estructurado de control de calidad y mejora continua es fundamental. Esto incluye la implementación de estándares claros, capacitación continua para el personal, canales de comunicación efectivos entre departamentos, revisión técnica rigurosa, simplificación de las especificaciones cuando sea posible y la promoción de la retroalimentación activa por parte de los trabajadores. Además, la tecnología podría desempeñar un papel importante, como la implementación de sistemas de gestión de calidad y herramientas digitales para facilitar la comunicación y la documentación. La colaboración y el compromiso de todos los niveles de la organización son esenciales para garantizar que las soluciones se implementen y mantengan de manera efectiva.

b. Desarrollar una propuesta de solución.

La siguiente propuesta de solución se describe en los siguientes procesos:

1. Recepción de Materiales:

- Realice una revisión exhaustiva de los materiales recibidos, asegurando que cumpla con los estándares de tiempo y calidad requeridos en la orden. Esto incluye la verificación de la cantidad y calidad de los insumos.

2. Control del Personal:

- Implementar programas de capacitación para el personal, abordando métodos óptimos para mejorar la eficiencia en los procesos de producción. Asimismo, integre un software de gestión que facilite el monitoreo y mejora de la calidad de las piezas fabricadas.

3. Preparación de la Orden de Fabricación:

- Establecer un sistema de identificación claro y preciso para cada orden de trabajo. Mejorar los planos y procesos de preparación de materiales, garantizando que estén disponibles en la cantidad y calidad necesaria.

4. Proceso de fabricación:

- Implementar procedimientos de habilitación de materiales, distribución eficiente de los insumos, etapas de corte, moldeo y soldadura, así como una inspección visual estricta en cada fase.

5. Inspección y Pruebas:

- Establecer procesos de inspección automatizados y seguimiento exhaustivo del control de calidad, registrando meticulosamente los resultados obtenidos en cada prueba.

6. Almacenaje de Piezas:

- Gestionar el almacén con una atención especial al tiempo de entrega ya la gestión del inventario de productos terminados. Mantener un control efectivo para asegurar la disponibilidad y el cumplimiento de plazos.

7. Retrabajo y Reparación:

- Implementar un sistema de informe detallado de las causas de los defectos identificados. Establecer procedimientos para la corrección de los problemas y verificar la conformidad de las piezas reparadas.

8. Entrega del producto:

- Registrar y realizar un seguimiento detallado de cada entrega, asegurando que se cumplan los plazos establecidos. Además, establezca un sistema de recepción y seguimiento de reclamos de los clientes para abordar cualquier problema que pueda surgir.

c. Establecer el proceso mejorado del área de fabricación.

En la *Tabla 15*, comprende un conjunto de procesos estratégicos implementados con la finalidad de aumentar la productividad en el área de fabricación. Cada uno de estos procesos ha sido meticulosamente diseñado para aportar un impacto significativo en la mejora de los resultados. Los componentes incluyen: Recepción de materiales, control del personal, preparación de la orden de fabricación, proceso de fabricación, inspección y pruebas, almacenaje de piezas, retrabajo y reparación, y finalmente, la entrega del producto

Tabla 15. Nuevos procesos del área de fabricación



Nota. Elaboración propia de la investigadora.

d. Implementar la solución y monitorear el proceso para asegurar que los cambios se mantienen.

La implementación de estos procesos de solución conlleva una serie de medidas estratégicas para optimizar la eficiencia y calidad en el área de fabricación, mientras que el monitoreo continuo garantiza la sostenibilidad de los cambios implementados.

Para iniciar la implementación, cada uno de los nuevos, desde la recepción de materiales hasta la entrega del producto, se integra gradualmente en las operaciones existentes. Se desarrollan planes de acción detallados que abordan los requisitos específicos de cada proceso. Se asignan responsabilidades claras a los equipos involucrados y se fundamentan líneas de comunicación abiertas para facilitar la

colaboración entre los departamentos. Además, la capacitación es una parte fundamental de la implementación. El personal recibe formación específica para comprender y aplicar los nuevos métodos y enfoques. Se les familiariza con las mejores prácticas y las directrices actualizadas para cada proceso. El objetivo es que el equipo esté bien preparado para ejecutar las tareas de manera eficiente y en línea con los nuevos estándares de calidad.

El monitoreo continuo juega un papel crucial en el mantenimiento de los cambios. Se han definido indicadores clave de rendimiento (KPI) para cada proceso, lo que permite medir y comparar los resultados con los objetivos previamente definidos. La revisión periódica de estos KPI permite identificar desviaciones y áreas de mejora, lo que a su vez brinda la oportunidad de tomar medidas correctivas oportunamente.

E. Control

Se establecieron las siguientes actividades:

a. Evaluar el KPI después de la mejora:

Como se estableció el KPI es el proceso de productos no conformes, después de la implementación de la propuesta de solución, se volvió a medir la cantidad de productos no conformes durante los meses de mayo y junio del 2023. Se encontró que la distribución siguió una curva normal.

Figura 10. Distribución normal de no conformidades (post test)

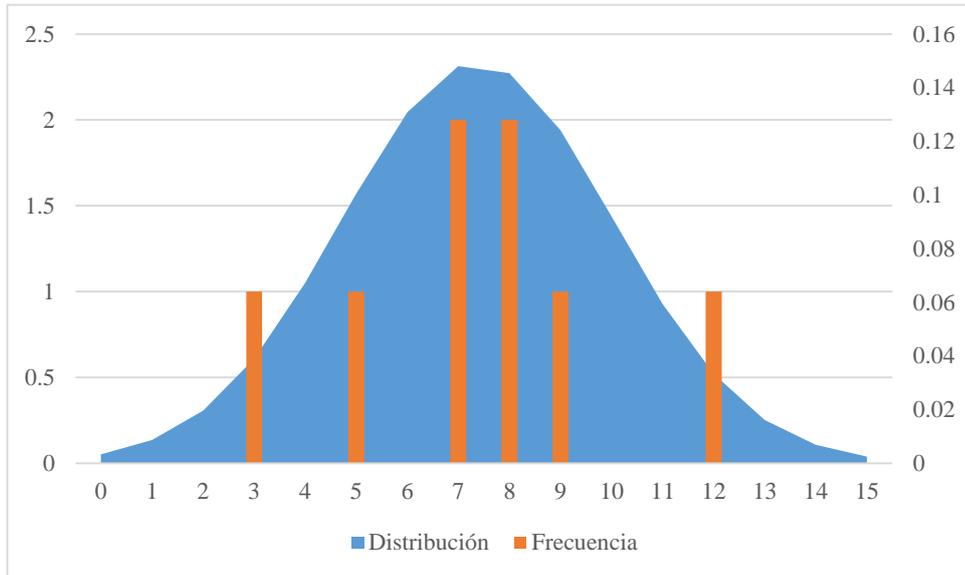


Tabla 16. Prueba de normalidad de las no conformidades después del six sigma (post)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Piezas no conformes (post)	0.966	8	0.868

Tanto en la **Figura 10** y en la **Tabla 16** se observa que los datos después de la implementación del six sigma, siguen una distribución normal. Los datos se encuentran en el Anexo 5.

b. Evaluar el Cp, Cpk y Nivel Sigma del proceso (antes de la mejora)

Realizando los cálculos:

- Media $\rightarrow \mu = 7.375$
- Desviación estándar $\rightarrow \sigma = 2.669$
- ES = 10
- ES = 0
- **Indicador de capacidad potencial: Cp** $\rightarrow \frac{ES-EI}{6\sigma} = \frac{10-0}{6(2.669)} = 0.6701$

Interpretación:

Ya que el Cp fue de 0.6701 es menor a 1, entonces se dice que el proceso no cumple con las especificaciones necesarias. Sin embargo, conforme con la **Tabla 10**, la clase del proceso estaría en una clase 3, lo cual significa que no es adecuado para el trabajo y se necesita analizar el proceso. Ello indica que requiere de modificaciones para que se logre una calidad satisfactoria. No obstante, el indicador mejoró la clase del proceso, ya que antes estuvo en una clase 4 y ahora se encuentra en una clase 3.

- **Indicador de la capacidad real Cpk** \rightarrow *Mínimo* $\left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}; \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right] =$
 $\left[\frac{7.375 - 0}{3(2.669)}; \frac{10 - 7.375}{3(2.699)} \right] = (0.9210; 0.3278)$

Interpretación:

El valor del Cpk resultó de 0.3278, este índice al ser menor a 1, indica que el proceso aún tiene problemas de capacidad y generará productos fuera de las especificaciones; es decir, genera más productos no conformes que está fuera de las especificaciones permitidas.

- **Nivel sigma:** $\%Productividad = \text{Área}(Z_s) - \text{Área}(Z_i)$

$$Z_s = \frac{10 - 7.375}{2.669} = 0.9835$$

$$\text{Área}(Z_s) = 0.837$$

$$Z_i = \frac{0 - 7.375}{2.669} = -2.76$$

$$\text{Área}(Z_i) = 0.003$$

Entonces:

$$\text{Área}(Z_s) - \text{Área}(Z_i) = 0.837 - 0.003 = 0.834 = 83.4\%$$

$$\text{Nivel sigma} = 2.74$$

Conforme con la **Tabla 11**, el nivel sigma del proceso fue de 2.74, esto indica que:

- DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades): Un nivel sigma de 2.74 implica que el proceso produce aproximadamente 180381² defectos por millón de oportunidades. En otras palabras, por cada millón de oportunidades de producir un producto o servicio, se esperaría que alrededor de 18.03% sean defectuosos.
- Comparación con Objetivos Six Sigma: En la metodología Six Sigma, el objetivo es alcanzar un nivel sigma de al menos 6, en la investigación se pasó de 1.26 a 2.47 el nivel de sigma; no obstante, aún está lejano de lo ideal que sería alcanzar la clase o nivel 6. Esto significa que, a medida que el nivel sigma aumenta, la cantidad de defectos por millón de oportunidades disminuye significativamente.
- Mejora Continua: Un nivel sigma de 2.74 sugiere que el proceso tiene espacio para mejoras, y existen oportunidades para reducir aún más la variabilidad y los defectos.

c. Desarrollar un plan de monitoreo para garantizar la estabilidad del proceso.

A continuación, se presenta el plan de monitoreo a implementar para garantizar la estabilidad y la mejora continua de las actividades propuestas:

1. Recepción de Materiales:

- Realizar auditorías regulares de los materiales recibidos para verificar el cumplimiento de los estándares de calidad y tiempo.
- Establecer un sistema de registro para documentar las inspecciones y resaltar cualquier desviación detectada.

2. Control del Personal:

² Hallado con extrapolación: (Defectos para 2.47 sigmas) / 2.47 = 45500 / 2 → Defectos para 2.47 sigmas = (45500 / 2.47) ≈ 18381 defectos

- Programar evaluaciones periódicas de las habilidades y conocimientos del personal después de la capacitación.
- Utilizar el software de gestión para monitorear el rendimiento individual y colectivo del equipo.

3. Preparación de la Orden de Fabricación:

- Realizar revisiones regulares de los procedimientos de preparación de materiales y actualizarlos según sea necesario.
- Implementar un sistema de retroalimentación que permita a los trabajadores proporcionar comentarios sobre la claridad y utilidad de las instrucciones de preparación.

4. Proceso de Fabricación:

- Establecer puntos de control en cada etapa del proceso de fabricación para verificar la calidad y el tiempo de ejecución.
- Implementar un sistema de notificación inmediata cuando se detecten desviaciones de los estándares establecidos.

5. Inspección y Pruebas:

- Realizar auditorías regulares de los procesos de inspección automatizados para garantizar su funcionamiento correcto.
- Establecer una revisión de pares para verificar y validar los resultados de las pruebas realizadas.

6. Almacenaje de Piezas:

- Implementar un sistema de seguimiento en tiempo real del inventario de productos terminados y las entregas pendientes.
- Realizar verificaciones aleatorias del inventario físico y comparar los resultados con los registros del sistema.

7. Retrabajo y Reparación:

- Establecer un sistema de seguimiento de problemas y soluciones para identificar patrones y áreas recurrentes de mejora.
- Programar revisiones regulares de las piezas reparadas para asegurarse de que cumplan con las especificaciones.

8. Entrega del Producto:

- Establecer un sistema de monitoreo de entregas que permita rastrear el cumplimiento de los plazos y resolver problemas de manera oportuna.
- Analizar los reclamos de los clientes para identificar tendencias y áreas de mejora en la satisfacción del cliente.

9. Frecuencia de Monitoreo:

Realizar revisiones mensuales para cada una de las actividades mejoradas, revisar los registros y los resultados, e identificar oportunidades de mejora adicional.

10. Responsables:

Designar un equipo responsable de supervisar y ejecutar el plan de monitoreo, incluyendo representantes de cada área involucrada.

