

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
POSGRADO



**MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD CON MENCIÓN A
PROCESOS ESTADÍSTICOS**

PERFIL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

“Influencia de la metodología six sigma en los procesos de producción en la sección de acabados externos en carrocerías de buses en una empresa carrocera. ”

Trabajo de titulación previa la obtención del
Título de Magister en Sistemas de Gestión de Calidad con Mención a Procesos Estadísticos.

Autora: Ing. Jenny Thalía Gunsha Morocho

Tutor: PhD. Darwin Patricio Castillo Malla

Tulcán, 2025

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la maestrante Jenny Thalía Gunsha Morocho con el número de cédula 1753512720 ha elaborado el trabajo de titulación: “Influencia de la metodología six sigma en los procesos de producción en la sección de acabados externos en carrocerías de buses en una empresa carrocera ”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuestas en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi con RESOLUCIÓN No. 171-CSUP-2023, por lo tanto, autorizo su presentación para la sustentación respectiva.



.....
PhD. Darwin Patricio Castillo Malla

TUTOR

Tulcán, noviembre de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye un requisito previo para la obtención del título de Magister en Sistemas de Gestión de Calidad con Mención a Procesos Estadísticos.

Yo, Jenny Gunsha Morocho Jenny Thalía con cédula de identidad número 1753512720 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



.....
Ing. Jenny Thalía Gunsha Morocho

AUTORA

Tulcán, noviembre del 2025

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gunsha Morocho Jenny Thalía declaro ser autora de los criterios emitidos en el trabajo de titulación: “Influencia de la metodología Six Sigma en los procesos de producción en la sección de acabados externos en carrocerías de buses en una empresa carrocera ” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.



.....
Ing. Jenny Thalía Gunsha Morocho

AUTORA

Tulcán, noviembre del 2025

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento fraterno, primero a Dios y a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por permitirme ser parte del proceso de aprendizaje y experiencias durante la formación académica.

A mi esposo Alexis y mi hija Nicole por el amor y apoyo incondicional en cada instante académico y profesional, a mis padres por siempre incentivarme a superarme cada día más.

A mi tutor al PhD. Darwin Castillo por su paciencia, acompañamiento y asesoría durante todo el proceso de investigación. Y al PhD. Orlando Meneses por su guía y acompañamiento durante todo el proceso académico.

Un agradecimiento sincero a Carrocerías Yaulema Jr. por siempre abrirme las puertas de su empresa y acogerme con la investigación propuesta.

Thalía

DEDICATORIA

Dedico este logro y esfuerzo a Dios y a la Virgen santísima de Baños de agua santa, por sus bendiciones y ser mi fuente de fe, fortaleza y sabiduría.

Dedico con un sentimiento profundo a mi esposo y compañero de vida Alexis y a mi hija Nicole por ser un pilar y un apoyo fundamental en mi hogar y en mi vida, su amor y paciencia han sido la incentivación para que esta tesis sea un tributo de superación académica y profesional.

A mis padres Gonzalo Gunsha y María Morocho por formarme con valores y siempre guiarme por el camino correcto de la vida y apoyarme en mis deseos de superación.

Con todo mi amor y gratitud, dedico este logro a ustedes, quienes han sido la razón para superarme y nunca rendirme.

Thalía

ÍNDICE

RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Preguntas de Investigación o Hipótesis	2
1.2.1. Preguntas de Investigación	2
1.2.2. Hipótesis nula	2
1.2.3. Hipótesis Alternativa	2
1.3. Objetivos de investigación	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Justificación	3
CAPÍTULO II.....	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.2. Marco teórico.....	8
2.2.1. Carrocerías.....	8
2.2.2. Metodologías	11
2.2.3. Control de calidad.....	12
2.2.4. Herramientas de calidad	13
2.2.5. Tipos de gráficos de control	14
2.2.6. Estadística descriptiva	15
2.3. Marco Legal.....	16
CAPÍTULO III	19
METODOLOGÍA.....	19
3.1. Descripción del área de estudio	19
3.2. Enfoque y tipo de investigación	19

3.2.1. Enfoque.....	19
3.2.2. Tipo de investigación.	20
3.3. Definición y operacionalización de variables.....	20
3.3.1. Definición de variables.....	20
3.3.1. Operacionalización de variables.....	20
3.4. Procedimientos	22
Población de estudio.....	22
3.5. Consideraciones bioéticas.....	25
CAPITULO IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Resultados.....	28
4.2. Discusión	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1. Conclusiones	65
5.2. Recomendaciones	67
REFERENCIAS	68
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Acabaos externos.....	9
Tabla 2 Herramientas de calidad.....	13
Tabla 3 Tipos de gráficos de control.....	15
Tabla 4 Operacionalización de Variables.....	21
Tabla 5 Registro de efectos.....	28
Tabla 6 Estadísticos descriptivos.....	29
Tabla 7 Estadísticos descriptivos totales.....	29
Tabla 8 Prueba de normalidad.....	33
Tabla 9 Prueba de Homogeneidad de varianza.....	34
Tabla 10 Prueba de Bartlett.....	35
Tabla 11 Nivel de σ actual.....	36
Tabla 12 Rendimiento el proceso.....	37
Tabla 13 Metodología DMAIC.....	37
Tabla 14 Metodología DMAIC etapa afinar.....	39
Tabla 15 Metodología DMAIC etapa medir.....	44
Tabla 16 Los 5 porqué.....	46
Tabla 17 Metodología DMAIC etapa analizar.....	47
Tabla 18 Detalle de las actividades del subproceso con mayor cantidad de defectos...	49
Tabla 19 Alternativas de mejora.....	50
Tabla 20 Cronograma de aplicación.....	52
Tabla 21 Metodología DMAIC etapa mejorar.....	54
Tabla 22 Registro de deectos-Proceso mejorado.....	55
Tabla 23 Estadísticos descriptivos-Proceso mejorado.....	56
Tabla 24 Prueba de normalidad.....	57
Tabla 25 Nivel sigma mejorado.....	60
Tabla 26 Nivel sigma actual vs mmejorado.....	61
Tabla 27 Metodología DMAIC etapa controlar.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de acabados externos	11
Figura 2 Proceso DMAIC.....	12
Figura 3 Diagrama de caja.....	16
Figura 4 Cantidad de empresas carroceras por ciudad	17
Figura 5 Organismos de inspección y acreditación.....	18
Figura 6 Ubicación de la investigación	19
Figura 7 Diagrama de flujo de trabajo.....	23
Figura 8 Box plot- gráfico de cajas de los subproceso.....	30
Figura 9 Atípicos influyentes	30
Figura 10 Box plot- Gráfico de cajas del proceso de acabados externos	32
Figura 11 Mapa de procesos.....	40
Figura 12 Diagrama de Pareto.....	42
Figura 13 Capacidad del Proceso	43
Figura 14 Capacidad del proceso de Poisson	44
Figura 15 Diagrama de Ishikawa.....	47
Figura 16 Evaluación de Propuestas.....	53
Figura 17 Capacidad del proceso después de la aplicación DMAIC	57
Figura 18 Capacidad del proceso después de la aplicación DMAIC Sixpack	59
Figura 19 Gráfica de control U.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Hojas de verificación	71
Anexo B Tabla de valores de sigma.....	74
Anexo C Encuestas	75
Anexo D Resultados de la encuesta	77
Anexo E Validación de Instrumentos	82

RESUMEN

La presente investigación evalúa la influencia de la metodología Six Sigma en los procesos de producción en la sección de acabados externos para mejorar la calidad de carrocerías de buses. A través de herramientas de control de calidad, como la observación y hojas de verificación se registraron los defectos ocasionados en el subproceso de frente, respaldo, lateral derecho y lateral izquierdo del proceso de acabados externos, con una población conformada por veinticuatro buses elaborados bajo pedido en un periodo de tiempo de cuatro meses. Se realizó un análisis estadístico exploratorio, se conoció el nivel sigma actual y se aplicó la metodología Six Sigma con el ciclo DMAIC. Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, que confirmó que los datos siguen una distribución normal. Asimismo, la prueba de Levene verificó la homogeneidad de varianzas entre los defectos, y el test de Bartlett confirmó la independencia de las variables. Posteriormente, se evaluó la calidad inicial del proceso obteniendo un DPMO de 263157 un nivel de sigma de $2,13\sigma$, dando una eficiencia global de 72.6%. es decir que no todas las actividades del proceso de acabados externos tienen la misma eficiencia teniendo un 26,32% de oportunidades de mejora en la investigación. Posteriormente, se aplicó la metodología Six Sigma en sus cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. A partir de una encuesta, se identificaron los principales problemas del proceso, lo que permitió proponer un plan con objetivos y alcances claramente establecidos para su solución. Finalmente, una correcta aplicación de la metodología a corto plazo incrementa el nivel de calidad de 2,13 a 2,62 luego de la aplicación en el proceso de acabados externos con un DPMO de 13094 con el 86,4% del rendimiento del proceso.

Palabras Clave: *calidad, metodología six sigma, proceso, producción, bus, carrocería*

ABSTRACT

This research evaluates the influence of the Six Sigma methodology on production processes in the external finishing section to improve the quality of bus bodies. Using quality control tools such as observation and check sheets, defects were recorded in the front, back, right side, and left side sub-processes of the external finishing process, with a population of twenty-four buses manufactured to order over a period of four months. An exploratory statistical analysis was performed, the current sigma level was determined, and the Six Sigma methodology was applied using the DMAIC cycle. The Shapiro-Wilk normality test was applied, confirming that the data follow a normal distribution. Likewise, Levene's test verified the homogeneity of variances among the defects, and Bartlett's test confirmed the independence of the variables. Subsequently, the initial quality of the process was evaluated, obtaining a DPMO of 263,157 and a sigma level of 2.13σ , giving an overall efficiency of 72.6%. In other words, not all activities in the external finishing process have the same efficiency, with a 26.32% opportunity for improvement in the investigation. Subsequently, the Six Sigma methodology was applied in its five phases: Define, Measure, Analyze, Improve, and Control. Based on a survey, the main problems in the process were identified, which made it possible to propose a plan with clearly established objectives and scope for their solution. Finally, the correct application of the methodology in the short term increased the quality level from 2.13 to 2.62 after application in the external finishing process with a DPMO of 13,094 and 86.4% process performance.