11. Documentación y Reporte:

Mantener registros detallados de todas las actividades de monitoreo, los resultados y las acciones tomadas. Generar informes mensuales para presentar a la alta dirección y compartir con los equipos involucrados.

12. Mejora Continua:

Utilizar los datos recopilados durante el monitoreo para identificar áreas de mejora continua y ajustar los procesos según sea necesario.

Con este plan de monitoreo, se podrá asegurar de que las actividades mejoradas se implementen de manera efectiva y se mantenga la estabilidad del proceso, contribuyendo a la mejora sostenible de la productividad en el área de fabricación de la empresa.

5.2. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS ENTRE EL PRE Y POST TEST

5.2.1. ÍNDICES DE SIX SIGMA Y NIVEL SIGMA

Tabla 17. Comparación de los índices antes y después de la implementación de la metodología DMAIC

Índice	Valor		Análisis
	Pre	Post	
Cp	0.35014	0.6701	El índice de capacidad potencial aumentó de 0.35 a 0.67. Esto indica que pasó de la clase 4 a la clase 3. A pesar de ello, el proceso de no conformidades no cumple con las especificaciones necesarias.
Cpk	-0.071	0.3278	A pesar que el índice de capacidad real mejoró de -0.071 a 0.32, este valor aún no es cercano a 1.25, que es el valor para definir que el proceso es capaz y satisfactorio. Este índice también corrobora que se necesitan de mayores mejoras en otros procesos del área de fabricación de la empresa.
Productividad (%)	40.5%	83.4%	La productividad del proceso mejoró de 40.5% a 83.4%; no obstante, aún no se llega al nivel de sigma deseado.
Nivel sigma	1.26	2.74	El nivel sigma pasó de 1.26 a 2.74; a pesar de esta mejora, está lejos del nivel six sigma que representa la clase mundial. Esto va acorde con investigaciones, ya que indican que un proceso para lograr un nivel six sigma necesitan de hasta 6 años en mejora continua.

Nota. Elaborado por la autora.

Tras la implementación del DMAIC, se ha logrado mejorar el nivel sigma de 1.26 a 2.47. Esto indica que la variabilidad y la cantidad de defectos en tu proceso han disminuido. Un nivel sigma mayor implica una mayor calidad y consistencia en tus productos, lo que a su vez sugiere que estás más cerca de cumplir con los estándares de calidad y especificaciones requeridas. Empero, aunque se ha logrado una mejora significativa en el nivel sigma, aún estás lejos del nivel Six Sigma, que se considera un estándar de clase mundial en términos de calidad y eficiencia. Un nivel Six Sigma implica una tasa muy baja de defectos (aproximadamente 3.4 defectos por millón de oportunidades) y requiere un esfuerzo sostenido y a largo plazo en la mejora continua del proceso.

En suma, se ha atribuido la mejora en la cantidad de no conformidades de los productos y, por lo tanto, en la productividad, a la implementación del enfoque DMAIC. Esto significa que la estructura y metodología sistemática del DMAIC han sido efectivas para identificar y abordar los problemas en el proceso de fabricación, lo que ha resultado en mejoras tangibles. Por tanto, los resultados indican que se encuentra en el camino correcto hacia la mejora de la productividad y la calidad en el área de fabricación. Aunque aún no se ha alcanzado el nivel Six Sigma, se ha logrado avances significativos con la implementación del DMAIC. Esto respalda la importancia de la mejora continua a lo largo del tiempo y la relevancia de enfoques estructurados como DMAIC para lograr mejoras medibles y sostenibles en los procesos empresariales.

5.2.2. RECLAMOS Y ENTREGA DE LOS PRODUCTOS

Tabla 18. Resultados para índices de reclamos y cumplimiento de los productos

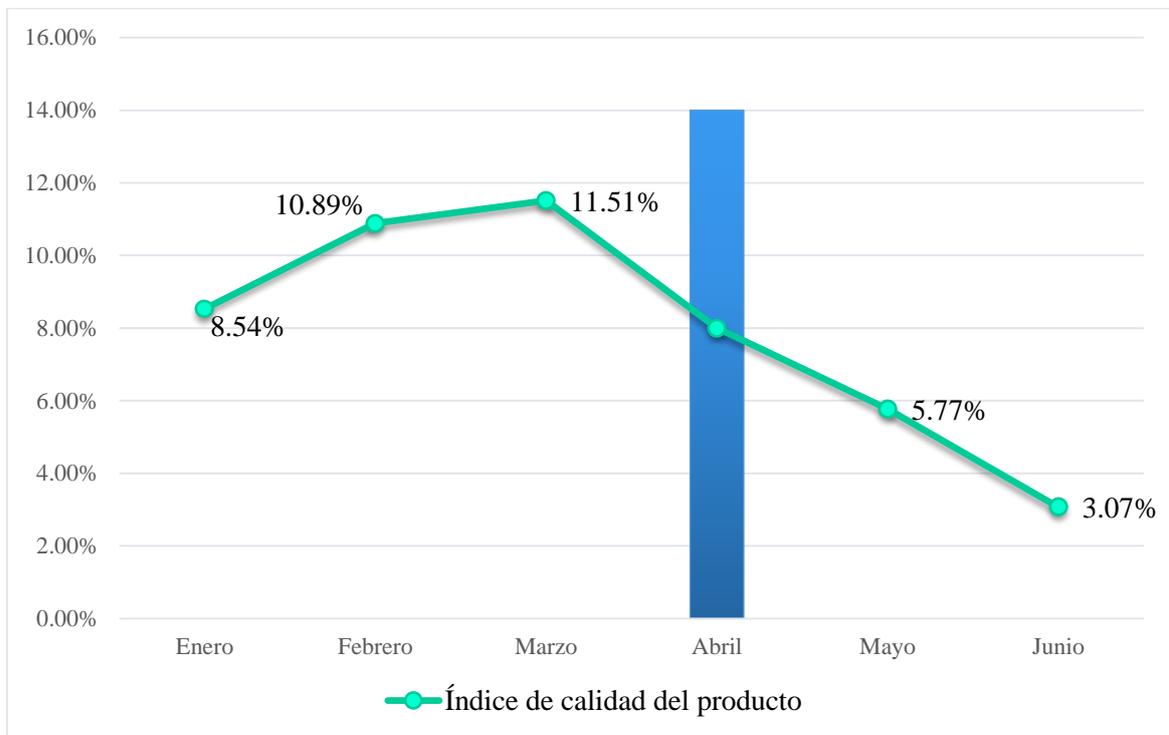
Mes*	Test	Índice de reclamos del producto	Índice de Cumplimiento de Entrega
Enero	Pretest	8.54%	83.46%
Febrero		10.89%	80.44%
Marzo		11.51%	87.34%
Mayo	Postest	5.77%	95.21%
Junio		3.07%	97.98%
Media pretest		10.31%	83.75%
Media postest		4.42%	96.59%

Nota. Hallado en base al procesamiento estadístico. * En el mes de abril se aplicó la metodología Six Sigma en el área de fabricación.

En la **Tabla 18** se puede observar que, para el índice de reclamos del producto, su promedio bajó en el postest, lo cual indica que la cantidad de reclamos por la falta de control en las piezas fabricadas disminuyó al implementar la metodología 6σ . En cuanto al índice de cumplimiento de entrega, este mejoró, debido a que los tiempos de entrega y fabricación de los pedidos (piezas) se cumplieron en mayor cuantía. Ello demuestra que hubo una mejora después del mes de abril, mes en el cual se implementó la metodología. Esto debido a que con la implementación de Six Sigma se centró en identificar y eliminar defectos y variaciones en los procesos de producción. Al

optimizar y estandarizar los procesos, se redujo la probabilidad de retrasos y problemas durante la producción, lo que a su vez contribuye a un mayor cumplimiento de entrega.

Figura 11. Evolución del índice de reclamos y entrega del producto (pre y post test)

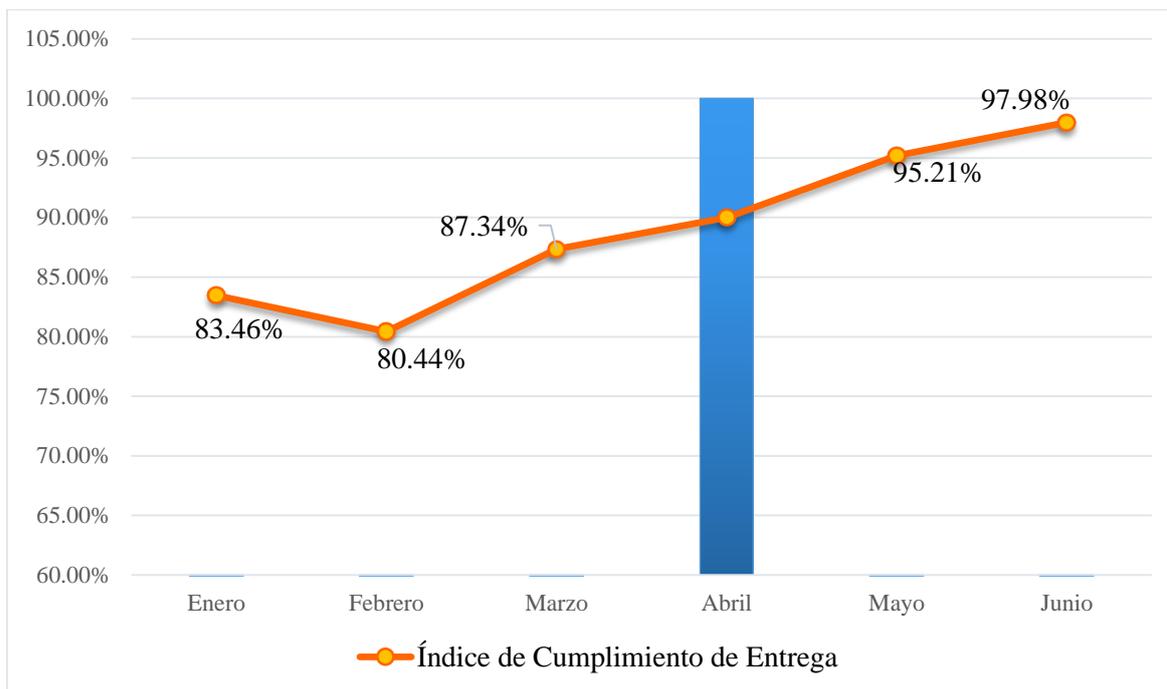


Nota. * En el mes de abril se implementó la metodología Six Sigma en la empresa.

Interpretación:

Se evaluaron dos índices: i) índice de reclamo del producto y el ii) índice de cumplimiento de entrega. En este sentido en la **Figura 11** se observa que, antes de la implementación de la metodología 6σ , el índice tuvo una media de 10.31% y después de la implementación, este índice bajó a 4.42%. Esto significa que el cociente de Reclamos del cliente/ Piezas producidas, disminuyó, principalmente porque el número de reclamos de los clientes por cantidad de producción, fueron menores; esto gracias a que con la implementación del 6σ se logró optimizar el proceso de producción de la empresa en el área de fabricación.

Figura 12. Evolución del Índice de Cumplimiento de Entrega (pre y post test)



Nota. * En el mes de abril se implementó la metodología Six Sigma en la empresa.

Interpretación:

Con respecto al índice de cumplimiento de entrega, medido como el cociente entre el número de piezas entregadas a Tiempo / Piezas producidas, este aumentó de 83.75% a 96.59%. Lo cual indica que la cantidad de piezas que se entregaron en las fechas establecidas aumentó después de la implementación del 6 σ . En otras palabras, esto significa que después de la implementación de la metodología Six Sigma, la empresa logró mejorar su desempeño en términos de cumplimiento de entrega. En otras palabras, se entregaron más piezas dentro del plazo establecido en comparación con el número total de piezas producidas.

5.2.3. ERRORES EN LOS PRODUCTOS

Tabla 19. Resultados para los índices de errores en los productos

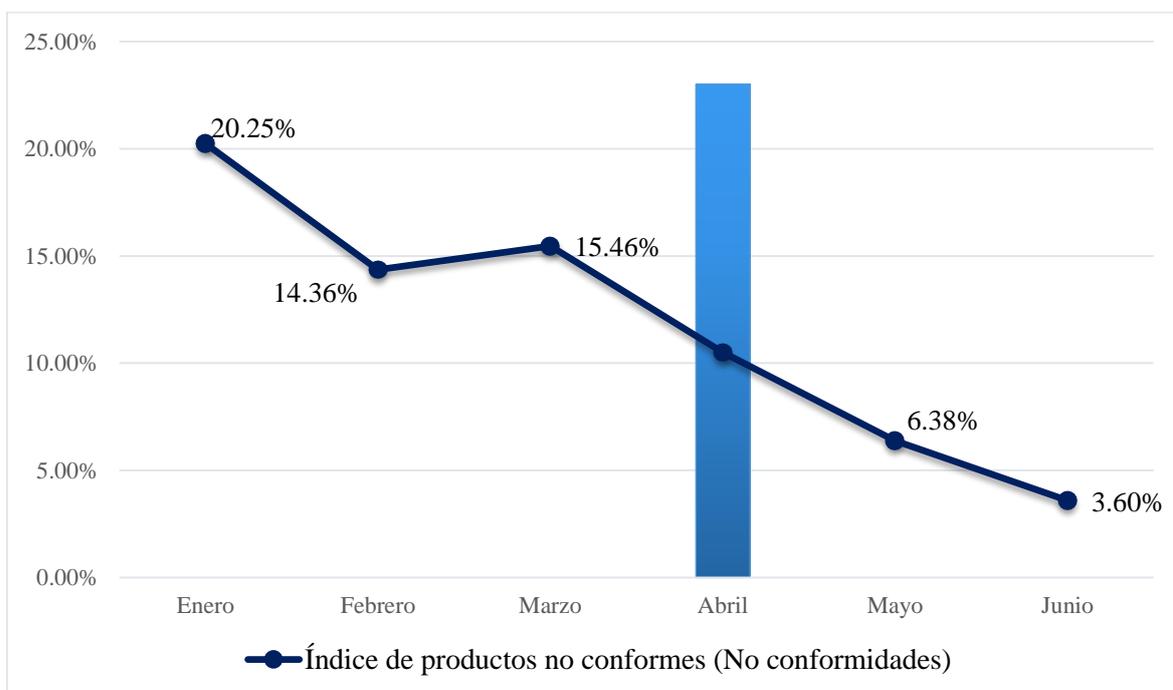
Mes*	Test	Índice de productos no conformes (No conformidades)	Índice de productos conformes	Índice de Retrabajo
Enero	Pretest	20.25%	79.75%	16.09%
Febrero		14.36%	85.64%	11.85%
Marzo		15.46%	84.54%	13.56%

Mayo	Posttest	6.38%	93.62%	5.36%
Junio		3.60%	96.40%	3.35%
Media pretest		16.69%	83.31%	13.83%
Media posttest		4.99%	95.01%	4.35%

Nota. Hallado en base al procesamiento estadístico. * En el mes de abril se aplicó la metodología Six Sigma en el área de fabricación.

En la **Tabla 19** se observa que para el índice de productos no conformes (no conformidades) se redujo, el índice de productos conformes se incrementó y el índice de retrabajo disminuyó. Ello gracias a que con la implementación del Six Sigma se utilizaron herramientas y técnicas para identificar cuellos de botella y eliminar el desperdicio en los procesos. Entonces, al eliminar ineficiencias y mejorar el flujo de trabajo, se logró una producción más fluida y eficiente, lo que condujo a que los errores en los productos se reduzcan. Asimismo, los resultados indican que la implementación de la metodología Six Sigma tuvo un impacto positivo en la reducción de productos no conformes, el aumento de productos conformes y la disminución del índice de retrabajo. Estas mejoras se lograron a través de la identificación y eliminación de causas raíz de los defectos, la estandarización de los estándares de calidad y la reducción de la variabilidad en los procesos de producción.

Figura 13. Gráfico comparativo para Índice de productos no conformes (pre y post test)



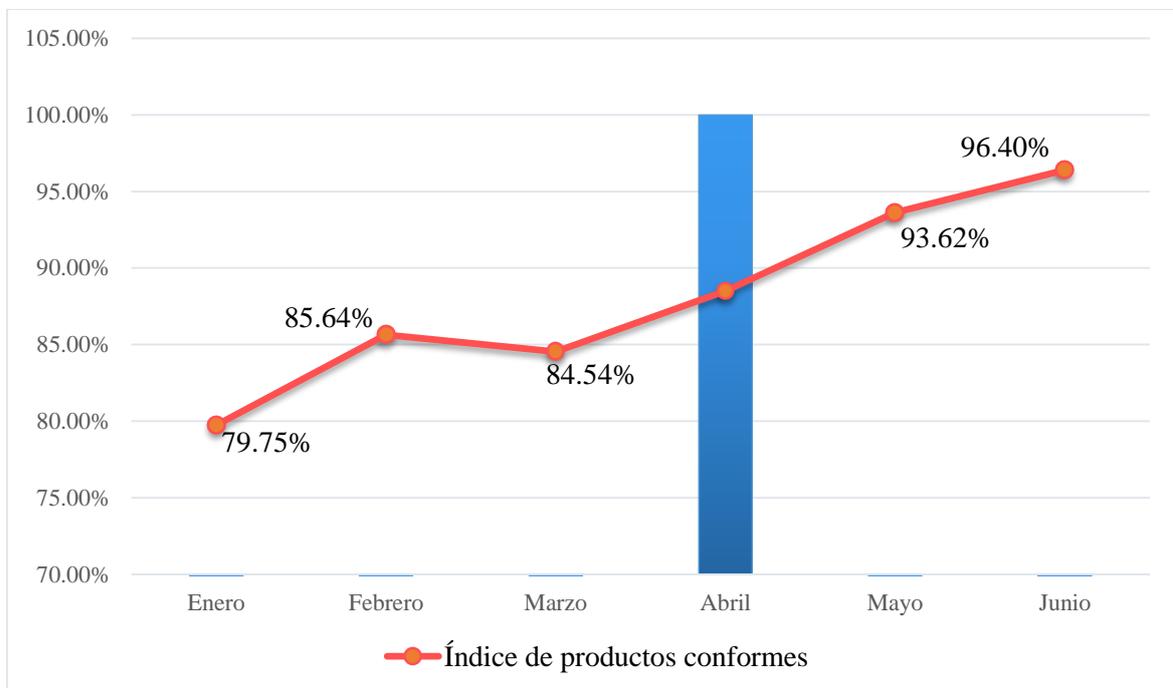
Nota. * En el mes de abril se implementó la metodología Six Sigma en la empresa.

Interpretación:

En la **Figura 13** se observa la evolución del índice de productos no conformes (No conformidades), el cual es medido mediante el cociente de Piezas rechazadas o no conformes/Piezas producidas. Se observa que este índice bajo de 20.25% a 3.60%; además en promedio, en el pre test el índice fue de 16.69%, y en el postest fue de 4.99%, se refleja una clara disminución de la cantidad de productos no conformes, ello se debe a la influencia que tuvo la implementación de la metodología Six sigma en el área de fabricaciones de la empresa estudiada.

Dicho de otra forma, una disminución en el índice de productos no conformes indica que la empresa logró reducir la cantidad de productos defectuosos o con errores. Esto se debe a las mejoras implementadas en los procesos de producción, como la identificación y eliminación de causas raíz de los defectos. Ello debido a que el Six Sigma utilizó herramientas estadísticas y técnicas de mejora de calidad para abordar los problemas subyacentes y prevenir la aparición de productos no conformes.

Figura 14. Gráfico comparativo para Índice de productos conformes (pre y post test)



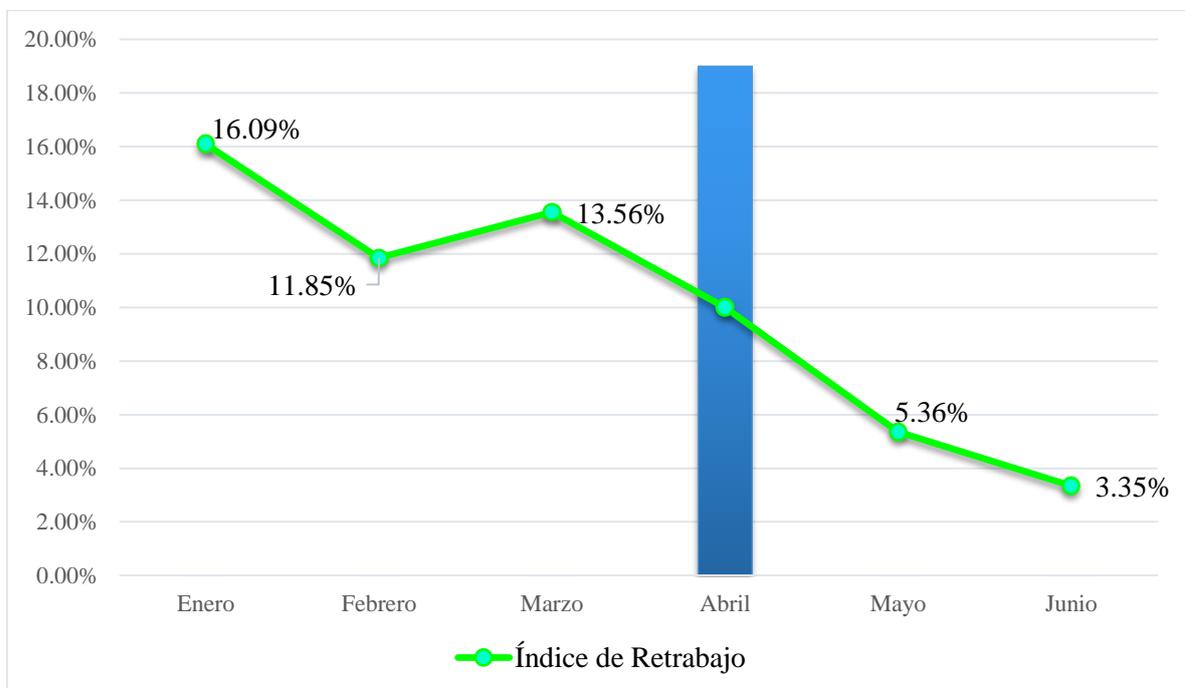
Nota. * En el mes de abril se implementó la metodología Six Sigma en la empresa.

Interpretación:

Sobre el índice de productos conformes, medido por el cociente entre piezas aceptadas conformes/piezas producidas; este índice mejoró. Como se observa en la **Figura 14** el índice pasó de 79.75% de conformidades a 96.40%, en promedio en el pre test el índice fue de 83.31% pasando a 95.01% en el postest, esto indica que de cada 100 piezas fabricadas, antes de la implementación del six sigma, 83 piezas pasaban el control de calidad; mientras que después de implementar la metodología, de cada 100 piezas, 95 fabricaciones pasaban el control de calidad y cumplían con todas las conformidades para ser entregada a los clientes. Ello demuestra la efectividad del six sigma en la mejora de entregar productos de calidad.

En otras palabras, un aumento en el índice de productos conformes significa que la empresa logró mejorar la calidad general de sus productos. Esto se debe a las mejoras en los procesos de producción, la estandarización de los estándares de calidad y la reducción de la variabilidad en la producción. Esto porque el Six Sigma se enfocó en establecer estándares más altos y garantizar que los productos cumplan con esos estándares, lo que se reflejó en un incremento en el índice de productos conformes.

Figura 15. Gráfico comparativo para Índice de Retrabajo (pre y post test)



Nota. * En el mes de abril se implementó la metodología Six Sigma en la empresa.

Interpretación:

En cuanto al índice de retrabajo, medido por la cantidad de piezas retrabajadas/total de piezas producidas, este índice en promedio disminuyó de 13.83% a 4.35%, una vez se realizó la implementación del six sigma. Ello indica que, de cada 100 productos, antes de six sigma, 13 piezas se tenían que refabricar ya que no cumplían con el tamaño, forma y calidad para ser entregado; no obstante, después del six sigma la cantidad disminuyó a solo 4 por cada 100 piezas fabricadas. Entonces, una disminución en el índice de retrabajo indica que la empresa logró reducir la cantidad de productos que requerían reparación o corrección debido a defectos. Esto se debe a las mejoras implementadas en los procesos de producción, la eliminación de causas raíz de los errores y la mejora general de la calidad. Esto porque la implementación del Six Sigma se centró en la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos, lo cual contribuyó a la disminución de piezas que tenían que ser retrabajadas para que puedan cumplir los estándares de calidad y su posterior entrega al cliente.