Keywords: quality, Six Sigma methodology, process, production, bus, bodywork

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, las empresas carroceras desempeñan un papel fundamental en el desarrollo económico del Ecuador, contribuyendo de manera significativa al crecimiento productivo y sostenible del país generando empleo directo a aproximadamente 15,000 personas, y aportan cerca de 12 millones de dólares anuales al producto interno bruto (PIB). Desde el año 2016 las industrias carroceras cumplen un rol clave en el cumplimiento y satisfacción del producto y en la gran demanda de fabricación de buses para el transporte urbano, turismo, interprovincial e intra provincial y escolar, fortalece la infraestructura del transporte nacional. Según datos informados por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (CANFAC), existen 54 empresas certificadas en el país dedicadas a la elaboración de carrocerías (Moreta ,2015).

La calidad de los procesos productivos es un aspecto crítico en esta industria, ya que cada etapa del proceso secuencial es indispensable para garantizar un producto final con acabados de alta calidad que cumpla con las expectativas del cliente en cuanto a durabilidad, apariencia y funcionalidad (Montgomery, 2010).

Sin embargo, este sector enfrenta importantes desafíos relacionados con el control de calidad, especialmente en la etapa de acabados externos. La falta de un control estricto en esta fase clave genera defectos que son pasados por alto, afectando directamente la calidad final del producto. Este problema se ve agravado por la limitada implementación y el desconocimiento de metodologías modernas como Six Sigma, que ofrecen herramientas efectivas para reducir fallas y defectos.

La ausencia de estas prácticas y el desconocimiento de método estadísticos y la buena aplicación de pruebas ha provocado inconsistencias en los procesos de producción, afectando la imagen del producto, el prestigio de la empresa y, en última instancia, la pérdida de clientes (Rendón, 2013).

Dado este contexto, se propone en esta investigación la aplicación de la metodología Six Sigma mediante el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) en la sección de acabados externos de las empresas carroceras de Chimborazo. Particularmente, se ha seleccionado esta provincia debido a que las empresas carroceras de esta ubicación atienden no solo la demanda de cooperativas de transporte local, sino también de diferentes regiones del país.

Por tanto; al proponer un control estadístico de calidad que permita identificar, reducir y eventualmente eliminar defectos de los acabados externos en la elaboración de las carrocerías, mejorará la calidad del producto final garantizando el éxito y la competitividad de las empresas en el mercado.

1.2. Preguntas de Investigación o Hipótesis

1.2.1. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las actividades del proceso de acabados externos que permiten identificar los defectos ocasionados en carrocerías de buses?
- ¿Como realizar un análisis estadístico de control de calidad para determinar la calidad inicial del proceso de acabados externos en carrocerías de buses?
- ¿De qué manera influye la aplicación de la metodología Six Sigma mediante el ciclo DMAIC para reducir defectos en los subprocesos identificados en la sección de acabados externos?

1.2.2. Hipótesis nula

La aplicación de la metodología Six Sigma en los procesos de producción de buses en la sección de acabados externos no mejora la calidad del producto terminado.

1.2.3. Hipótesis Alternativa

La aplicación de la metodología Six Sigma en los procesos de producción de buses en la sección de acabados externos mejora la calidad del producto terminado

1.3. Objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de la metodología Six Sigma en los procesos de producción en la sección de acabados externos para mejorar la calidad de carrocerías de buses.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar las actividades del proceso de acabados externos identificando los defectos ocasionados en carrocerías de buses.
- Realizar un análisis estadístico de control de calidad inicial del proceso de acabados externos en carrocerías de buses.
- Aplicar la metodología Six Sigma para el control de calidad utilizando el ciclo DMAIC para reducir defectos en los subprocesos identificados en la sección de acabados externos.

1.4. Justificación

Carrocerías Yaulema Jr. siendo una empresa en constante conocimiento en el sector carrocerero y con gran reconocimiento a nivel nacional, ofreciendo las mejores carrocerías en diseño y rendimiento, cumpliendo con los estándares de calidad garantizando el producto posventa la conformidad de los clientes y la calidad en carrocerías.

La razón principal para el desarrollo de la investigación es debido a la necesidad de reducir los defectos ocasionados constantemente en los procesos de producción, enfocados principalmente en el proceso de acabados externos. Donde se ha presenciado mayor índice de defectos que han generado reprocesos y retraso en la línea de producción, impactando directamente en la percepción de la calidad del producto final y afectando la imagen del bus ante el cliente y el mercado.

Para mejorar la calidad de producto y cumplir con los estándares deseados es implementar una metodología de control de calidad que beneficiara directamente a todos los actores involucrados: el personal operativo, la empresa y, por ende, los clientes. Así también se evitarán los reprocesos, menor desgaste del personal, y el uso eficiente de los recursos de la empresa, se propone la aplicación de herramientas de calidad que permitan medir y controlar las actividades en el proceso de acabados externos, con el objetivo de optimizar el rendimiento del proceso y asegurar la calidad del producto.

En la actualidad existe evidencia y literatura que demuestre que las empresas que han optado metodologías basadas en herramientas de calidad han logrado una reducción de defectos en sus procesos de esta manera preservan la calidad y confiabilidad del producto.

Se propone la aplicación de la metodología Six Sigma, A través el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), permitirá determinar el nivel vigente de calidad de los procesos y detectar las principales fallas o defectos que afectan el correcto desempeño. Finalmente el desarrollo de la investigación es factible y se logrará identificar las causas

que inciden y afectan económicamente a la empresa que contribuirá de manera significativa a mejorar la eficiencia del proceso.

La prioridad de la empresa radica en garantizar la satisfacción del cliente al adquirir un producto que cumpla con altos estándares de calidad para esto se ha considerado la sección de acabados externos como un proceso importante al ser la primera impresión del contacto visual del cliente y el producto, factor determinante para su comercialización y su posicionamiento frente a la competencia.

Dado que en Ecuador existe un gran número de empresas dedicadas a la fabricación de carrocerías, algunas incorporando diferentes metodologías de calidad, mientras que otras han descuidado este aspecto, lo que ha derivado una disminución de pedidos y una oposición débil frente a la competencia.

De acuerdo con los ODS la investigación se vincula a través de "Vinculación con los ODS: Esta investigación se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 9: "Industria, innovación e infraestructura", al incentivar y proponer a las industrias a establecer mejoras continuas en los diferentes procesos de producción y promover la innovación de la gestión de calidad dentro del sector carrocerero del país.

El Aporte de la investigación al Plan Nacional de Desarrollo es "Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024–2025, específicamente con el Eje de Desarrollo Económico, que busca impulsar el fortalecimiento de capacidades productivas, mejorar la calidad de los procesos industriales, fomentar la inversión y generar empleo digno. La mejora de procesos industriales mediante herramientas de calidad, como la metodología Six Sigma, responde directamente a estos lineamientos al promover una industria más eficiente, competitiva y resiliente.", de esta forma se fortalece la productividad y sostenibilidad del sector manufacturero ecuatoriano, generando condiciones para la competitividad empresarial.

Línea de investigación del programa en esta investigación se adhiere a la línea de investigación "Gestión de la producción y mejora de procesos industriales", al tener un enfoque analítico de calidad y al optimizar los errores de un proceso clave mediante metodologías de calidad.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes de la investigación

La metodología Six Sigma se basa en cinco etapas, conocidas como DMAIC un ciclo que ayuda al proceso a Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Gutiérrez y Salazar, 2009, p. 424). Su objetivo es identificar los subprocesos que muestran un mayor problema en la línea de producción ayudando a mejorar el rendimiento y calidad de los procesos.

A través de la implementación de la metodología Six Sigma, se espera facilitar las actividades realizadas dentro del proceso asignado mejorando el proceso y por ende la presentación del producto final. En consecuencia, se pretende que sirva como base principal para que la metodología sea empleada en los demás procesos de producción al momento de fabricar distintos modelos homologados de buses fortaleciendo las expectativas en cada proceso de producción.

Como señalan los autores Tierra et al.(2018), proponen la mejora de la calidad de los procesos en la sección de estructuras con metodología Six Sigma, con la finalidad de reducir defectos en el proceso seleccionado de una empresa carrocería dedicada a la fabricación de buses, siendo como objetivo principal identificar los subprocesos que muestran un mayor problema en la línea de producción al momento de fabricar estructuras para buses. El estudio fue definido como una investigación de campo de tipo descriptiva la obtención de datos mediante fichas de observación y encuestas. El resultado del análisis presentó un nivel de calidad global de un sigma inicialmente de 1.47σ , incrementando después de la implementación de la metodología en 1.68σ mejorado, de esta manera obteniendo un sigma mejorado en un 21%, finalmente se ha confirmado que las decisiones tomadas ofrecen una solución al problema de manera exitosa.

Por otra parte, existe un análisis realizado sobre la aplicación de la metodología en una empresa carrocería de la ciudad de Ambato, donde el autor Pilco (2016), desarrolla la investigación de Control Estadístico de calidad de los procesos productivos mediante la metodología Six Sigma en la empresa carrocería Patricio Cepeda, donde la meta principal consistió en implementar un control estadístico de calidad en los procesos de producción asociados a la fabricación de carrocerías. Se realizó la implementación de la metodología Six Sigma donde se midió y evaluó la frecuencia e impacto de las fallas en dichos

procesos. Mediante el análisis se obtuvo nivel de calidad de 0.57 es decir del 57% de sigma siendo deficiente y un porcentaje de rendimiento de 17.5% el cual indica que es un nivel de calidad bajo. Concluyendo que los procesos no son capaces en las especificaciones que requiere el cliente, de esta manera se planteó acciones de mejora.

A través de un enfoque cuantitativo los autores Costa et al. (2019), aplicaron Six Sigma para la mejora de la calidad del proceso de inserción de pines en placas de circuito impreso (PCB). La propuesta estaba enfocada en el cliente, buscando mejorar el rendimiento y la calidad de procesos, productos y servicios, utilizando técnicas estadísticas los datos fueron tomados en la planta de producción con un enfoque cuantitativo. Posteriormente, el problema fue definido, medido y analizado utilizando metodología six sigma comenzando con la máquina y los dos productos con mayor número de rechazo. Finalmente se concluyó que la fuerza excesiva generada por la interacción de tres factores: las características físicas de las PCB, la zona de contacto de los pines y el desgaste de los componentes de la máquina al aplicar herramientas de calidad y la metodología Six Sigma resultó extremadamente positivo, aumentando en un 70% el nivel de sigma ayudando con un ahorro de 122 mil euros de esta forma se ha demostrado mejoras significativas en la calidad del proceso.

La implementación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad de una empresa de plásticos. Aplica Lean Six Sigma bajo la metodología DIMAIC en sus cinco etapas. Donde cada etapa realiza un trabajo importante, el autor de Calderón (2020), muestra en su investigación, se intenta mejorar la reducción de la variabilidad del gramaje. Evaluando el sistema de medición del proceso, ya que la variabilidad total es influenciada por la variabilidad del sistema de medición. Se analizan las variables significativas utilizando herramientas estadísticas, obteniendo las variables de entrada que influyen de manera significativa a la variabilidad del gramaje. Con el uso de diseño de experimentos se obtuvo la mejor combinación y se logró obtener un gramaje promedio de 1050 gr/m². Se realizó un plan de control de medidas para mantener las mejoras obtenidas. Finalmente se obtuvo un resultado positivo de la implementación de la metodología con una productividad de un 7%, que reflejó ahorros significantes para la empresa

La investigación de (Santos, 2022), realiza la reducción de desperdicios en el proceso de llenado manual aplicando la metodología Six Sigma-DMAIC. Se centra en el proceso de llenado y liofilización de la empresa laboratorios Scantibodies, que genera muchos

desperdicios con altos costos de producción. A través de la metodología Six Sigma DIMAIC se pretendió a identificar la fuentes de variación, evaluación del equipo de llenado, estandarizar procesos de llenado manual, analizar el flujo de aire del gabinete de bioseguridad . La metodología a seguir está compuesta por 5 etapas, la primera definir la segunda medir el sistema de medición, realizar mapeos de procesos para identificar las fuentes de variación y evaluar equipo de llenado manual, la tercera analizar las diferentes variables, la cuarta mejorar el proceso y por último controlar el proceso. Obteniendo un resultado positivo de disminución de desperdicio a 0%, reducción de tiempos y uso de material en configuración de arranque de 50 a 15 minutos y de 500 a 1000 ml de uso por la bomba obteniendo un ahorro de \$176,000 anual

Mientras que los autores Falero y Tafur (2021) proponen la implementación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad de la empresa American Mecanic Motors E.I.R.L 2020. Se implementó el planteamiento de trabajo y formatos, distribuidos de forma adecuada en las diferentes áreas de producción. Con la metodología Six Sigma se observó inicialmente que requerían un plan de trabajo ya que no existen procesos estandarizados. De esta manera se han originado reprocesos, baja calidad, incumplimientos y retrasos. Al aplicar herramientas y técnicas de control de calidad se identificó las causas origen que afectaban la productividad de la empresa. De esta manera la implementación de la metodología logró optimizar espacios logrando la reducción de tiempo en el proceso. Finalmente, la implementación de la metodología Six Sigma mejoro considerablemente en la productividad en un 90%, cubriendo el mosto total de la implementación.

La propuesta realizada por Pastor (2019), es la mejora del proceso de producción aplicando la metodología Six Sigma para reducir defectos en la empresa RMB SATECI S.A.C dedicada a la fabricación de tolvas. Donde el principal problema es el desperdicio del material y los gastos demandados en cuanto a la corrección de errores. Teniendo como objetivo principal identificar las causas principales de variabilidad para posteriormente proponer una mejora e incrementar la calidad de productos. Con la aplicación de la metodología DIMAIC de Six Sigma se determinó que las causas principales que afectan la variabilidad están en el área de aislada del proceso de pintura y para mejorar la calidad y evitar pérdidas económicas se tendrá que implementar una cabina de granallado. Mejorando de un sigma de 1.26 a un sigma mejorado de 2.36 con una capacidad de proceso mejorado en un 77.7% y un índice de capacidad de proceso de 99% lo cual indica un proceso con una mejora considerable.

La aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de producción de una empresa de alimento. El autor (Calla, 2023), desarrolla un análisis que ayudará a identificar los principales problemas que afectan a la calidad en la entrega de productos. La metodología tiene un enfoque cuantitativo donde la población son las unidades de producción de 250 gramos. Al implementar la metodología DMAIC se ha incrementado el 10.7% mejorando el control de los procesos, permitiendo establecer nuevas estrategias y acciones de mejora continua

2.2. Marco teórico

2.2.1. Carrocerías

Las industrias carroceras toman un papel importante en el sector metalmecánico. Siendo uno de los principales promotores de la economía del país, con una gran demanda en el sector público y privado, de esta forma las carrocerías de buses han fortalecido el sector industrial con su actividad de diseño y fabricación de buses para el servicio del país (Pilco, 2016).

En el sector metalmecánico, se presenta como actividad comercial las industrias carroceras dedicadas al diseño y fabricación de carrocerías para buses. Dentro de esta actividad comercial, se tienen presente los procesos de producción que son una serie de actividades y operaciones dirigidas que trabajan en conjunto para transformar materias primas en productos en este caso en buses. De esta forma, los procesos de producción son importantes para aumentar la eficiencia de la empresa y el cumplimiento de objetivos (Olarde y Botero, 2010, p. 354).

En el proceso de fabricación de las carrocerías de buses uno de los procesos importantes son los acabados. En este caso el proceso en estudio son los acabados externos, en la Tabla 1 se detallan las actividades que conforman este proceso de producción considerando los siguientes aspectos.

- Frente
- Respaldo
- Lateral derecho
- Lateral izquierdo

Tabla 1*Acabados Externos*

Proceso	Actividad
Frente	<ul style="list-style-type: none">• Faros G7 o G8• Banana direccional pequeña• Banana central• Neblinero cromáticos• Parabrisas• Plumas• Poa de agua plumas• Rejilla guardachoque• Persiana• Neblineros originales• Bigote G8 o mascarilla G7• Espejos retrovisores• Ojos de buey medias• Visera• Sellos y emblemas• Placas
Respaldo	<ul style="list-style-type: none">• Faros posteriores• Parabrisas posterior• Luces stop esquineras• Luces stop guardachoques• Banana central roja• Banana central pequeña roja• Luces placa• Triángulos led• Cámara retro• Chapa puerta posterior• Sellos y emblemas• Placa• Raspones pintura

Lateral derecho

- Llantas niqueladas con tapa cubos
- Luces direccionales superiores
- Luces direccionales inferiores
- Neblinero retro
- Puerta principal grada retráctil
- Ventanas y ventoleras
- Seguro puerta principal
- Ventana puerta principal
- L niquelada
- Ventoleras camarote
- Regletas
- Catadióptrico G7
- Manillas niqueladas
- Raspones pintura

Lateral izquierdo

- Llantas niqueladas con tapa cubos
- Luces direccionales superiores
- Luces direccionales inferiores
- Neblinero retro
- Puerta chofer
- Ventanas y ventoleras
- Seguro puerta chofer
- Ventana puerta chofer
- L niquelada
- Ventolera camarote
- Regletas
- Escape
- Tapa filtro
- Raspones pintura

Nota: En la tabla se muestran todos los subprocesos y actividades del proceso de acabados externos. Fuente: Thalia Gunsha (2024).

Al terminar el proceso de acabados externos como se muestra en la Figura 1, el bus terminado se somete a los estándares de calidad establecidos.

Figura 1

Proceso acabados externos



Nota: En la figura se muestra el proceso de acabados externos finalizado. Fuente: Thalia Gunsha (2024).

De esta manera, la calidad en los procesos de producción juega un papel muy importante dentro de la empresa, siendo la principal característica de aceptación en el mercado y frente a la competencia. Los buses fabricados con una calidad aceptable reúnen las características necesarias para satisfacer las necesidades del cliente (Rendón, 2013).

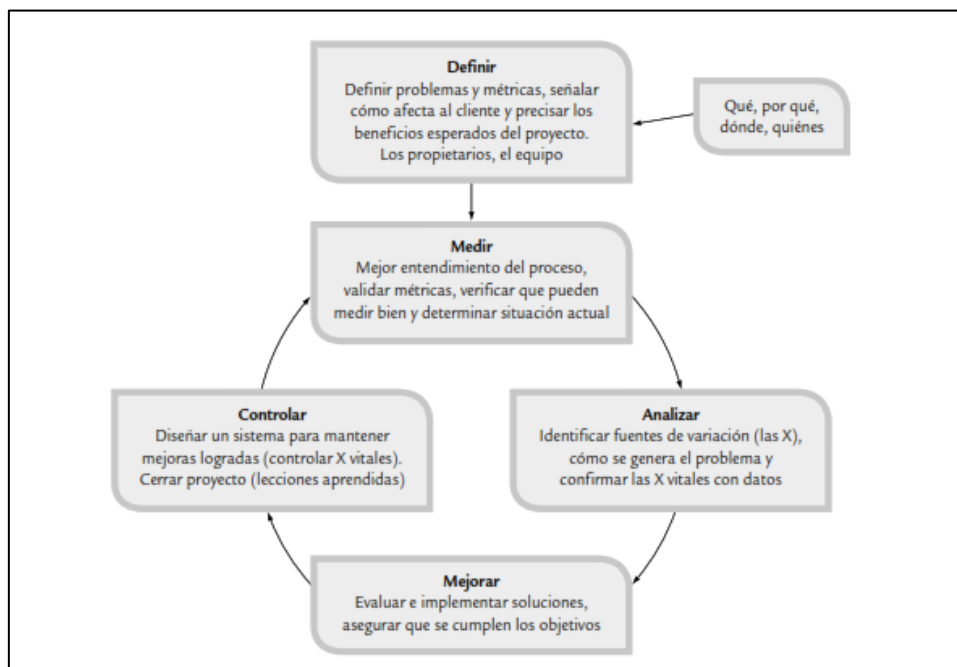
Es importante tener sistemas de control de calidad que minimicen de forma directa el nivel de fallas en los procesos y por ende evitar los reprocesos en la fabricación de buses. Considerando que los reprocesos conllevan costos adicionales e incluso pérdidas para la empresa (Rendón, 2013).

2.2.2. Metodologías

Una de las estrategias para mejorar la calidad de los procesos es la metodología Six Sigma. Esta metodología permite identificar las causas que provocan los defectos o errores que retrasan el proceso de producción principalmente el proceso de acabados externos. De esta manera se incrementa positivamente la eficiencia del proceso y la calidad del producto (Gutiérrez y Salazar, 2009, p. 425).

Figura 2

Proceso DMAIC



Nota: En la figura se muestra las cinco etapas del proceso DMAIC.

Fuente: (Gutiérrez y Salazar, 2009).