5.2.4. TIEMPO DE FABRICACIÓN Y PRODUCTIVIDAD LABORAL

Tabla 20. Resultados para índices de tiempo promedio de fabricación y productividad laboral

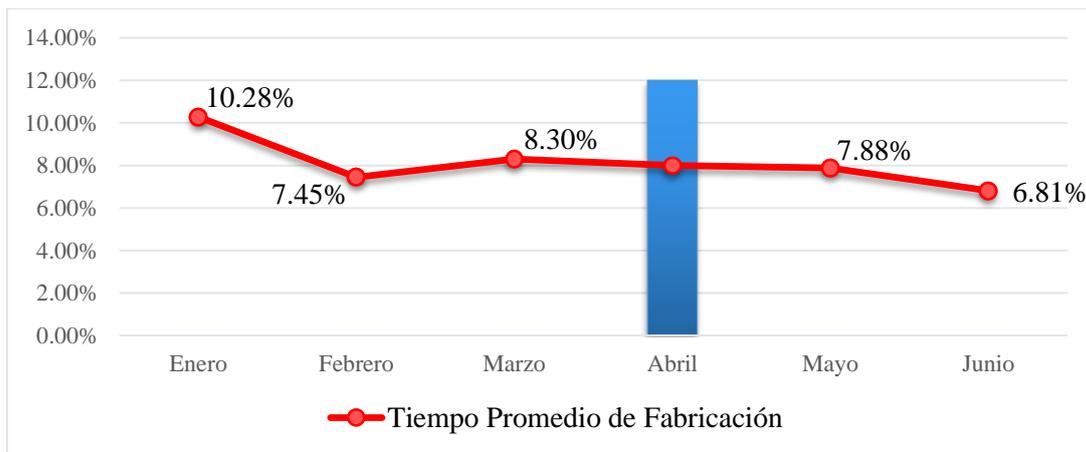
Mes*	Test	Tiempo Promedio de Fabricación	Productividad laboral
Enero	Pretest	10.28%	8.83%
Febrero		7.45%	8.46%
Marzo		8.30%	8.79%
Mayo	Postest	7.88%	9.34%
Junio		6.81%	13.11%
Media pretest		8.68%	8.69%
Media postest		7.34%	11.23%

Nota. Hallado en base al procesamiento estadístico. * En el mes de abril se aplicó la metodología Six Sigma en el área de fabricación.

En la **Tabla 20** se observa que el tiempo promedio de fabricación disminuyó, mientras que la productividad laboral aumentó, tras la implementación de la metodología six sigma. Esto se debe a que la influencia de Six Sigma en estos resultados se debe a varios factores: como la identificación y eliminación de

actividades innecesarias: Six Sigma se centró en la eliminación de actividades que no agregaban valor al proceso de fabricación. Al identificar y eliminar estos pasos innecesarios, se redujo el tiempo requerido para fabricar un producto. Asimismo, con el Six Sigma se buscó eliminar defectos y errores en los productos. Al reducir la cantidad de retrabajos y reprocesos necesarios, se ahorró tiempo y se mejoró la productividad laboral.

Figura 16. Gráfico comparativo para Tiempo Promedio de Fabricación (pre y post test)

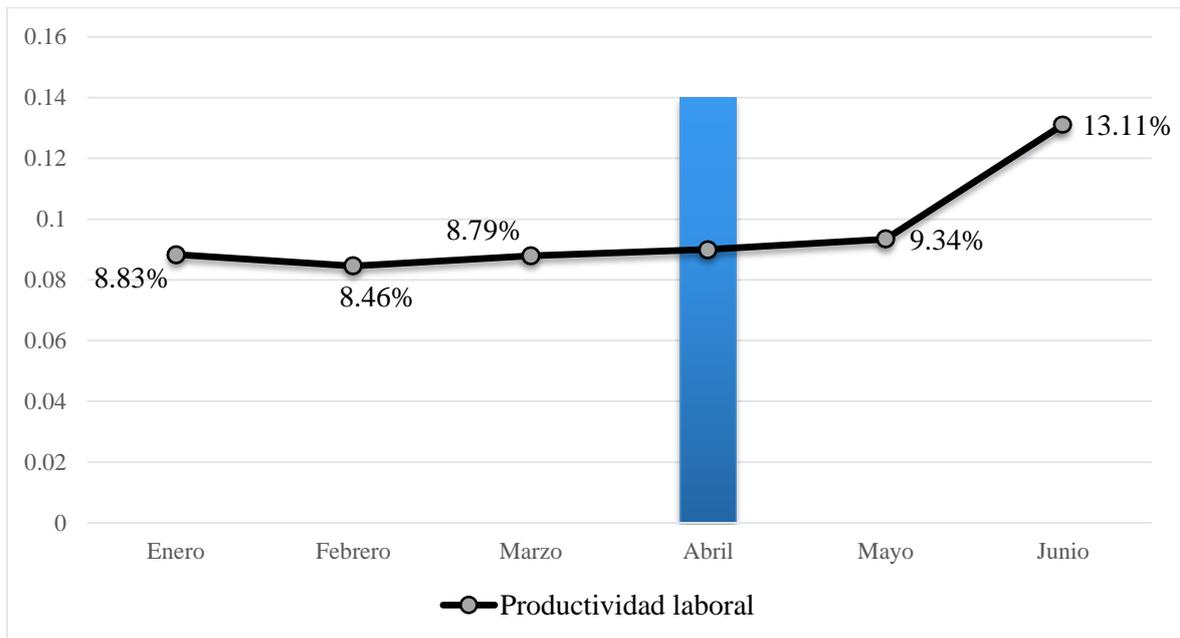


Nota. * En el mes de abril se implementó la metodología Six Sigma en la empresa.

Interpretación:

Sobre el tiempo promedio de fabricación, medido como el cociente entre el tiempo total de fabricación/piezas producidas; el promedio disminuyó de 8.68% a 7.34%; aunque el porcentaje no se redujo notablemente, si se evidencia una mejora en el tiempo promedio de fabricación. Este resultado indica la cantidad de tiempo promedio que se requiere para fabricar un producto disminuyó después de la implementación de Six Sigma. Ello principalmente, porque la metodología Six Sigma se enfocó en la identificación y eliminación de actividades innecesarias, ineficiencias y demoras en los procesos de fabricación, traduciéndose en una disminución del tiempo promedio de fabricación, lo que permitió a la empresa producir más productos en menos tiempo.

Figura 17. Gráfico comparativo para Productividad laboral (pre y post test)



Nota. * En el mes de abril se implementó la metodología Six Sigma en la empresa.

Interpretación:

En cuanto a la productividad laboral, medido como el cociente entre el número de piezas producidas/horas hombre utilizadas, se incrementó de 8.69% a 11.23%, mejorando la productividad laboral en un 2.54%; ello indica que la cantidad de productos que un trabajador puede producir en un determinado período de tiempo aumentó después de la implementación de Six Sigma. Ello porque la implementación de la metodología Six Sigma implicó una mejora en la eficiencia y la efectividad de los procesos de producción. Al optimizar los flujos de trabajo, se eliminaron 1 actividades innecesarias y se redujo la variabilidad, se logró un entorno de trabajo más eficiente. Esto mejoró la productividad laboral al permitir que los trabajadores realicen su trabajo de manera más rápida y efectiva, sin comprometer la calidad de las piezas fabricadas

5.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para el contraste de las hipótesis se realizó con la prueba de diferencias de medias de la distribución t de student, esto con el fin de evaluar si existe o no diferencias significativas entre los índices de productividad antes y después de la

implementación de la metodología Six Sigma. Se escogió la t de student ya que los datos se distribuyeron como una normal, tal como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 21. Prueba de normalidad

Periodo		Shapiro-Wilk			Resultado
		Estadístico	gl	p-valor	
Índice de reclamos del producto	Pre test	0.782	12	0.058	Normal
	Post test	0.864	8	0.133	Normal
Índice de Cumplimiento de Entrega	Pre test	0.827	12	0.195	Normal
	Post test	0.774	8	0.148	Normal
Índice de productos no conformes	Pre test	0.819	12	0.156	Normal
	Post test	0.869	8	0.147	Normal
Índice de productos conformes	Pre test	0.819	12	0.156	Normal
	Post test	0.869	8	0.147	Normal
Índice de Retrabajo	Pre test	0.727	12	0.156	Normal
	Post test	0.955	8	0.758	Normal
Tiempo Promedio de Fabricación	Pre test	0.945	12	0.571	Normal
	Post test	0.971	8	0.904	Normal
Productividad laboral	Pre test	0.956	12	0.731	Normal
	Post test	0.942	8	0.631	Normal

Además, se siguieron los siguientes pasos para probar las hipótesis:

- Redactar la hipótesis a contrastar
- Establecer las hipótesis nula y alterna
- Establecer el nivel de significancia para aceptar o rechazar la hipótesis de diferencias
- Realizar la prueba de diferencia de medias
- Indicar la regla de decisión estadística
- Analizar los resultados
- Realizar la conclusión, aceptación o rechazo de la hipótesis

5.3.1. PRUEBA DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

i. Hipótesis:

La implementación la metodología Six Sigma influye sobre los reclamos y entrega de productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

ii. Hipótesis estadísticas:

Ya que se desea establecer las diferencias entre el pre y post test, se tiene que evaluar la diferencia entre las medias de los indicadores. Entonces, en primer lugar; se trata de hallar si la media del pre test es distinto estadísticamente que del post test. En segundo lugar, identificar si la media del post test es mayor o menor que del pre test, según el indicador de productividad. Por esta razón, las hipótesis estadísticas, están en función de la diferencia de medias.

- Nula (H0): La media del pre test es igual a la media del post test para los indicadores de reclamos y entrega de los productos (Índice de reclamos del producto, Índice de Cumplimiento de Entrega).

$$\bar{X}_{pre} = \bar{X}_{post}$$

- Alterna (H1): La media del pre test es distinta a la media del post test para los indicadores de reclamos y entrega de los productos (Índice de reclamos del producto, Índice de Cumplimiento de Entrega).

$$\bar{X}_{pre} \neq \bar{X}_{post}$$

iii. Significancia: 0.05

iv. Prueba t de student:

Tabla 22. Medias para los índices de reclamos y entrega de los productos

Reclamos y entrega de los productos	Test	N	Media	D.E.
Índice de reclamos del producto	Pre test	12	10.31%	3.97%
	Post test	8	4.42%	2.18%
Índice de cumplimiento de entrega	Pre test	12	83.75%	9.46%
	Post test	8	96.59%	3.86%

Nota. Hallado en base al procesamiento estadístico.

Tabla 23. Prueba de diferencia de medias para la primera hipótesis específica

Prueba t	t	gl	p-valor	Diferencia de medias
Índice de reclamos del producto	4.259	18	0.000	5.89%
Índice de cumplimiento de entrega	-3.621	18	0.002	-12.85%

Nota. Hallado en base al procesamiento estadístico.

v. Regla para decidir:

- Si el p-valor $>$ a 0.05 \rightarrow Se acepta H_0 : Las medias son iguales
- Si el p-valor $<$ a 0.05 \rightarrow Se rechaza H_0 : Las medias son distintas

vi. Análisis:

De acuerdo a la **Tabla 23** se halló que:

- El p-valor fue de 0.00 para el índice de reclamos del producto, entonces se rechaza la H_0 . Es decir, la media del pretest es distinta a la del posttest. Asimismo, según la **Tabla 22** la media del pre test fue mayor que del post test, indicando que después de la implementación del Six Sigma el índice de reclamos del producto, disminuyó de 10.31% a 4.42%, traducándose en una menor cantidad de reclamos por parte de los clientes.
- El p-valor fue de 0.002 para el índice de cumplimiento de entrega, entonces se rechaza la H_0 . Es decir, la media del pretest es distinta a la del posttest. Asimismo, según la **Tabla 22**, la media del pre test es menor que del post test, indicando que después de la implementación del Six Sigma el índice de cumplimiento de entrega aumentó de 83.75% a 96.59%, lo cual se traduce en una mejora en la cantidad de pedidos entregados a tiempo.

vii. Conclusión:

Se acepta la hipótesis del estudio, ya que el índice de reclamos del producto disminuyó y el índice de cumplimiento de entrega se incrementó, ello gracias a la aplicación del Six Sigma, mejorando la calidad de los productos. Por lo tanto, se concluye que, la implementación la metodología Six Sigma influye significativamente sobre los reclamos y la entrega de los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

5.3.2. PRUEBA DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

i. Hipótesis:

La implementación la metodología Six Sigma disminuye los errores en los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

ii. Hipótesis estadísticas:

- Nula (H0): La media del pre test es igual a la media del post test para los indicadores de errores en los productos (índice de productos no conformes, índice de productos conformes, índice de retrabajo).

$$\bar{X}_{pre} = \bar{X}_{post}$$

- Alternativa (H1): La media del pre test es distinta a la media del post test para los indicadores de errores en los productos (índice de productos no conformes, índice de productos conformes, índice de retrabajo).

$$\bar{X}_{pre} \neq \bar{X}_{post}$$

iii. Significancia: 0.05

iv. Prueba t de student:

Tabla 24. Medias para los índices de errores en los productos

Errores en los productos	Test	N	Media	D.E.
Índice de productos no conformes (No conformidades)	Pre test	12	16.69%	7.03%
	Post test	8	4.99%	2.28%
Índice de productos conformes	Pre test	12	83.31%	7.03%
	Post test	8	95.01%	2.28%
Índice de Retrabajo	Pre test	12	13.83%	7.30%
	Post test	8	4.35%	2.13%

Nota. Hallado en base al procesamiento estadístico.