Gutiérrez y Salazar (2009) en su libro control estadístico de calidad, dan a conocer a la métrica de defectos por millón de oportunidades de error (DPMO), relacionado directamente con la métrica de los defectos encontrados por el número de unidades inspeccionadas al culminar el proceso de producción conocido como los defectos por unidad (DPU) (Gutiérrez y Salazar, 2009, p. 114).

En estas circunstancias y teniendo en claro el nivel de calidad inicial del proceso en estudio, es importante recalcar el análisis de modo efecto de las fallas (AMEF) que permite obtener fallas del proceso de acabados externos a partir de un análisis de frecuencia, lo cual es de suma utilidad dentro de un análisis de control de calidad (Gutiérrez y Salazar, 2009, p. 408).

2.2.3. Control de calidad

Al realizar un control de calidad riguroso y confiable, este ayuda a detectar y corregir fallas e inconsistencias encontradas en diferentes procesos de producción. La detención

de defectuosos es fundamental para mantener la calidad y la precisión en los análisis evitando tener un impacto negativo en los consumidores.

Con un control de calidad adecuado se minimiza la probabilidad de que un producto defectuoso llegue al cliente, evitando así, devoluciones, reprocesos, incumplimiento de la garantía e incluso pérdida del cliente entre otros (Rendón, 2013, p. 8).

En la elaboración de carrocerías y en cada proceso de la misma, es importante tener en cuenta la calidad del producto final. Por esta razón la calidad es uno de los factores que influyen directamente sobre un producto, dando como resultado un producto con estándares altos de calidad ante la competencia (Gutiérrez y Salazar, 2009, p. 5).

El hablar de calidad conlleva directamente al control de calidad de los procesos donde se asegura que cada proceso de producción mantenga la excelencia desde el inicio hasta el final. Un apoyo incondicional en este aspecto, constituyen las herramientas de control de calidad las cuales ayudan a cumplir con las regulaciones, normativas y satisfacción al cliente reflejando el compromiso y precisión en cada detalle (Pilco, 2016, p. 8).

2.2.4. Herramientas de calidad

Las herramientas de calidad ayudan a solucionar los problemas que afectan la calidad del proceso y por ende del producto. Estas herramientas cubren las necesidades de la empresa detectando los principales problemas que afectan la calidad (Fariña y González, 2015, pp. 291–292). Las herramientas básicas se detallan a continuación en la tabla 2.

Tabla 2.

Herramientas de Calidad

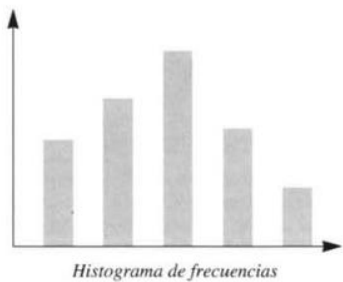
HERRAMIENTAS DE CALIDAD		
Definición	Uso	Ilustración
Histograma	Representa la distribución de una variable a partir de los datos de una tabla de frecuencias.	

Tabla 3.*Tipos de gráficos de control*

Tipos de gráficos de control		
Cartas de control por variables aplican a características de calidad de tipo continuo como peso, volumen, voltaje, longitud, resistencia, temperatura, humedad, etc.	Cartas de control $\bar{X} - R$	Aplican a procesos masivos obteniendo subgrupos de productos
	Cartas de control $\bar{X} - S$	Aplican a proceso masivos con mayor potencia para detectar cambios
Cartas de control por atributos Aplican directamente a los productos defectuosos	Carta de control p	Muestran las variaciones en la fracción o proporción de artículos defectuosos por muestra o subgrupo Analiza el número de defectuosos por subgrupo
	Carta de control np	se aplica cuando el tamaño de subgrupo es constante.
	Carta de control c	Analiza la variabilidad del número de defectos por subgrupo
	Carta de control u	Analiza la variación del número de promedios de defectos por unidad

Nota: En la tabla se muestran los tipos de cartas de control de calidad. Fuente: (Gutiérrez y Salazar, 2009)

2.2.6. Estadística descriptiva

Una técnica eficiente para el procesamiento, análisis e interpretación de resultados es la estadística. En los estudios de cualquier nivel es indispensable el análisis de datos para la

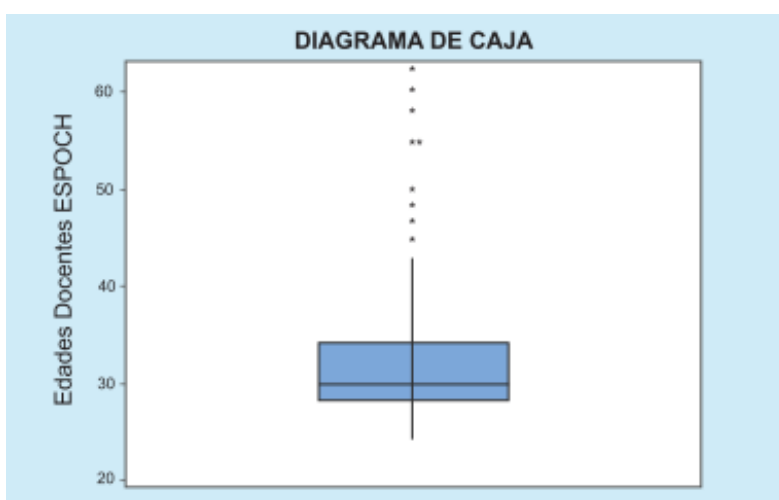
solución de problemas, validez de pruebas, y confiabilidad en procesos (Congacha, 2016^a, p. 16). Para que los estudios tengan validez es necesario comprobar el supuesto de normalidad. Es decir que los datos sigan una distribución normal ya sea univariante o multivariante a través de pruebas confiables (Peña, 2002, p. 313).

Una parte importante de la estadística son las medidas de tendencia central. Al ser estudiadas permiten que el proceso o estudio este centrado en contexto con la variable respuesta. De esta manera se comprueba que el estudio sea eficiente y confiable. Las tres medidas de tendencia central son la media, la mediana y la moda (Gutiérrez y Salazar, 2009, p. 19).

Una de las representaciones más importantes en la estadística son los diagramas de cajas o box plot. Permite visualizar de manera directa las estadísticas descriptivas importantes de un conjunto de datos (Congacha, 2016, p. 70).

Figura 3

Diagrama de caja



Nota: En la figura se muestra la representación del diagrama de caja. Fuente: (Congacha, 2016)

2.3. Marco Legal

En conformidad con lo dispuesto en el Artículo 52 de la Constitución de la República del Ecuador. “Las personas tienen libre derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad y conformidad, de la misma manera obtener una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características” (INEN, 2016, p. 1).

En Ecuador, actualmente operan tres entidades encargadas de la inspección y certificación de carrocerías de autobuses para autorizar su circulación en el país. Estos son: el Centro

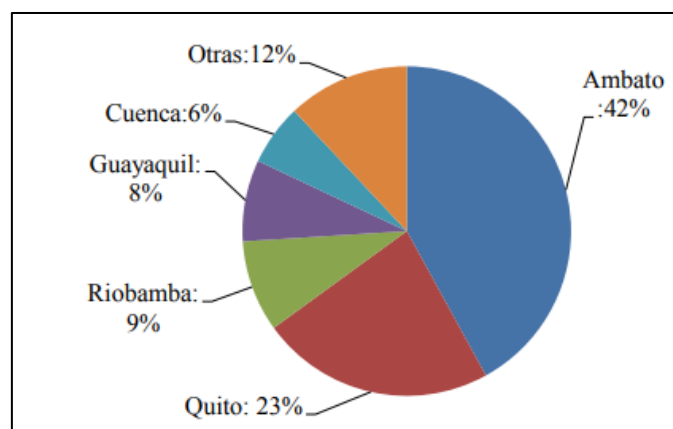
de Transferencia para la Capacitación e Investigación de Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV), el Centro de Apoyo al Desarrollo Metalmecánico (CADME) y el Centro de Ingeniería Aplicada Pace y Sincon Cía. Ltda. (CEDINAP). Todos estos centros están acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) para llevar a cabo inspecciones de carrocerías de autobuses y están ubicados en las ciudades de Quito y Ambato (Marquéz, 2020, p. 5).

El organismo evaluador de conformidad que garantiza un servicio de excelencia con un estándar alto de calidad es la CALIDAD INTERNACIONAL DE CERTIFICACIONES CICAYBECE S.A. Esta se compromete a la mejora continua de cada uno de los procesos de producción, con recursos y talento humano competente y calificado, cumpliendo con las normativas y regulaciones vigentes generando satisfacción en los clientes.

En la Figura 4 se observa la cantidad proporcional de empresas carroceras por ciudad que existen en la actualidad y que han sido autorizadas por la ANT.

Figura 4

Cantidad de empresas carroceras por ciudad



Nota: En la figura se muestra el porcentaje de empresas carroceras en Ecuador. Fuente: (Marquéz, 2020)

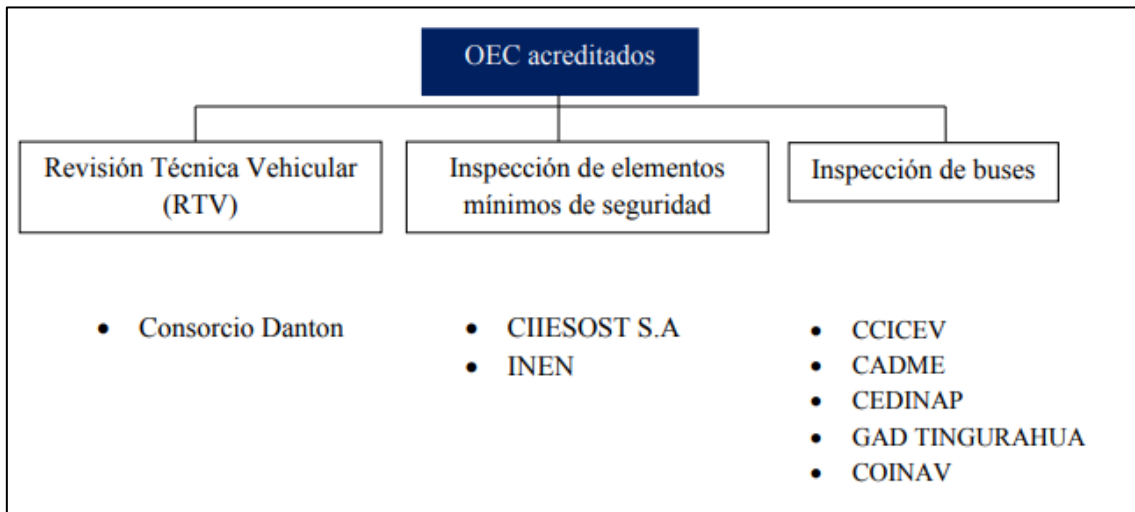
De acuerdo con la agencia nacional de tránsito ANT, en Ecuador se registraron 66 empresas fabricantes de carrocerías, donde el 42,4 % que corresponde a 28 empresas ubicadas en la ciudad de Ambato, mientras que el 22,7 % que corresponde a 5 empresas están ubicadas en Quito, el 9,1 % que corresponde a 6 empresas están ubicadas en Riobamba; el 7,6 % es decir 5 empresas están ubicadas en Guayaquil; en las ciudades de Cuenca y Santo Domingo están 4 empresas con el 6,1% respectivamente y finalmente, en

las ciudades de Latacunga, Tosahua, Pelileo e Ibarra existe tan solo 1 empresa dedicada a la fabricación de carrocerías de buses.