Tabla 25. Prueba de diferencia de medias para la segunda hipótesis específica

Prueba t	t	gl	p-valor	Diferencia de medias
Índice de productos no conformes (No conformidades)	4.515	18	0.000	11.70%
Índice de productos conformes	-4.515	18	0.000	-11.70%
Índice de Retrabajo	3.546	18	0.002	9.48%

Nota. Hallado en base al procesamiento estadístico.

v. Regla para decidir:

- Si el p-valor > a 0.05 → Se acepta H0: Las medias son iguales
- Si el p-valor < a 0.05 → Se rechaza H0: Las medias son distintas

vi. Análisis:

De acuerdo a la **Tabla 25** se halló que:

- El p-valor fue de 0.00 para el índice de productos no conformes, entonces se rechaza la H0. Es decir, la media del pretest es distinta a la del posttest. Asimismo, según la **Tabla 24** la media del pre test fue mayor que en el post test, indicando que después de la implementación del Six Sigma el índice de de productos no conformes disminuyó de 16.69% a 4.99%
- El p-valor fue de 0.00 para el índice de productos conformes, entonces se rechaza la H0. Es decir, la media del pretest es distinta a la del posttest. Asimismo, según la **Tabla 24** la media del pre test fue menor del post test, indicando que después de la implementación del Six Sigma el índice de productos conformes aumentó de 83.31% a 95.01%

- El p-valor fue de 0.002 para el índice de retrabajo, entonces se rechaza la H0. Es decir, la media del pretest es distinta a la del posttest. Asimismo, según la **Tabla 24** la media del pre test mayor que del post test, indicando que después de la implementación del Six Sigma el índice de retrabajo disminuyó de 13.83% a 4.35%.

vii. Conclusión:

Se acepta la hipótesis del estudio. Ya que el índice de productos no conformes disminuyó, el índice de productos conformes aumentó, y el índice de retrabajo disminuyó. Ello gracias a la aplicación del Six Sigma, disminuyendo los errores en los productos. Por lo tanto, se concluye que, la implementación la metodología Six Sigma disminuye los errores en los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

5.3.3. PRUEBA DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

i. Hipótesis:

La implementación la metodología Six Sigma influye significativamente en el tiempo de fabricación y productividad laboral del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

ii. Hipótesis estadísticas:

- Nula (H0): La media del pre test es igual a la media del pre test para los indicadores de tiempo promedio de fabricación y productividad laboral.

$$\bar{X}_{pre} = \bar{X}_{post}$$

- Alternativa (H1): La media del pre test es distinta a la media del pos test para los indicadores tiempo promedio de fabricación y productividad laboral.

$$\bar{X}_{pre} \neq \bar{X}_{post}$$

iii. Significancia: 0.05

iv. Prueba t de student:

Tabla 26. Medias para los índices de tiempo de fabricación y productividad laboral

Índice	Test	N	Media	D.E.
Tiempo Promedio de Fabricación	Pre test	12	8.68%	3.77%
	Post test	8	7.34%	2.14%
Productividad laboral	Pre test	12	8.69%	2.47%
	Post test	8	11.23%	2.44%

Nota. Hallado en base al procesamiento estadístico.

Tabla 27. Prueba de diferencia de medias para la tercera hipótesis específica

Prueba t	t	gl	p-valor	Diferencia de medias
Tiempo Promedio de Fabricación	1.007	18	0.327	133.52%
Productividad laboral	-2.263	15	0.039	-2.53%

Nota. Hallado en base al procesamiento estadístico.

v. Regla para decidir:

- Si el p-valor > a 0.05 → Se acepta H0: Las medias son iguales
- Si el p-valor < a 0.05 → Se rechaza H0: Las medias son distintas

vi. Análisis:

De acuerdo a la **Tabla 27** se halló que:

- El p-valor fue de 0.327 para el índice de tiempo promedio de fabricación, entonces se acepta la H0. Es decir, la media del pretest es igual a la del posttest. No obstante, según la **Tabla 26** la media del pre test fue de 8.68%, disminuyendo a 7.34% en el post test, a pesar de dicha diferencia, no se evidenciaron que sean significativas. Es decir que el tiempo de fabricación de productos, si disminuyó, pero el efecto de la implementación del Six Sigma no fue significativo.
- El p-valor fue de 0.039 < 0.05 para el índice de productividad laboral entonces se rechaza la H0. Es decir, la media del pretest es distinta a la del posttest. Asimismo, según la **Tabla 26** la media del pre test es menor del post test, indicando que después de la implementación del Six Sigma el índice de productividad laboral aumentó de 8.69% a 11.23%.

vii. Conclusión:

Se acepta la hipótesis del estudio. A pesar que no hubo significancia en el índice de tiempo promedio de fabricación, se registró una disminución; por otro lado, el índice de productividad laboral si mostró un aumento significativo. Ello gracias a la aplicación del Six Sigma. Por lo tanto, se concluye que, la implementación la metodología Six Sigma influye significativamente en el tiempo de fabricación y productividad laboral del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

5.3.4. PRUEBA DE LA HIPÓTESIS GENERAL

i. Hipótesis:

La implementación de la metodología Six Sigma influye significativamente en el incremento de la productividad en al área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

- H0: La implementación de la metodología Six Sigma no influye significativamente en el incremento de la productividad.
- H1: La implementación de la metodología Six Sigma si influye significativamente en el incremento de la productividad.

ii. Prueba:

Tabla 28. *Resultados de los indicadores de productividad*

Dimensión	Indicador	Media Pre	Media Post	p-valor	t	Resultado	Significancia
Reclamos y entrega de los productos	Índice de reclamos del producto	10.31%	4.42%	0.000	4.259	Disminuyó	Significativo
	Índice de Cumplimiento de Entrega	83.75%	96.59%	0.002	-3.621	Aumentó	Significativo
Errores en los productos	Índice de productos no conformes (No conformidades)	16.69%	4.99%	0.000	4.515	Disminuyó	Significativo
	Índice de productos conformes	83.31%	95.01%	0.000	-4.515	Aumentó	Significativo
	Índice de Retrabajo	13.83%	4.35%	0.002	3.546	Disminuyó	Significativo
Tiempo de fabricación y	Tiempo Promedio de Fabricación	8.68%	7.34%	0.327	1.007	Disminuyó	No significativo

productividad laboral	Productividad laboral	8.69%	11.23%	0.039	-2.263	Aumentó	Significativo
--------------------------	--------------------------	-------	--------	-------	--------	---------	---------------

Nota. Hallado en base al procesamiento estadístico.

iii. Análisis:

Según la **Tabla 28**, los índices para reclamos, entrega de los productos, errores en los productos y productividad laboral fueron significativos; es decir, los indicadores tuvieron una influencia significativa tras la implementación del six sigma. No obstante, no se observó significancia en el tiempo de fabricación; a pesar de ello si hubo una mejora en el tiempo de fabricación de las piezas fabricadas en el área de fabricación de la empresa. Entonces, si se comprueba que el six sigma mejoró los indicadores de productividad en ZANINGROUP SAC.

iv. Conclusión:

Se acepta la hipótesis de investigación. En conclusión, la implementación de la metodología Six Sigma influye significativamente en el incremento de la productividad en al área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con respecto al objetivo general: Se determinó que la implementación la metodología Six Sigma influyó significativamente en la productividad del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC. Es decir, se encontró que la implementación de la metodología Six Sigma incrementó la productividad en el área de fabricaciones de componentes. Este resultado está respaldado por varios estudios previos que también han encontrado una mejora en la productividad debido a la implementación de Six Sigma. Un autor relevante en este contexto es **CHACALTANA J. Y RODRÍGUEZ M. (2022)**, quienes realizaron un estudio en una empresa de manufactura y encontraron que la implementación de Six Sigma condujo a mejoras significativas en la productividad mediante la reducción de defectos y la optimización de procesos. Además, **CALDERÓN J. (2020)**, investigaron el impacto de Six Sigma en la productividad en la fabricación de gramajes y también encontraron resultados positivos en términos de eficiencia y rendimiento. Otro estudio parecido fueron los hallazgos de **CAMAYO J. (2021)**, cuyo estudio en una empresa agroindustrial y demostraron que la implementación de Six Sigma mejoró la productividad al reducir el tiempo de ciclo y la variabilidad en los procesos, esto porque la media de productividad previa a la implementación de la metodología fue de 0.8404, mientras que después de la aplicación se registró un valor de 0.9320. Estos estudios respaldan la conclusión de la investigación y destacan la influencia positiva de Six Sigma en la productividad en diversas industrias.

Desde una perspectiva teórica, esto se alinea con los principios fundamentales de Six Sigma, que se centra en la mejora continua de los procesos, la eliminación de desperdicios y la reducción de la variabilidad. Al optimizar los procesos de fabricación, se puede lograr una mayor eficiencia y, por lo tanto, un incremento en la productividad (Vanzant, 2019). Los estudios teóricos sobre Six Sigma, como los de **FRANCHETTI (2015)** respaldan estos hallazgos al destacar la relación positiva entre la implementación de Six Sigma y la mejora de la productividad en diversas industrias. Además, se pueden aplicar conceptos de la teoría de la administración científica de

Taylor para mejorar la eficiencia y la productividad laboral en el área de fabricaciones. La teoría de la administración científica se centra en el análisis y la optimización de los métodos de trabajo para lograr una mayor eficiencia y productividad. Al utilizar los principios de Six Sigma en combinación con las ideas de la administración científica, se pueden identificar y eliminar actividades innecesarias, simplificar los procesos y mejorar la utilización de los recursos, lo que a su vez mejora la productividad en el área de fabricaciones (Reducing the scrap rate on a production process using lean six sigma methodology, 2023).

Con respecto al primer objetivo específico: Se determinó que la implementación de Six Sigma influyó significativamente sobre los indicadores de reclamo y entrega de los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC. La conclusión es consistente con estudios previos que han demostrado los efectos positivos de Six Sigma en la calidad del producto, como en el trabajo de **DANIYAN (2023)**, quien **logró una** mejora significativa en el área de reducción de la variación del proceso y los reclamos del producto después de tomar medidas correctivas. Otro estudio parecido fue el de **DA SILVA ET AL. (2022)**, quienes investigaron la implementación de Six Sigma en una empresa de fabricación de alimentos y encontraron que la metodología mejoró la entrega del producto al reducir la variabilidad y los defectos. Un estudio adicional realizado por **GUPTA V. ET AL. (2018)** en una empresa de fabricación de neumáticos: demostró que Six Sigma ayudó a disminuir los reclamos del producto al reducir los errores y mejorar la satisfacción del cliente. Estos estudios respaldan la conclusión y destacan la importancia de Six Sigma en la mejora de la calidad del producto en diferentes contextos industriales.

A nivel teórico los resultados sobre mejorar la fabricación de los productos en el área de fabricaciones de ZANINGROUP SAC, como se evidencia en el incremento del índice de reclamos del producto y del índice de cumplimiento de entrega; está en línea con los principios de Six Sigma, que se enfoca en la identificación y eliminación de defectos y la reducción de la variabilidad en los procesos de producción. Varios estudios teóricos respaldan estos resultados, como los de **GALVIN (2020)** que enfatizan la importancia de Six Sigma en la mejora de la satisfacción del cliente, por

medio de la reducción de reclamos de los clientes y mejora de los tiempos de entrega de los productos.

En cuanto a segundo objetivo específico: Se estableció que la implementación la metodología Six Sigma disminuyó significativamente los errores en los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC. Tal y como se evidencia en la reducción del índice de productos no conformes, el aumento del índice de productos conformes y la disminución del índice de retrabajo. Varios estudios previos también respaldan esta conclusión. La investigación de **CALDERÓN J. (2020)**, ha destacado la importancia de la metodología en la reducción de errores y defectos en los productos, ya que la implementación del six sigma redujo la producción de artículos no conformes de 471 a 283 por mes y generó ahorros en el consumo de MP de 4,808.66 Kg mensuales. Además, **SIERRALTA D. (2022)**, realizaron un estudio en una empresa de fabricación de confección y encontraron que la implementación de Six Sigma condujo a una disminución significativa en los defectos de los productos y a una mejora en la eficiencia de los procesos, esto al incrementar la eficiencia de un 82.69% a un 97.38% y la eficacia de un 84.29% a un a un 97.56%. Por otro lado, **ENACHE I. ET AL. (2023)**, examinaron el impacto de Six Sigma en la industria de fabricación de cajas de puerta de metal, y encontraron que la metodología ayudó a reducir errores y mejoró la satisfacción del cliente. Estos estudios respaldan la conclusión y subrayan la efectividad de Six Sigma en la reducción de errores en los productos en diferentes contextos industriales.

En el contexto teórico, los resultados sobre la disminución significativa en los errores de los productos después de la implementación de Six Sigma, está en consonancia con los principios de Six Sigma, que se centra en la identificación y eliminación de las causas raíz de los errores y en la mejora de los procesos para reducir la variabilidad (**FRANCHETTI, 2015**). Además, la teoría de la gestión de la calidad, que también aplica el six sigma, puede contribuir a la reducción de errores en los productos, ya que dicha gestión se enfoca en la participación de todos los empleados en la mejora de la calidad y en la eliminación de problemas de raíz. Al aplicar Six Sigma en el contexto de la gestión de la calidad, se crea un enfoque sistemático para

identificar y resolver errores en los productos, involucrando a todos los niveles de la organización en la mejora de la calidad (**BLOOM, 2022**).

Con respecto al tercer objetivo específico: Se determinó que la implementación la metodología Six Sigma influyó significativamente en el incremento de la productividad laboral del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC. Por otro lado, no se evidenció una influencia significativa en el tiempo de fabricación, pero si se halló que hubo una reducción en el indicador. Aunque en la investigación se encontró que la implementación de Six Sigma no tuvo un impacto significativo en el tiempo de fabricación en el área de fabricaciones de componentes de ZANINGROUP SAC, es importante considerar que otros factores pueden influir en el tiempo de fabricación. Un estudio con resultados distintos fue realizado por **DA SILVA ET AL. (2022)** quien evidenció que existe una relación positiva entre la aplicación de métodos de gestión de la calidad y la facturación de la empresa, ya que hubo un aumento del 20% en la producción y reducción de tiempo de fabricación en 20%. Otro estudio fue el de **CÓNDOR A. (2022)**, en la empresa CR Solution en Quito, encontrando que la implementación de Six Sigma junto con Lean Manufacturing resultó en una reducción significativa en el tiempo de fabricación. Esta combinación de metodologías permitió identificar y eliminar actividades innecesarias, reducir la variabilidad y optimizar los flujos de trabajo. Con respecto a la productividad laboral, el estudio de **ESPEJO (2018)** determinó que la aplicación de Lean Six Sigma en resultó en un aumento de la productividad en 22.87%, elevó el nivel sigma del proceso de producción y aumentó la ratio de valor agregado; además se incrementó el nivel Sigma durante la producción, pasando de un puntaje de 2.09 a 3.00. **El autor concluyó** indicando que la productividad fue afectada positivamente con el Six Sigma

Aunque en la investigación no se encontró un impacto significativo de Six Sigma en el tiempo de fabricación, es importante considerar que el tiempo de fabricación puede estar influenciado por diversos factores, como la complejidad del proceso, la disponibilidad de recursos y la eficiencia de la planificación. Si bien Six Sigma se enfoca en la mejora de los procesos, puede requerir enfoques complementarios, para abordar específicamente la reducción del tiempo de fabricación (**VANZANT, 2019**). Con respecto al incremento de la productividad laboral, este

resultado puede ser explicado por varios factores relacionados con Six Sigma. En primer lugar, Six Sigma promueve la estandarización de procesos y la identificación de mejores prácticas (GALVIN, 2020). Al proporcionar a los trabajadores pautas claras y métodos efectivos para realizar su trabajo, se reduce el tiempo dedicado a tareas innecesarias o ineficientes, lo que aumenta la productividad laboral. Además, porque Six Sigma enfatiza la mejora continua y la participación activa de los empleados en la resolución de problemas. Al brindar a los trabajadores la oportunidad de contribuir con ideas y soluciones, se fomenta un ambiente de trabajo colaborativo y empoderamiento, lo que puede aumentar la motivación y la productividad de los empleados (DANIYAN ET AL., 2023).

CONCLUSIONES

- Se determinó que la implementación de la metodología Six Sigma ha tenido una influencia significativa ($p\text{-valor}=0.00$) en la productividad del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC. Sobre el nivel sigma, antes de la implementación se encontraba en un nivel de 1.26 y tras la implementación del DMAIC se encontró en 2.74, a pesar de no llegar al nivel 6, el camino que se siguió fue el correcto. Además, la conclusión general respalda la efectividad de la metodología Six Sigma como una herramienta para mejorar la productividad en el ámbito de fabricaciones. Esto coincide con los principios fundamentales de Six Sigma, que se enfoca en la calidad, la reducción de variaciones y la eliminación de defectos. Asimismo, esta conclusión implica que ZANINGROUP SAC puede aprovechar, aún más, los beneficios de Six Sigma para mejorar aún más su productividad en el área de fabricaciones. Esto puede llevar a una mayor eficiencia, un mejor cumplimiento de entregas y una mejora en la calidad de los productos.
- Se estableció que la implementación de la metodología Six Sigma influyó significativamente ($p\text{-valor}=0.00$) los índices de reclamos y entrega de los productos en el área de fabricaciones de componentes de ZANINGROUP SAC, como se evidencia por la disminución en el índice de reclamos del producto y el índice de cumplimiento de entrega. Esta conclusión pone en énfasis el enfoque de Six Sigma para reducir la variabilidad y eliminar defectos. Además, demuestra la importancia de establecer estándares de calidad más altos y satisfacer las expectativas del cliente. La implicancia práctica es que ZANINGROUP SAC puede aprovechar los principios de Six Sigma para seguir disminuyendo los reclamos de los productos y mantener altos niveles de cumplimiento de entrega. Esto puede resultar en una mayor satisfacción del cliente, una reputación mejorada y una ventaja competitiva.
- Se determinó que la implementación de la metodología Six Sigma disminuyó significativamente ($p\text{-valor}=0.00$) en el área de fabricaciones de componentes de ZANINGROUP SAC. Esto porque se ha conducido a una disminución en el índice de productos no conformes, un aumento en el índice de productos conformes y una reducción en el índice de retrabajo. Esta conclusión respalda los principios de Six

Sigma al demostrar que el enfoque en la reducción de defectos y la mejora de la calidad puede llevar a una disminución en las no conformidades y los retrabajos. Esto confirma la importancia de identificar y eliminar las causas raíz de los errores. Además, para ZANINGROUP SAC, la conclusión muestra que la empresa puede continuar mejorando la calidad de los productos y reducir los errores al implementar enfoques adicionales de Six Sigma, como el diseño robusto de productos y la mejora de procesos. Esto puede ahorrar costos asociados con el retrabajo y mejorar la eficiencia operativa.

- Se determinó que la implementación de la metodología Six Sigma influyó significativamente (p -valor=0.039) en la productividad laboral del área de fabricaciones de componentes de ZANINGROUP SAC. Por otro lado, se identificó una reducción en el tiempo de fabricación de los productos; empero, dicha influencia no fue significativa (p -valor=0.327). Sin embargo, si se comprobó una disminución del tiempo promedio de fabricación y un aumento significativo en la productividad laboral. Esta conclusión respalda la importancia de los principios de Six Sigma relacionados con la mejora de la eficiencia y la reducción de la variabilidad. Al optimizar los procesos y eliminar ineficiencias, se puede lograr una disminución del tiempo de fabricación y un aumento en la productividad laboral. La importancia para la empresa ZANINGROUP SAC, es que puede beneficiarse de la implementación continua de Six Sigma para seguir reduciendo el tiempo de fabricación y mejorar la productividad laboral. Esto puede resultar en una mayor capacidad de producción, una entrega más rápida y una mejora en la utilización de los recursos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a ZANINGROUP SAC continuar implementando y fortaleciendo los principios y herramientas de Six Sigma en el área de fabricaciones. Esto implica capacitar y empoderar al personal para que participe en proyectos Six Sigma, establecer métricas clave de desempeño y promover una cultura de mejora continua.
- Se sugiere tener en cuenta las posibles consecuencias negativas de no aplicar correctamente los resultados de la implementación de Six Sigma. Esto implica asegurarse de que los cambios y mejoras implementados sean sostenibles y se mantengan a largo plazo. Además, es esencial monitorear continuamente los indicadores clave de desempeño y realizar ajustes según sea necesario para evitar la reversión a prácticas anteriores y que no se cumpla con la entrega de los productos o aumenten los reclamos.
- Se recomienda realizar futuras investigaciones en otras áreas de la empresa, ya que los resultados brindan una base sólida relacionadas con la implementación de Six Sigma en el contexto de ZANINGROUP SAC, ello con el fin de reducir los errores en el desarrollo de otros productos y otros procesos de la empresa. Asimismo, se sugiere realizar investigaciones adicionales para profundizar en áreas específicas, como el impacto de Six Sigma en la satisfacción del cliente, el desarrollo de estrategias de mejora continua o la aplicación de Six Sigma en otras áreas de la empresa. Estas investigaciones pueden ayudar a fortalecer aún más los beneficios de Six Sigma y adaptar sus principios a las necesidades específicas de ZANINGROUP SAC.
- Se recomienda llevar adelante los resultados con el fin de mantener y expandir los logros de este estudio en cuanto al incremento de la productividad laboral y la reducción de los tiempos de fabricación. Esto implica seguir aplicando las herramientas y metodologías de Six Sigma de manera constante y consistente. Además, se deben establecer sistemas de seguimiento y medición para evaluar periódicamente el desempeño y detectar oportunidades de mejora adicionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alamar, Jose y Guijarro, Rocío. 2018. *El libro de la productividad en la empresa Española 2018.* s.l. : 2018 ©RESULTAE, 2018.

Application of Lean Six Sigma in IT support services – a case study. **Gijo, Antony y Sunder, M. 2019.** 3, s.l. : Heriot-Watt University, 2019, TQM Journal, Vol. 31, págs. 417-435.

Baena, Guillermo. 2017. *Metodología de la investigación.* México : Grupo Editorial Patria, 2017.

Bloom, Daniel T. 2022. *Achieving HR Excellence through Six Sigma.* Second Edition. China : Routledge, 2022. 9781138359192.

Calderón, José Iván. 2020. *Implementación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en una empresa de plásticos.* Maestría en Ingeniería Industrial con Mención en Planeamiento y Gestión Empresarial. Lima : Universidad Ricardo Palma, Escuela de Posgrado, 2020.

Calidad y productividad. **Morales, Rubén. 2018.** 2018, Revista multidisciplinaria de investigación. 2550-6862.

Camayo, Juan Daniel. 2021. *Metodología lean Six Sigma para incrementar la productividad en el área de producción de una empresa agroindustrial.* Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería. Huancayo : Universidad Peruana los Andes, 2021. pág. 106, Tesis de pregrado.

Carro, R. y Gonzáles, D. s/f.. *Productividad y competitividad.* Facultad de Ciencias Económicas y Sociales , Universidad Nacional del Mar de Plata . s/f.

CEPAL. 2012. La innovación es esencial para aumentar la productividad y mejorar la competitividad de los países. *Naciones Unidas.* [En línea] 04 de mayo de 2012. [Citado el: 12 de mayo de 2023.] <https://www.cepal.org/es/comunicados/la-innovacion-es-esencial-para-aumentar-la-productividad-y-mejorar-la-competitividad-de>.

Chacaltana, Juan Jesús y Rodríguez, Manuel Ángel. 2022. *Aplicación de la metodología Six Sigma para la mejora de la productividad del área de teñido de Creditex S.A.A., Lima, 2021.* Carrera de Ingeniería Industrial. Lima : USIL, Facultad De Ingeniería, 2022.

Espejo, Dennis Alberto. 2018. *Implementación de lean six sigma y la productividad en una pyme de producción.* Doctorado en Ingeniería Industrial. Lima : Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Escuela de Posgrado, 2018. Tesis doctoral.

Espinoza, C. 2010. *Metodología de investigación tecnologica.* 2010.

Fernández, Henry James y Rimapa, Cristian Jhoel. 2018. *Plan de mejora basado en 6 Sigma para aumentar la productividad en el proceso de producción de la empresa el Águila S.R.L.-Chiclayo.*

Chiclayo : Universidad Se{or de Sipán, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, 2018.

Fortún, Manuel. 2020. Economipedia. *Hora hombre*. [En línea] 01 de 01 de 2020. <https://economipedia.com/definiciones/hora-hombre.html>.

Franchetti, Matthew John. 2015. *Lean six sigma for engineers and managers. With applied case studies*. London : CRC Press, 2015. 978-1-4822-4353-6.

Galvin, Bill. 2020. *Lean enterprise. A step-by-step guide to building a lean business using 5s methodologies, kanban, and six sigma*. New York : Lee Digital Ltd. Liability Company, 2020. pág. 64. 978-1087864860.

Gutiérrez, Humberto y De la Vara, Román. 2009. *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México : Mc Graw Hill, 2009. Vol. 2. 978-970-10-6912-7.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. 2014. *Metodología de investigación*. Ciudad de México : Mc Graw Hill Education, 2014.

Hinojosa, Jose. 2017. *El arte de hacer tesis*. Lima-Perú : Universidad Mayor de San Marcos, 2017.