En la actualidad existen cinco organismos de inspección acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano SAE, encargados de la inspección automotriz basadas en las normas básicas de diseño y construcción de carrocerías de buses detallados en la Figura 5.

Figura 5

Organismos de inspección y acreditación



Nota: En la figura se muestra los organismos de inspección y acreditación a las empresas coarroceras en Ecuador. Fuente: (Marquéz, 2020)

Es importante destacar que en Ecuador los parámetros de homologación establecidos en el diseño, fabricación y montaje que deben cumplir las carrocerías de buses están tipificados de acuerdo con la norma INEN 1323:2009; mientras que en el ámbito internacional rige la norma ISO 3795 con características de homologación de carrocerías (INEN, 2016, p. 9).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

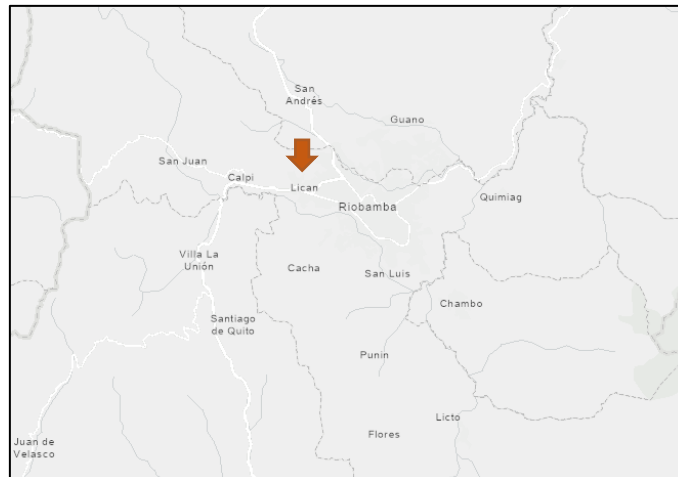
3.1. Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en una empresa carrocería dedicada al diseño y fabricación de carrocerías de buses para el transporte inter e intra provincial, el sector urbano y turismo en distintos modelos de buses para el servicio al país.

El trabajo de investigación se llevó a cabo netamente en la planta de producción con una población de buses fabricados en un periodo de tiempo de cuatro meses. La empresa se encuentra ubicada en la provincia del Chimborazo, en el cantón Riobamba como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Ubicación de investigación



Nota: En la figura se muestra ubicación de la investigación. Fuente: Thalía Gunsha

3.2. Enfoque y tipo de investigación

3.2.1. Enfoque

El enfoque cuantitativo permitió recopilar datos del número de defectos ocasionados en cada subproceso de acabados externo evaluando variables de tipo numéricas medibles que permitió realizar un análisis estadístico descriptivo, determinación del nivel sigma y la aplicación de la metodología propuesta.

3.2.2. Tipo de investigación.

Según el tipo de investigación se determinó de tipo exploratoria que permitió explorar las distintos problemas y causas ocasionadas en cada actividad. Se desarrollará en base a la investigación de campo con un periodo de tiempo transversal con un tiempo exacto de la toma de muestras. Según la manipulación de las variables es no experimental basada en la observación. Según el objetivo es aplicada por que el estudio de la investigación se centra en la solución de problemas en el proceso de acabados externos en la fabricación de carrocerías, según el tipo de inferencia es inductiva basada en la observación de fenómenos (Hernandez et al., 2014)

3.3. Definición y operacionalización de variables

3.3.1. Definición de variables

En la siguiente investigación se definen las siguientes variables

Variable independiente

- Calidad del proceso de acabados externos

Variable dependiente

- Acabados Externos del bus
 - ✓ Frente del bus
 - ✓ Respaldo del bus
 - ✓ Lateral derecho del bus
 - ✓ Lateral izquierdo del bus

Los defectos se midieron a través de hojas de verificación como se indica en el anexo A con todas las características según el modelo del bus.

3.3.1. Operacionalización de variables

Tabla 4.*Operacionalización de Variables*

Variable	Dimensiones	Indicador	Técnicas	Instrumento
Variable Independiente Calidad del proceso de acabados externos.	Calidad del proceso	Evaluar los parámetros de calidad y cumplimiento de los estándares	Encuestas	Cuestionario
	Eficiencia del proceso	Tiempo de Producción del proceso completo	Hojas de verificación	Chek list
	Apariencia	Niveles de satisfacción y calificación de apariencia visual	Gráficos de distribución	Escala de Likert
Variable Dependiente Acabados externos del bus	Nivel de Calidad inicial	Nivel de sigma (Defectos por millón) Eficiencia	DPMO	Defectos por unidad
	Medición de defectos	Medición cuantitativa de defectos	Hojas de verificación Diagrama de Ishikawa	Formularios de Excel
	Reducción de fallas y mejora del proceso.	Control de defectos ocasionados en las actividades del proceso de acabados externos	Metodología six sigma ciclo DMAIC	Hojas de verificación Registro de actividades

Nota: En la tabla se muestra la operacionalización de variables de la investigación. Fuente: Thalía Gunsha

La Tabla 4 hace referencia al desarrollo del proyecto, mismo que tiene como objetivo de reducir el nivel de fallas y mejorar el proceso de producción de acabados externos. Usando técnicas adecuadas para la toma de datos dentro de la empresa carrocera, como hojas de verificación y recolección de datos y encuestas según sea la necesidad para llevar a cabo la investigación.

Donde se aplicó un enfoque Six Sigma que trabaja bajo la metodología DMAIC con sus cinco etapas a través de las herramientas necesarias para el control de calidad. La primera etapa de definición del problema se centró en los defectos ocasionados en cada actividad del proceso de acabados externos posteriormente se evaluó la calidad del proceso, que determinó el nivel de sigma inicial mediante los defectos por millón de oportunidades (DPMO), que medirá la eficiencia del proceso a través del conteo de defectos de un producto.

Posteriormente se aplicó la metodología Six Sigma con el ciclo DMAIC y se dirigió una encuesta a los trabajadores de la planta de producción que ayudo para la toma de decisiones en el plan de acción de Six Sigma.

3.4. Procedimiento metodológico

Población de estudio

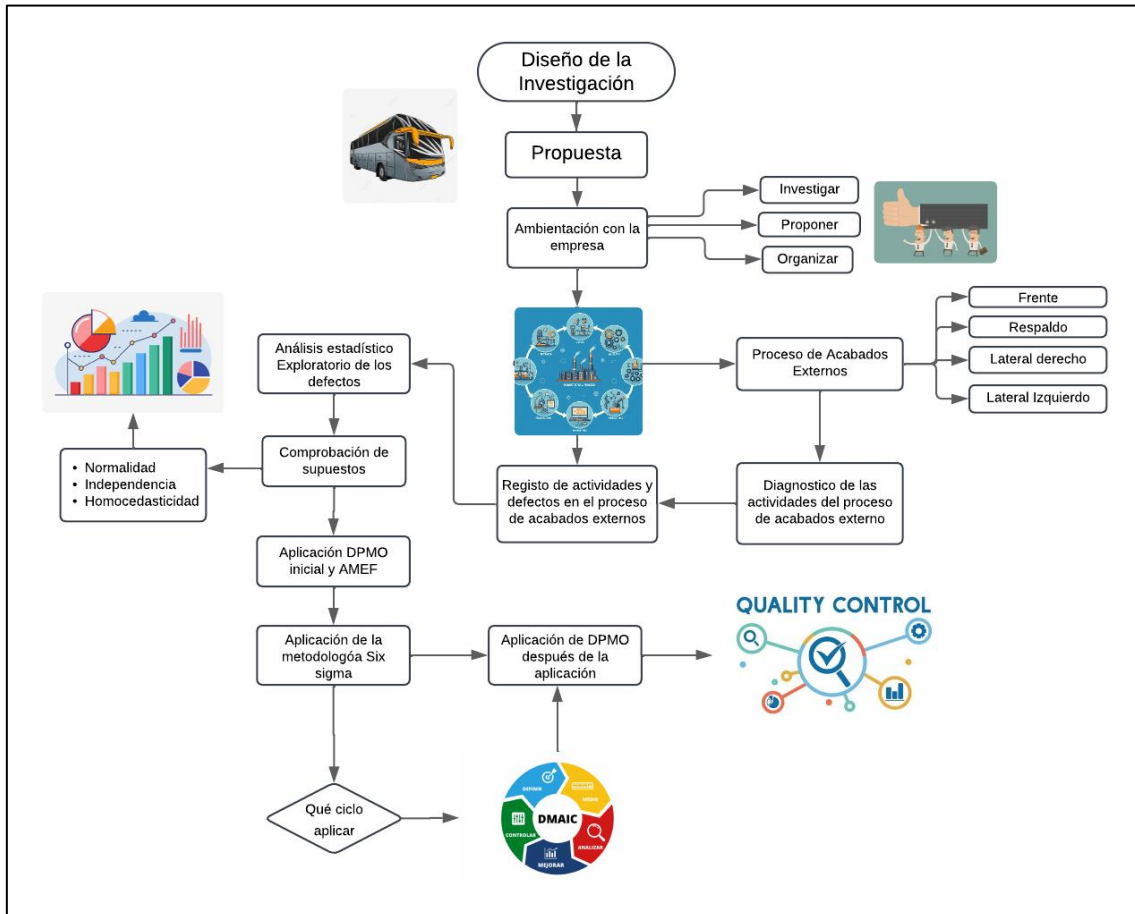
En la siguiente investigación se tomó todas las carrocerías fabricadas previo al contrato de elaboración en la empresa carrocera durante un periodo de cuatro meses con un total de veinticuatro buses.

En la planta de producción se realizó un seguimiento a cada actividad que se encuentra dentro del proceso de acabos externos. Se llevo un registro claro mediante hojas de verificación identificando los defectos ocasionados en cada unidad evaluada, se aplicó una encuesta dirigida a los trabajadores que desempeñan diferentes funciones dentro del proceso. A continuación, se detalla el procedimiento según los objetivos establecidos para la investigación.

A continuación, en la Figura 7 se describe el desarrollo de la investigación a través de un diagrama de flujo.

Figura 7

Diagrama de flujo de trabajo



Nota: En la figura se muestra la metodología a seguir en la investigación. Fuente: Thalía Gunsha

El procedimiento de la investigación se estructuró en tres fases, en correspondencia con los objetivos específicos planteados. En todas las fases se trabajó con 24 carrocerías de buses fabricadas durante un periodo de cuatro meses en la empresa carrocera, registrando los defectos presentes en el proceso de acabados externos mediante hojas de verificación y listas de chequeo, y complementando la información con encuestas dirigidas al personal que labora en dicho proceso. Cada fase integró las técnicas, instrumentos y métodos de recolección y análisis de datos necesarios para el cumplimiento de cada objetivo.

Fase 1: Analizar las actividades del proceso de acabados externos identificando los defectos ocasionados en carrocerías de buses.

En esta fase se dio cumplimiento al objetivo de analizar las actividades del proceso de acabados externos e identificar los defectos ocasionados en las carrocerías de buses.

Técnica de recolección de datos

Se utilizó la observación directa estructurada del proceso de acabados externos en planta, considerando las actividades desarrolladas en el frente, respaldo, lateral derecho y lateral izquierdo del bus.

Instrumentos

Se emplearon hojas de verificación y listas de chequeo para registrar de manera sistemática los defectos presentados por actividad y por unidad producida.

Grupo de estudio

Se evaluaron 24 buses fabricados en la empresa durante el periodo de estudio, realizando el seguimiento de cada actividad asociada al proceso de acabados externos.

Métodos de análisis de datos

La información recopilada se organizó en matrices de registro, identificando la frecuencia de defectos por actividad y por subproceso. Con estos datos se elaboraron resúmenes numéricos y tablas de distribución de defectos que permitieron determinar las actividades y subprocesos con mayor incidencia de no conformidades dentro del proceso de acabados externos.

Fase 2: Realizar un análisis estadístico de control de calidad inicial del proceso de acabados externos en carrocerías de buses.

En esta fase se cumplió el objetivo de realizar un análisis estadístico exploratorio y un control de calidad inicial del proceso de acabados externos.

Técnicas de análisis estadístico

Se aplicó un análisis estadístico descriptivo exploratorio de los defectos registrados, seguido de la comprobación de supuestos estadísticos y del cálculo de indicadores de calidad del proceso.

Instrumentos y herramientas

Para el procesamiento de la información se utilizó la base de datos generada en la fase 1 y el software R Studio, con el cual se obtuvieron los estadísticos descriptivos y los gráficos necesarios para el análisis del comportamiento del proceso.

Métodos de análisis de datos

Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión (promedio, mediana, desviación estándar, cuartiles, varianza, rango), así como los coeficientes de asimetría y curtosis para los defectos registrados por actividad. Posteriormente, se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, así como los supuestos de homocedasticidad e independencia de los datos. Con la información validada se determinó el número de defectos por millón de oportunidades (DPMO), el nivel sigma inicial y el rendimiento del proceso de acabados externos, estableciendo así la situación de calidad de referencia antes de la aplicación de la metodología Six Sigma.

Fase 3: Aplicar la metodología Six Sigma para el control de calidad utilizando el ciclo DMAIC para reducir defectos en los subprocesos identificados en la sección de acabados externos.

En esta fase se dio cumplimiento al objetivo de aplicar la metodología Six Sigma para el control de calidad utilizando el ciclo DMAIC, con el fin de reducir los defectos en los subprocesos identificados en la sección de acabados externos.

Técnicas de recolección de datos e información

Se aplicó una encuesta al personal involucrado en el proceso de acabados externos, con el propósito de identificar las posibles causas que generan mayor número de defectos y recoger percepciones sobre el desarrollo de las actividades. Asimismo, se utilizaron los registros de producción y las hojas de verificación obtenidas en las fases anteriores.

Instrumentos

El principal instrumento fue un cuestionario estructurado (encuesta) dirigido a los trabajadores del área de acabados externos, validado por el personal supervisor.

Adicionalmente, se emplearon hojas de verificación, diagramas de Pareto, el diagrama de Ishikawa y otras herramientas propias de la metodología Six Sigma para el análisis de causas y efectos.

Grupo de estudio

La encuesta se aplicó a los trabajadores de la planta de producción que ejecutan las actividades del proceso de acabados externos, considerando a los operarios y al personal técnico directamente relacionado con los subprocesos analizados.

Métodos de análisis y mejora (ciclo DMAIC)

La información obtenida se analizó siguiendo las cinco etapas del ciclo DMAIC

- **Definir:** identificación del problema asociado a los defectos en los subprocesos de acabados externos, delimitación de los objetivos del proyecto y conformación del equipo de trabajo.
- **Medir:** consolidación y validación de los métodos de medición, recolección de datos por subproceso, cálculo de métricas de calidad (DPU, DPMO, nivel sigma) y análisis de la capacidad del proceso.
- **Analizar:** estudio estadístico del problema, identificación de las causas raíz mediante los “5 porqués” y el diagrama de Ishikawa, y validación de hipótesis sobre los factores que generan la variabilidad del proceso.
- **Mejorar:** diseño y selección de alternativas de mejora, definición e implementación de un plan de acción orientado a reducir los defectos en los subprocesos críticos, incluyendo acciones como la capacitación del personal y el fortalecimiento de la inspección y el control de calidad.
- **Controlar:** seguimiento de las acciones implementadas mediante gráficos de control e indicadores de calidad, comparación del nivel sigma antes y después de la intervención y establecimiento de lineamientos para mantener la mejora continua del proceso de acabados externos.

3.5. Consideraciones bioéticas

Para llevar a término la presente investigación se han considerado los siguientes aspectos éticos: la confidencialidad de la información, prácticas correctas, información clara y verdadera guardando discreción en la manipulación de la información. Es importante indicar que junto con las éticas mencionadas la empresa carrocera, tiene en cuenta que las consideraciones bioéticas la investigación no afecta al medio ambiente.

Las empresas carroceras de buses en Ecuador requieren de varias licencias y permisos ambientales para operar de manera legal y conforme a la normativa vigente. A continuación, se detallan algunas de las licencias y permisos que deben disponer para la ejecución normal de las actividades internas de la empresa.

- ✚ Licencia ambiental
- ✚ Registro de generadores de desechos peligrosos
- ✚ Certificado de no afección ambiental
- ✚ Permisos de emisiones atmosféricas
- ✚ Permisos de vertidos de aguas residuales
- ✚ Licencia del uso y anejo de sustancias químicas.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Para llevar a cabo en análisis del proceso de acabados externos en carrocerías de buses, es necesario seguir las actividades de los subprocesos de frente, respaldo, lateral derecho y lateral izquierdo. Mediante hojas de verificación se identificaron y registraron los defectos ocasionados en cada actividad del proceso como muestra la Tabla 5. Durante cuatro meses se llevó un registro de veinticuatro unidades fabricadas.

Tabla 5

Registro de defectos

Unidades	frente	respaldo	lateral derecho	lateral izquierdo	Total defectos por unidad
1	5	3	8	5	21
2	3	2	4	2	11
3	6	3	3	4	16
4	1	2	7	7	17
5	3	3	4	2	12
6	3	2	8	8	21
7	3	3	8	6	20
8	4	2	7	6	19
9	3	2	6	2	13
10	3	2	4	3	12
11	2	1	2	6	11
12	2	1	5	6	14
13	0	2	7	3	12
14	2	1	3	4	10
15	0	3	4	4	11
16	3	3	6	2	14
17	2	3	7	4	16
18	3	3	2	7	15
19	3	2	6	9	20
20	2	2	5	5	14
21	2	3	6	5	16
22	2	3	6	6	17
23	3	3	10	2	18
24	1	1	12	2	16

Nota: En la tabla se muestra los defectos registrados de las actividades del proceso de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha

Análisis descriptivo exploratorio

Se realizó un análisis exploratorio de los defectos de la Tabla 5 correspondientes a las veinticuatro unidades fabricadas. Y se obtuvo los siguientes resultados que son mostrados en la tabla 6.

Tabla 6

Estadísticos descriptivos

	vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
frente	1	24	2.54	1.35	3.0	2.50	1.48	0	6	6	0.32	0.50	0.28
respaldo	2	24	2.29	0.75	2.0	2.35	1.48	1	3	2	-0.49	-1.17	0.15
lateral derecho	3	24	5.83	2.43	6.0	5.70	2.97	2	12	10	0.47	-0.08	0.50
lateral izquierdo	4	24	4.58	2.08	4.5	4.45	2.22	2	9	7	0.26	-1.04	0.43

Nota: La tabla muestra los estadísticos descriptivos de defectos registrados por actividades del proceso de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha

Tabla 7

Estadísticos descriptivos totales

	vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
X1	1	24	15.25	3.39	15.5	15.15	4.45	10	21	11	0.2	-1.24	0.69

Nota: La tabla muestra los estadísticos descriptivos de defectos totales del proceso de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha

Un análisis inicial exploratorio de los defectos registrados en el proceso de acabos externos ayudó a verificar la relación entre las variables y tener una visión a priori de la investigación

Se evidenció que en promedio la actividad del lateral derecho y lateral izquierdo obtuvo un mayor promedio aproximado de 6 y 5 defectos respectivamente siendo aquellas las actividades dentro del proceso de acabados externos que contribuyen en un promedio total de 15 defectos como muestra la Tabla 7.