Implementation of six sigma tools to improve supply chain efficiency of an electronic goods manufacturing industry. **Bavdhankar, Aniruddha, y otros. 2018.** 2018. 4th World Conference on Supply Chain Management,. Vol. 4, págs. 44-55. 2424-6697.

Improvement of production process variations of bolster spring of a train bogie manufacturing industry: a six-sigma approach. **Daniyan, Ilesanmi, y otros. 2023.** 1, Pretoria : University of Technology, Wuhan, 2023, Cogent Engineering, Vol. 10, págs. 1-22.

Inter 2000. 2020. ¿Qué es la metalmecánica? *Inter 2000.S.L.U.* [En línea] 4 de 11 de 2020. <https://www.inter2000mecanizados.com/post/que-es-la-metalmecanica>.

Jiju, Antony, y otros. 2020. *The Ten Commandments of Lean Six Sigma*. Primera. Bingley, UK : Emeral Publishing Limited, 2020. 978-1-78973-687-8.

Juran, J. y Gryna, F. 1993. *Quality Planning and Analysis: From Product Development Through Use*. s.l. : McGraw-Hill Education, 1993.

La eficiencia operacional. **Mejía, C. s/f..** Medellín : Documentos Planing, s/f., págs. 2-4.

La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo del Perú en el mundo. **Loayza, N. 2016.** 9, Lima : Revista Estudios Económicos, 2016, Vol. 31.

La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo en el peru y el mundo. **Loayza, Norman V. 2016.** 2016, REVISTA ESTUDIOS ECONOMICOS.

- Lean Six Sigma for the improvement of company productivity: the Schnell S.P.A. case study.* **Murmura, Federica y Bravi, Laura.** 2021. 7, 2021, The TQM Journal, Vol. 33, págs. 351-376. 1754-2731.
- Lino, J.** 2009. *Metodología de la Investigación Científica.* México : s.n., 2009.
- Marin, Juan y Garcia, J.** 2012. *Cálculo de indicadores productivos.* Universidad Politecnica de Valencia. 2012.
- Mejora continua de la productividad y la calidad con lean six-sigma: estudio de caso.* **Minh, Ly Duc, Hoang, Vo Thi y Hien, Do Ngoc.** 2019. Vietnam : Trans Tech Publications Ltd, Switzerland, 2019, Applied Mechanics and Materials, Vol. 889, págs. 557-566. 1662-7482.
- Montes, M.** 2018. Control de Producto No Conforme. *Uqualitus.* [En línea] 11 de abril de 2018. [Citado el: 12 de mayo de 2023.] <https://qualitus.com/control-de-producto-no-conforme/>.
- Munyai, T., Mboniyane, B. y Mbohwa, C.** 2018. *Productivity Improvement in Manufacturing SMEs Application of Work Study Techniques.* Taylor y Francis Group : s.n., 2018.
- Nahmias, S.** 2015. *Production and Operations Analysis.* s.l. : McGraw-Hill Education., 2015.
- Principles of Economics.* **Mankiw, N.** 2014. s.l. : Cengage Learning, 2014.
- Productividad, rentabilidad y empleo: Un análisis de las diferencias según el modo de offshoring implementado.* **Linares, E., Pla, J. y Villar, C.** 2009. 3, s.l. : GCG GEORGETOWN UNIVERSITY UNIVERSIA, 2009, Vol. 3. ISSN: 1988-7116.
- Ramirez, P.** 2022. Productividad y Sostenibilidad en las empresas. *Orbalia.* [En línea] 04 de julio de 2022. [Citado el: 12 de mayo de 2023.] <https://orbalia.es/productividad-sostenibilidad/>.
- Reducing the scrap rate on a production process using lean six sigma methodology.* **Enache, Ioana Catalina, y otros.** 2023. 1295, Bucarest, Rumania : s.n., 2023, Processes, Vol. 11.
- Roberto y Tomás.** 2000. *Seis sigma metodos estadisticos y sus aplicaciones.* s.l. : B - EUMED, 2000.
- Ruiz, Eduardo Alonso Sánchez.** 2005. *Seis Sigma, filosofía de gestión de la calidad: estudio teórico y su posible aplicación.* Piura : s.n., 2005.
- Sánchez, Hugo, Reyes, Carlos y Mejía, Katia.** 2018. *Manual de términos de investigación científica, tecnológica y humanística.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2018.
- Sierralta, Diana Carolina.** 2022. *Efecto de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad de una empresa de Confección Textil Industrial.* Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería. Huancayo : Universidad Peruana los Andes, 2022. pág. 97, Tesis pre grado.
- Six-sigma application to improve productivity in tire-manufacturing company: a case study.* **Gupta, Vikash, y otros.** 2018. Jaipur, India : Department of Mechanical Engineering, Malaviya National, 2018, J Ind Eng Int, Vol. 14, págs. 511-520.

Solórzano, N. 2003. *Técnicas de Investigación y Documentación*. Guayaquil : Escuela Superior Politecnica del Litoral, 2003.

Tacillo, Elvis. 2017. *Metodología de la investigación científica*. Lima : Universidad Jaime Bausate y Meza, 2017.

The main benefits of application of six sigma for productive excellence. **Da Silva, Fabricia, y otros. 2022.** 3, Río de Janeiro : s.n., 2022, Quality Innovation Prosperity, Vol. 26, págs. 151 - 167. 1335-1745.

UPLA. 2019. *Código de ética para la investigación científica en la Universidad Peruana los Andes*. 2019.

USCO. 2015. *Control de producto/servicio no conforme*. Sistema de Gestión de Calidad. Colombia : Universidad Surcolombiana, 2015.

Vanzant, Terra. 2019. *Leaner six sigma*. New York, : Routledge/Productivity Press, 2019. 978-0-429-42596-7.

Westreicher, Guillermo. 2020. Unidad de producción. *Economipedia*. [En línea] 01 de 07 de 2020. <https://economipedia.com/definiciones/unidad-de-produccion.html#:~:text=La%20unidad%20de%20producci%C3%B3n%20es%20aquella%20encargada%20de%20suministrar%20los,de%20la%20unidad%20de%20consumo..>

What does "product quality" really mean? **Garvin, D. 1984.** 1, s.l. : Sloan Management Review, 1984, Vol. 26, págs. 25-43.

ANEXOS

ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Implementación de la metodología Six Sigma al área de fabricaciones.

Autora: Claudia Romina Huaire Villanueva

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General:</p> <p>¿Cómo influye la implementación la metodología Six Sigma en el incremento de la productividad en al área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>a. ¿Cuál es la influencia de la implementación la metodología Six Sigma en los reclamos y entrega de los productos del área de fabricaciones de</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la influencia de la implementación la metodología Six Sigma en el incremento de la productividad en al área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>a. Establecer la influencia de la implementación la metodología Six Sigma en los reclamos y entrega de los productos del área de fabricaciones de</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La implementación de la metodología Six Sigma influye significativamente en el incremento de la productividad en al área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <p>a. La implementación la metodología Six Sigma influye en los reclamos y entrega de los productos del área de fabricaciones de componentes de la</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Implementación del Six Sigma</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición • Medir • Analizar • Mejorar • Controlar. <p>Variables Dependiente:</p> <p>Productividad del área de fabricación</p> <p>Dimensiones:</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Tipo Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación:</p> <p>Nivel explicativo</p> <p>Método General:</p> <p>Método científico</p> <p>Diseño:</p> <p>Diseño pre experimental</p>	<p>Población:</p> <p>El tamaño de la población de la investigación se compone por los procesos productivos de la empresa ZANINGROUP SAC.</p> <p>Muestra:</p> <p>El tamaño de la muestra de la investigación se compone por los procesos productivos de la empresa</p>	<p>Técnicas:</p> <p>Observación</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Ficha de recolección de datos</p>

<p>componentes de la empresa ZANINGROUP SAC?</p> <p>b. ¿Qué efecto tiene la implementación la metodología Six Sigma en la disminución de los errores en los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC?</p> <p>c. ¿De qué manera influye la implementación la metodología Six Sigma en el tiempo de fabricación y productividad laboral del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC?</p>	<p>componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.</p> <p>b. Determinar el efecto tiene la implementación la metodología Six Sigma en la disminución de los errores en los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.</p> <p>c. Establecer de qué manera influye la implementación la metodología Six Sigma en el tiempo de fabricación y productividad laboral del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.</p>	<p>empresa ZANINGROUP SAC.</p> <p>b. La implementación la metodología Six Sigma disminuye los errores en los productos del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.</p> <p>c. La implementación la metodología Six Sigma influye significativamente en el tiempo de fabricación y productividad laboral del área de fabricaciones de componentes de la empresa ZANINGROUP SAC.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reclamos y entrega de los productos • Errores en los productos • Tiempo de fabricación y productividad laboral 		<p>ZANINGROUP SAC.</p>	
---	--	--	--	--	------------------------	--

ANEXO 2

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Medición
Implementación del Six Sigma	Es una estrategia integral y adaptativa para establecer, mantener y hacer crecer el éxito corporativo. Está impulsado únicamente por una comprensión completa de los requisitos del cliente, la aplicación disciplinada de hechos, datos y análisis estadísticos, y la gestión, mejora y reinención meticulosa de los procesos comerciales (12).	Implementación del Six Sigma se mide con las siguientes dimensiones: Definición, medición, análisis, mejora y control	Definición	Identificar los índices de productividad que se desean mejorar: Índice de reclamos y entrega del producto; Índice de Cumplimiento de Entrega; Índice de productos no conformes (No conformidades); Índice de Retrabajo; Tiempo Promedio de Fabricación y Productividad laboral.	No aplica
				Identificar el KPI o KPI'S relacionados con los índices de productividad	
				Establecer las metas del proyecto.	
			Medición	Identificar las fuentes de datos necesarias para medir el KPI principal	
				Identificar la media, desviación estándar del proceso	
				Evaluar la normalidad del KPI relevante	
				Evaluar el Cp, Cpk y Nivel Sigma del KPI (antes de la mejora)	
			Análisis	Realizar un análisis detallado del proceso de fabricación para identificar las posibles causas de los problemas de productividad. Es decir, identificar los procesos en el área de fabricaciones. Utilizar diagrama de procesos.	
				Identificar el problema principal que está relacionado con todos los índices de productividad. Utilizar diagrama de Ishikawa.	
				Realizar una matriz de priorización para identificar las causas más importantes.	

			Mejora	Evaluar las soluciones potenciales y seleccionar la mejor solución	
				Desarrollar una propuesta de solución.	
				Establecer los nuevos procesos del área de fabricación.	
				Implementar la solución y monitorear el proceso para asegurar que los cambios se mantienen.	
			Control	Evaluar el KPI después de la mejora	
				Identificar la media, desviación estándar del proceso	
				Evaluar la normalidad del KPI relevante	
				Evaluar el Cp, Cpk y Nivel Sigma del proceso (antes de la mejora)	
				Desarrollar un plan de monitoreo para garantizar la estabilidad del proceso.	
Productividad del área de fabricación	La productividad se refiere a la optimización del proceso de producción. Esta optimización implica lograr una relación favorable entre la cantidad de recursos empleados y la cantidad de bienes y servicios generados. En esencia, la productividad se puede entender como un indicador que establece la relación entre los resultados obtenidos (productos o salidas) y los recursos utilizados para obtenerlos (insumos o entradas). La	Productividad del área de fabricación se mide con las siguientes dimensiones: Reclamos y entrega de los productos, errores en los productos y tiempo de fabricación y productividad laboral	Reclamos y entrega de los productos	Índice de reclamos del producto	IRP= (Reclamos del cliente/ Piezas producidas) *100
				Índice de Cumplimiento de Entrega (ICE)	ICE = (Piezas entregadas a Tiempo / Piezas producidas) * 100%
			Errores en los productos	Índice de productos no conformes (No conformidades) (IPNC)	ICE= (Piezas rechazadas o no conformes/Piezas producidas) * 100
				Índice de productos conformes (IPC)	IPC= (Piezas aceptadas conformes/Piezas producidas) * 100
				Índice de Retrabajo (IR)	IR= (Piezas Retrabajadas / Total de piezas producidas) * 100%

	<p>productividad se relaciona con la eficiencia y eficacia del sistema productivo en la generación de bienes y servicios (16).</p>		<p>Tiempo de fabricación y productividad laboral</p>	<p>Tiempo Promedio de Fabricación (TPF)</p>	<p>TPF=Tiempo Total de Fabricación / Piezas Producidas</p>
				<p>Productividad laboral (PL)</p>	<p>PL= (Piezas producidas / Horas hombre utilizadas) x 100</p>

ANEXO 3
INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE FABRICACIÓN DE COMPONENTES

Ficha de recolección de datos para los índices de productividad del área de fabricación de ZANINGROUP SAC

Dimensión	Índice	Ítems	Antes			Implementación de Six Sigma	Después	
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Reclamos y entrega de los productos	Índice de reclamos del producto	Nº de reclamos del cliente						
		Nº de pedidos entregados						
	Índice de Cumplimiento de Entrega	Número de Pedidos Entregados a Tiempo						
		Total de Pedidos						
Errores en los productos	Índice de productos no conformes (No conformidades)	Cantidad de piezas rechazadas						
		Cantidad de piezas producidas						
	Índice de Retrabajo	Nº de Piezas Retrabajadas						
		Número de Piezas Producidas						
Tiempo de fabricación y productividad laboral	Tiempo Promedio de Fabricación	Tiempo Total de Fabricación						
		Número de Piezas Producidas						
	Productividad laboral	Número de unidades producidas por hora						
		Horas hombre utilizadas						

ANEXO 4

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

Ficha informe de evaluación a cargo del experto

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE PRODUCTIVIDAD: título "IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA AL AREA DE FABRICACIONES" que hace parte de la investigación: "Nuevas Tecnologías y Procesos".

- VARIABLE DE INTERVENCIÓN: IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA
- VARIABLE AFECTADA: PRODUCTIVIDAD

D	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
				SI	NO	SI	NO	SI	NO	
D1	Calidad de los productos	Indice de calidad del producto (ICP)	$ICP = (\text{Reclamos del cliente} / \text{Piezas producidas}) * 100$	✓		✓		✓		
		Indice de Cumplimiento de Entrega (ICE)	$ICE = (\text{Piezas entregadas a Tiempo} / \text{Piezas producidas}) * 100\%$	✓		✓		✓		
D2	Errores en los productos	Indice de productos no conformes (No conformidades) (IPNC)	$IPNC = (\text{Piezas rechazadas o no conformes} / \text{Piezas producidas}) * 100$	✓		✓		✓		
		Indice de productos conformes (IPC)	$IPC = (\text{Piezas aceptadas conformes} / \text{Piezas producidas}) * 100$	✓		✓		✓		
		Indice de Retrabajo (IT)	$IT = (\text{Piezas Retrajadas} / \text{Total de piezas producidas}) * 100\%$	✓		✓		✓		
D3	Tiempo de fabricación y productividad laboral	Tiempo Promedio de Fabricación	$TPF = \text{Tiempo Total de Fabricación} / \text{Piezas Producidas}$	✓		✓		✓		
		Productividad laboral	$PL = (\text{Piezas producidas} / \text{Horas hombre utilizadas}) * 100$	✓		✓		✓		

OBSERACIONES: (precisar si hay observaciones) -----

OPINION DE APLICABILIDAD: APLICABLE () DESPUES DE CORREGIR () NO APLICABLE

Calificación:	
1.	PERTINENCIA: el ítem corresponde al concepto teórico formulado.
2.	RELEVANCIA: el ítem es apropiado para representar el componente o dimensión específica
3.	CLARIDAD: Se dice suficiencia cuando los ítems planeados sirven para medir la dimensión.

Validez de contenido

EXPERTO	FIRMA Y SELLOS	EVALUACIÓN	
		ÍTEM	CALIFICACIÓN
CASTELLANOS MARTEL IVAN ALEX 47805499	 IVAN ALEX CASTELLANOS MARTEL Ingeniero Industrial CIP N° 233790	#3	Aplicable

Ficha informe de evaluación a cargo del experto

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE PRODUCTIVIDAD: título "IMPLEMENACION DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA AL AREA DE FABRICACIONES" que hace parte de la investigación: "Nuevas Tecnologías y Procesos".

- VARIABLE DE INTERVENCIÓN: IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA
- VARIABLE AFECTADA: PRODUCTIVIDAD

D	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
				SI	NO	SI	NO	SI	NO	
D1	Calidad de los productos	Índice de calidad del producto (ICP)	$ICP = (\text{Reclamos del cliente} / \text{Piezas producidas}) * 100$	✓		✓		✓		
		Índice de Cumplimiento de Entrega (ICE)	$ICE = (\text{Piezas entregadas a Tiempo} / \text{Piezas producidas}) * 100\%$	✓		✓		✓		
D2	Errores en los productos	Índice de productos no conformes (No conformidades) (IPNC)	$IPNC = (\text{Piezas rechazadas o no conformes} / \text{Piezas producidas}) * 100$	✓		✓		✓		
		Índice de productos conformes (IPC)	$IPC = (\text{Piezas aceptadas conformes} / \text{Piezas producidas}) * 100$	✓		✓		✓		
		Índice de Retrabajo (IT)	$IT = (\text{Piezas Retrabajadas} / \text{Total de piezas producidas}) * 100\%$	✓		✓		✓		
D3	Tiempo de fabricación y productividad laboral	Tiempo Promedio de Fabricación	$TPF = \text{Tiempo Total de Fabricación} / \text{Piezas Producidas}$	✓		✓		✓		
		Productividad laboral	$PL = (\text{Piezas producidas} / \text{Horas hombre utilizadas}) * 100$	✓		✓		✓		

OBSERACIONES: (precisar si hay observaciones) -----

OPINION DE APLICABILIDAD: (✓) APLICABLE () DESPUES DE CORREGIR () NO APLICABLE

Calificación:	1. PERTINENCIA: el ítem corresponde al concepto teórico formulado.
	2. RELEVANCIA: el ítem es apropiado para representar el componente o dimensión específica
	3. CLARIDAD: Se dice suficiencia cuando los ítems planteados sirven para medir la dimensión.

Validez de contenido

EXPERTO	FIRMA Y SELLOS	EVALUACIÓN	
		ÍTEM	CALIFICACIÓN
EDSON OMAR AHUANDA VELARDE.		#3	APLICABLE

Ficha informe de evaluación a cargo del experto

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE PRODUCTIVIDAD: título "IMPLEMENACION DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA AL AREA DE FABRICACIONES" que hace parte de la investigación: "Nuevas Tecnologías y Procesos".

- VARIABLE DE INTERVENCION: IMPLEMENTACIÓN DEL SIX SIGMA
- VARIABLE AFECTADA: PRODUCTIVIDAD

D	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
				SI	NO	SI	NO	SI	NO	
D1	Calidad de los productos	Indice de calidad del producto (ICP)	$ICP = (\text{Reclamos del cliente} / \text{Piezas producidas}) * 100$	✓		✓		✓		
		Indice de Cumplimiento de Entrega (ICE)	$ICE = (\text{Piezas entregadas a Tiempo} / \text{Piezas producidas}) * 100\%$	✓		✓		✓		
D2	Errores en los productos	Indice de productos no conformes (No conformidades) (IPNC)	$IPNC = (\text{Piezas rechazadas o no conformes} / \text{Piezas producidas}) * 100$	✓		✓		✓		
		Indice de productos conformes (IPC)	$IPC = (\text{Piezas aceptadas conformes} / \text{Piezas producidas}) * 100$	✓		✓		✓		
		Indice de Retrabajo (IT)	$IT = (\text{Piezas Retrabajadas} / \text{Total de piezas producidas}) * 100\%$	✓		✓		✓		
D3	Tiempo de fabricación y productividad laboral	Tiempo Promedio de Fabricación	$TPF = \text{Tiempo Total de Fabricación} / \text{Piezas Producidas}$	✓		✓		✓		
		Productividad laboral	$PL = (\text{Piezas producidas} / \text{Horas hombre utilizadas}) * 100$	✓		✓		✓		

OBSERACIONES: (precisar si hay observaciones) -----

OPINION DE APLICABILIDAD: APLICABLE () DESPUES DE CORREGIR () NO APLICABLE

Calificación:	1. PERTINENCIA: el ítem corresponde al concepto teórico formulado.
	2. RELEVANCIA: el ítem es apropiado para representar el componente o dimensión específica
	3. CLARIDAD: Se dice suficiencia cuando los ítems planteados sirven para medir la dimensión.

Validez de contenido

EXPERTO	FIRMA Y SELLOS	EVALUACIÓN	
		ÍTEM	CALIFICACIÓN
Javier More Palomino	 JAVIER MORE PALOMINO Ingeniero Industrial CIP N° 255041	# 3	APPLICABLE

ANEXO 5
DATA DEL PROCESAMIENTO

Data de los índices para pruebas de hipótesis

Mes	Índice de reclamos del producto	Índice de Cumplimiento de Entrega	Índice de productos no conformes (No conformidades)	Índice de productos conformes	Índice de Retrabajo	Tiempo Promedio de Fabricación	Productividad laboral
Enero	11.2%	75.5%	12.2%	87.8%	10.2%	515.0%	12.8%
Enero	0.0%	80.0%	33.3%	66.7%	33.3%	1630.0%	3.1%
Enero	16.7%	83.3%	16.7%	83.3%	8.3%	923.0%	8.3%
Enero	6.3%	75.0%	18.8%	81.3%	12.5%	1045.0%	11.1%
Febrero	11.3%	76.1%	21.1%	78.9%	16.9%	721.0%	8.8%
Febrero	10.7%	75.0%	10.7%	89.3%	8.9%	852.0%	8.3%
Febrero	11.8%	75.6%	13.4%	86.6%	11.8%	396.0%	9.6%
Febrero	9.8%	95.1%	12.2%	87.8%	9.8%	1011.0%	7.1%
Marzo	11.1%	92.6%	25.9%	74.1%	22.2%	510.0%	6.3%
Marzo	11.4%	75.9%	11.4%	88.6%	11.4%	1103.0%	9.8%
Marzo	11.9%	93.2%	13.6%	86.4%	11.9%	1285.0%	8.8%
Marzo	11.7%	87.6%	10.9%	89.1%	8.8%	421.0%	10.4%
Mayo	4.9%	96.7%	4.9%	95.1%	3.3%	612.0%	10.6%
Mayo	4.9%	87.8%	7.3%	92.7%	4.9%	865.0%	8.5%
Mayo	7.4%	96.3%	7.4%	92.6%	7.4%	715.0%	9.4%
Mayo	5.9%	100.0%	5.9%	94.1%	5.9%	958.0%	8.9%
Junio	5.0%	99.0%	5.0%	95.0%	4.0%	400.6%	12.3%
Junio	4.9%	98.8%	6.2%	93.8%	6.2%	1014.6%	11.3%
Junio	1.5%	98.5%	1.5%	98.5%	1.5%	789.0%	15.6%
Junio	0.9%	95.7%	1.7%	98.3%	1.7%	519.0%	13.3%

Data histórica del 2022 (semanal) para la cantidad de productos no conformes

Semana	Piezas rechazadas o no conformes (2022)	Semana	Piezas rechazadas o no conformes (2022)	Semana	Piezas rechazadas o no conformes (2022)
1	10	5	14	9	10
1	18	5	14	9	4
1	16	5	7	9	9
1	5	5	14	9	8

2	9	6	8	10	6
2	18	6	11	10	5
2	21	6	10	10	10
2	13	6	8	10	6
3	11	7	8	11	7
3	14	7	20	11	15
3	18	7	15	11	4
3	11	7	21	11	13
4	11	8	16	12	8
4	3	8	11	12	4
4	13	8	11	12	15
4	13	8	10	12	3

Data de mayo y junio del 2023, de la cantidad de no conformidades, después de la implementación de la metodología six sigma:

Semana	Piezas rechazadas o no conformes (2022)
1	12
1	9
1	7
1	7
2	8
2	3
2	5
2	8

ANEXO 6
REGISTRO FOTOGRÁFICO



REGISTRO FOTOGRÁFICO

TOMA DE MUESTREO:

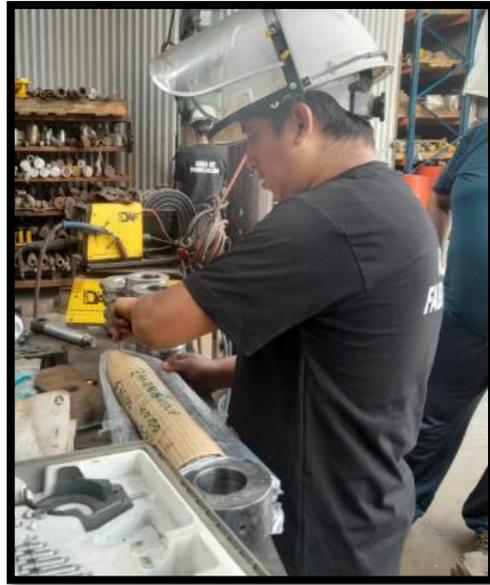
- 1.1 Fabricación de componentes y verificación de la calidad durante el proceso.



1.2 Verificación de calidad después del proceso de fabricación.



1.3 correcto almacenaje



1.4 Cultura del Orden y limpieza



1.5 Capacitación del método SIX SIGMA.