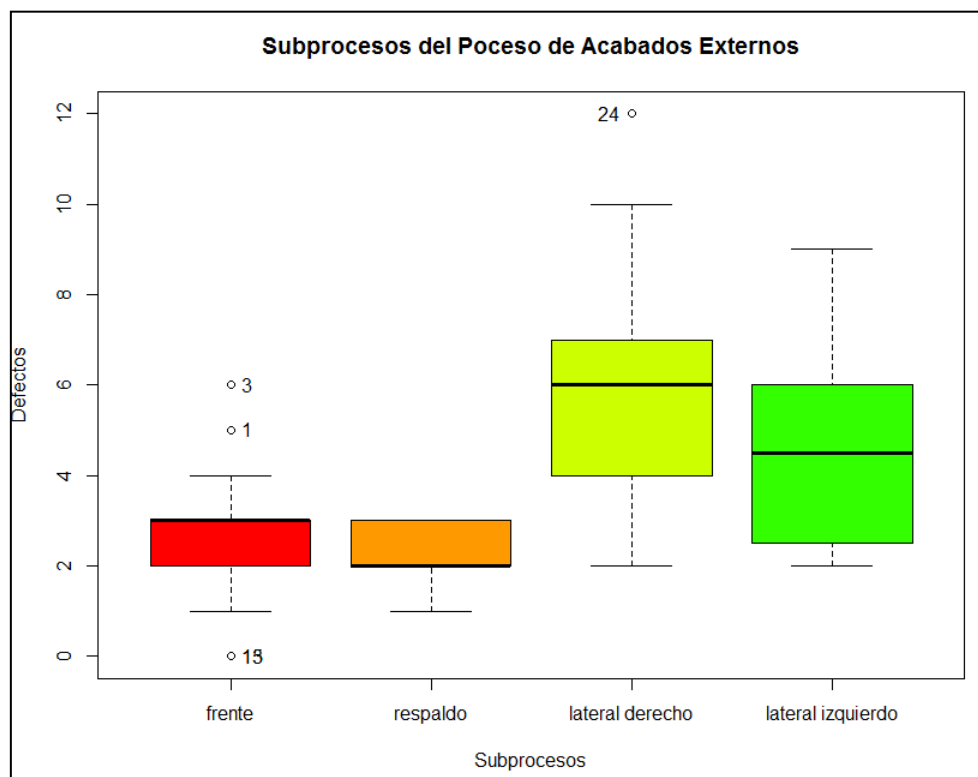
Se indicó una dispersión en torno a la media de 3 defectos, con un valor mínimo de 10 y un máximo de 21 defectos. Con un valor central de 16 defectos aproximadamente, es decir que la mayoría de las observaciones se encuentran por arriba de la media con una curva sesgada hacia la izquierda.

Se demostró que los defectos están concentrados en el extremo izquierdo de la distribución con una asimetría positiva. Con un coeficiente de kurtosis platicurtiva es decir que existe una baja concentración de los defectos registrados

Posteriormente se observó la variabilidad de los subprocesos que conforman el proceso de acabados externos a través de un diagrama de cajas, se evidenció la presencia de datos atípicos en el frente y lateral derecho como muestra la Figura 8, en la cual se puede visualizar las unidades 13, 15, 1, 3, 24 como datos atípicos.

Figura 8

Box plot- gráfico de cajas de los subprocesos

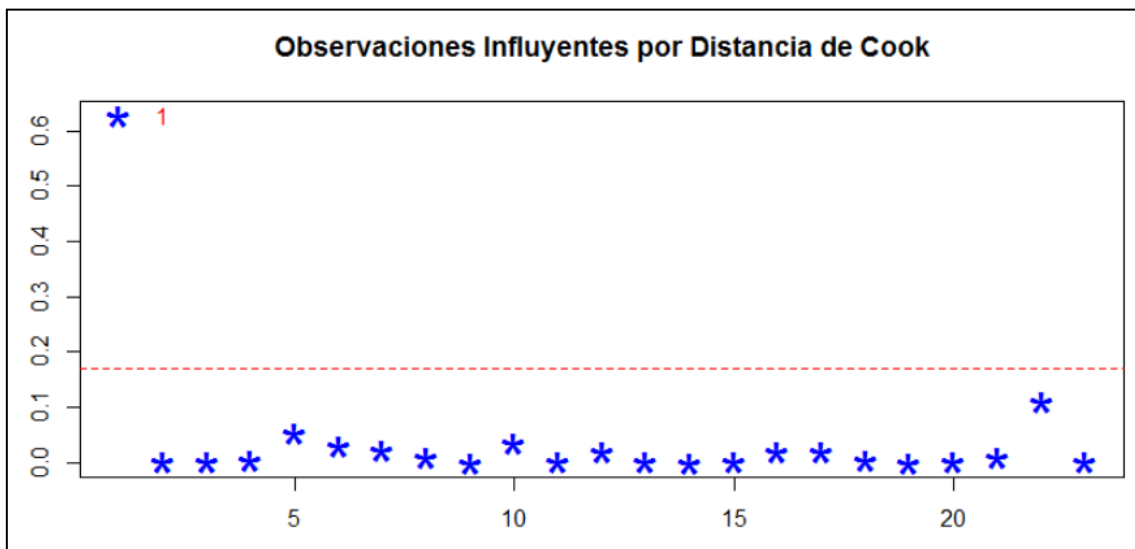


Nota: En la figura se muestra el diagrama de cajas con respecto a los subprocesos. Fuente: Thalía Gunsha.

Se realizó un diagnóstico mediante el análisis de atípicos influyentes tomando la distancia de cook dando como resultado un atípico influyente como muestra en la Figura 9.

Figura 9

Atípicos influyentes



Nota: En la figura se muestran los atípicos influyentes mediante la distancia de cook.

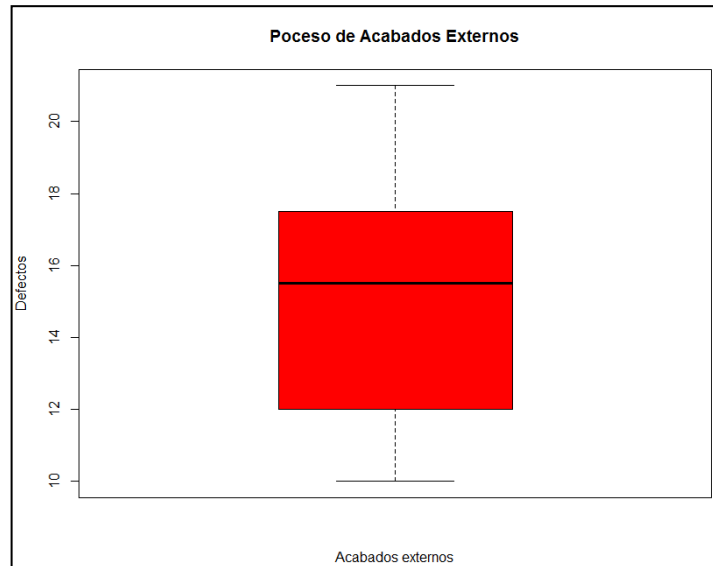
Fuente: Thalía Gunsha

Los datos atípicos encontrados fueron sometidos al análisis de distancia de Cook que permitió determinar si realmente los datos sugeridos tienen la distancia propuesta para ser designados como atípicos.

Se retiró del estudio la unidad 1 porque es una observación que causa un desajuste al modelo lineal, mientras que las demás observaciones tomadas como sospechosas regresan al estudio, obteniendo un total de 23 unidades comprobando que no existen datos atípicos como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Box plot- Gráfico de cajas del proceso de acabados Externos



Nota: En la figura se muestra el diagrama de cajas del proceso de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha.

Comprobación de supuestos

Normalidad

Se realizó la prueba de normalidad con el Test de Shapiro-Wilk mediante una prueba de Hipotesis.

Planteamiento de la Hipotesis

H_0 = Los defectos del proceso de acabados externos siguen una distribución normal.

H_0 = Los defectos del proceso de acabados externos no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Estadístico de Prueba

Prueba de Shapiro-Wilk

Regla de Decisión

Si $p - value > valor \alpha$ No se rechaza H_0

Si $p - value < valor \alpha$ Se rechaza H_0

Tabla 8

Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Defectos	,128	23	,200*	,952	23	,320

Nota: La tabla muestra la prueba de normalidad del proceso de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha.

Si $0.320 > 0.05$ No se rechaza H_0

Conclusión

Mediante una prueba de normalidad como muestra la Tabla 8. Se obtuvo un valor p de 0.320 mayor al nivel de significancia, por ende, existe suficiente evidencia para no rechazar la hipótesis nula, y se concluye que los defectos registrados en el proceso de acabados externos en la fabricación de carrocerías de buses siguen una distribución normal.

Homogeneidad

Se realizó la prueba de Homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene mediante una prueba de Hipótesis.

Planteamiento de la Hipótesis

H_0 : Las varianzas son iguales

H_1 :: Las varianzas no son iguales

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Estadístico de Prueba

Prueba Levene

Regla de Decisión

Si $p - value > valor \alpha$ No se rechaza H_0

Si $p - value < valor \alpha$ Se rechaza H

Tabla 9*Prueba de Homogeneidad de varianza*

Prueba de homogeneidad de varianza					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
Defectos	Se basa en la media	2,272	2	20	,129
	Se basa en la mediana	1,105	2	20	,351
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,105	2	17,240	,353
	Se basa en la media recortada	2,225	2	20	,134

Nota: La tabla muestra la prueba de Levene del proceso de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha.

Si $0.129 > 0.05$ No se rechaza H_0

Conclusión

Mediante una prueba de Levene como se muestra en la Tabla 9, se obtuvo un valor p mayor al nivel de significancia, es decir que existió suficiente evidencia para no rechazar la Hipotesis nula y se concluye que los defectos registrados de los subprocesos de acabados externos tienen varianzas iguales.

Independencia

Planteamiento de la Hipótesis

H_0 : Los defectos registrados no dependen de los subprocesos de acabados externos.

H_1 : Los defectos registrados dependen de los subprocesos de acabados externos.

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Estadístico de Prueba

Prueba de Bartlett

Regla de Decisión

Si $p - value > valor \alpha$ No se rechaza H_0

Si $p - value < valor \alpha$ Se rechaza H_0

Tabla 10

Prueba de Bartlett

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,494
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	2,802
	gl	6
	Sig.	,833

Nota: La tabla muestra la prueba de Bartlett del proceso de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha.

Si $0.833 > 0.05$ No se rechaza H_0

Conclusión

Mediante una prueba de Bartlett como se muestra en la Tabla 10, con un valor p mayor al nivel de significancia, es decir que existió suficiente evidencia para no rechazar la Hipótesis nula y se comprueba que son variables independientes.

Evaluación técnica de la calidad actual en el proceso de acabados externos

Para evaluar la calidad del proceso de acabados externos se aplicó los defectos por millón de oportunidades DPMO. Mediante los defectos encontrados de las unidades fabricadas se conoció la eficiencia del proceso y el nivel sigma que se detallada en la Tabla 11.

Tabla 11*Nivel de sigma actual*

subproceso	Número de unidades	Número de defectos	Número de oportunidades	Total de defectos por oportunidades DPO	DPMO	NIVEL SIGMA
<i>Frente</i>	23	56	16	0,1522	152173,913	2,53
<i>Respaldo</i>	23	52	13	0,1739	173913,043	2,44
<i>Lateral Derecho</i>	23	132	14	0,4099	409937,888	1,73
<i>Lateral Izquierdo</i>	23	105	14	0,3261	326086,957	1,95
TOTAL DEFECTOS	23	345	57	0,2632	263157,895	2,13

Nota: La tabla muestra el nivel de sigma inicial del proceso de acabados externos. Fuente: Thalfá Gunsha.

En la Tabla 11 se observó los niveles de sigma los cuales fluctúan entre $1,73\sigma$ y $2,53\sigma$, mientras que para el total de defectos del proceso de acabados externos se alcanzó un nivel de sigma de $2,13\sigma$, dando una eficiencia global de 72.6%. es decir que no todas las actividades dentro del proceso de acabados externos tienen la misma eficiencia, de esta manera se evidenció que afecta de una manera directa al nivel de calidad del proceso de acabos externos en la fabricación de buses.

Rendimiento del proceso

Una vez calculado el nivel de sigma inicial del proceso de acabados externos se determinó el rendimiento del proceso.

Tabla 12

Rendimiento del proceso

Rendimiento por Oportunidades de Defecto (DPO)

1. Unidades totales	23
2. oportunidades de defecto por unidad	57
3. Total de defectos encontrados	345
4. DPO	0,26/ 26.32%
5. Rendimiento	73,68
6. Nivel sigma del proceso	2,1

Nota: La tabla muestra el rendimiento del proceso de acabados externos.

Fuente: Thalía Gunsha.

Se observó en la tabla 12 un rendimiento de 73,68% en el proceso de acabados externos con un nivel de sigma de 2,13. Es decir que existe un 26,32% de oportunidades de mejora en la investigación.

Aplicación de Six Sigma

En este caso se determinó una propuesta de mejora a través de la metodología six sigma para el control de calidad utilizando el ciclo DMAIC para reducir defectos en los subprocesos identificados en la sección de acabados externos.

Tabla 13

Metodología DMAIC

ETAPA	PASOS	HERRAMIENTAS UTILIZADAS
	Se identifican los problemas y se definen los objetivos del proyecto.	
Definir	Se miden el éxito, el alcance del proyecto, los beneficios y variables críticas.	Diagrama de Procesos

	Conformación de las variables críticas de entrada y salida del proceso.	Cálculo de las métricas Diagrama de Pareto de efectos
Medir	Validación de los métodos de medición. Recolección de datos y el desempeño inicial del proceso.	Diagrama de Pareto de Defectos Capacidad del proceso
	El problema es estudiado estadísticamente	Pruebas de normalidad Tabla de los 5 Porqué
Analizar	Determinar la causa raíz del problema que afectan a los procesos.	Diagrama Ishikawa
	Definir un plan de acción enfocado a atacar las causas raíz y mejorar los indicadores.	Lluvia de ideas de mejora Elaboración del Plan de control
Mejorar	Controlar las acciones tomadas en la etapa de mejora para que no sean descuidadas.	Gráficos de control Capacidad del proceso mejorado Comparación y mejora continua
Controlar		

Nota: La tabla muestra el ciclo DMAIC de la metodología six sigma. Fuente: Thalía Gunsha

A través de las cinco etapas para la aplicación de metodología Six Sigma se desarrollará la investigación siguiendo los pasos descritos en la Tabla 13.

Etapas de definir

El propósito de esta fase fue identificar los problemas que se desean resolver. Con una organización jerárquica de acuerdo con la afectación de la calidad del proceso de acabados externos y de la imagen y calidad del producto final.

Esta fase permitió encontrar las oportunidades de mejora en consecuencia a los defectos encontrados dentro del proceso.

Problema

El problema son los defectos ocasionados eventualmente dentro del proceso de acabados externos que en consecuencia afecta a la imagen y calidad del producto, esto debido a que no existe un control estricto en las actividades del proceso de acabados externos, ni metodologías que reduzcan y controlen los defectos en los procesos.

Objetivo

Aplicación de la metodología DMAIC, con el fin de reducir los defectos del proceso de acabados externos en un porcentaje mínimo mejorando la calidad e imagen del producto y la satisfacción del cliente.

Alcance y formación del equipo de trabajo

- Gerente
- Jefe de producción
- Líder del proyecto (Ingeniero de control de calidad)
- Supervisores de producción
- Técnico de procesos
- Operarios de producción

Se realizó un mapa de procesos del proceso de fabricación de acabados externos en la fabricación de buses como muestra la Figura 11. Esta herramienta permitió identificar las actividades que se desarrollan dentro de la empresa ya sea para mejorar, cambiar o eliminar.

Tabla 14

Metodología DMAIC etapa definir

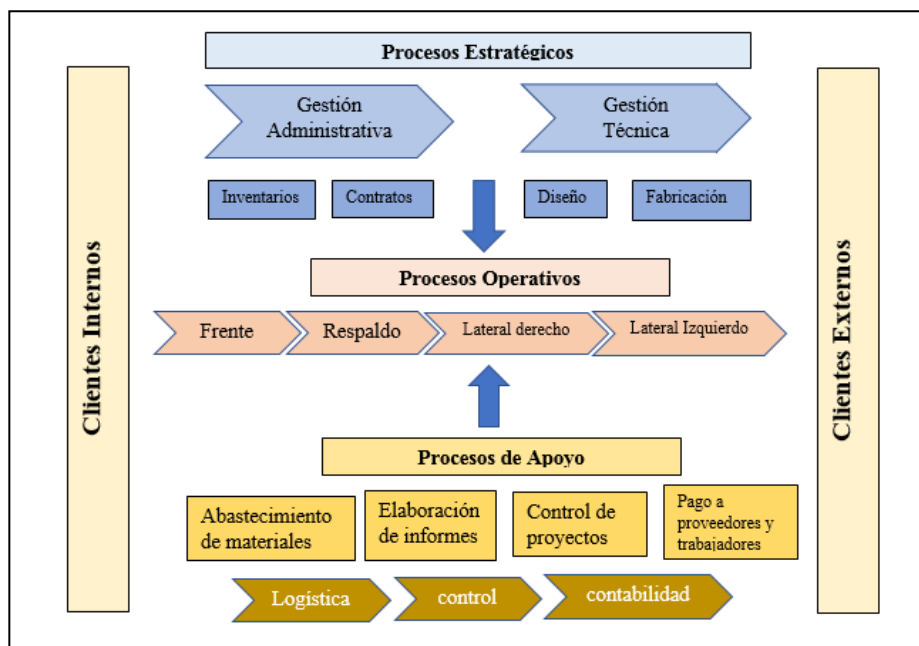
Elemento	Detalle
Actividades	<ul style="list-style-type: none">• Identificación de problema• Objetivos del proyecto• Formación del equipo de trabajo
Responsables	<ul style="list-style-type: none">• Gerente de producción• Supervisor de procesos• Ingeniero de control de calidad

Entregables	<ul style="list-style-type: none"> • Propuesta • Mapa de procesos
Indicadores de éxito	<ul style="list-style-type: none"> • Alineación de equipo de acuerdo con los objetivos. • Aprobación del objetivo y alcance

Nota: La tabla muestra la etapa Definir de la metodología six sigma. Fuente: Thalía Gunsha.

Figura 11

Mapa de procesos



Nota: En la figura indica el mapa de procesos del proceso de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha.

Etapa de medir

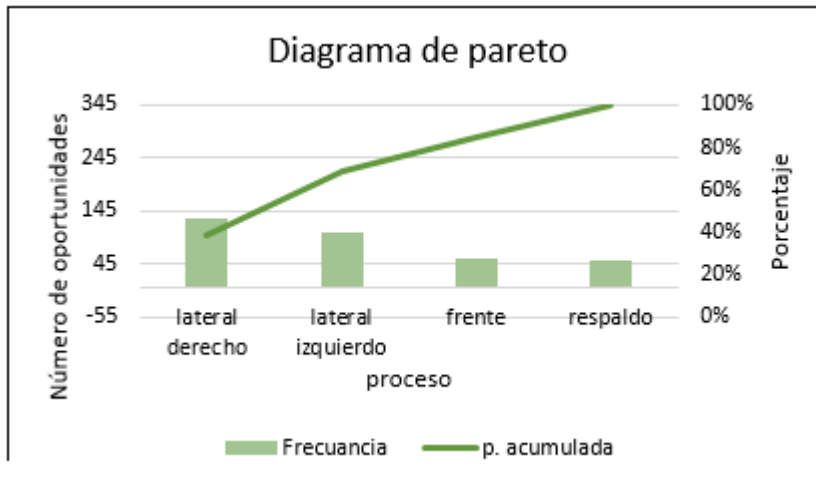
En esta etapa se identificaron las métricas claves del proceso como el DPMO y el nivel sigma del proceso de acabados externos.

En la Tabla 11 se observó que el proceso de acabados externos alcanzó un nivel sigma de $2,13\sigma$, dando una eficiencia global de 73.68% de rendimiento. Es decir que las actividades del frente, respaldo, lateral derecho y lateral izquierdo no tienen la misma eficiencia de producción del dentro del proceso, de esta manera se evidencia que afecta de una manera directa al nivel de calidad en la fabricación de buses.

A través de un diagrama de Pareto se clasificaron gráficamente y se identificaron los procesos que tienen mayor incidencia de defectos, vistos desde una perspectiva Six Sigma son las oportunidades de mejora del proceso mostrados en la Figura 12, y se obtuvo una mayor frecuencia de defectos en el lateral derecho indicando que es importante buscar las causas que provocan estos defectos.

Figura 12

Diagrama de Pareto

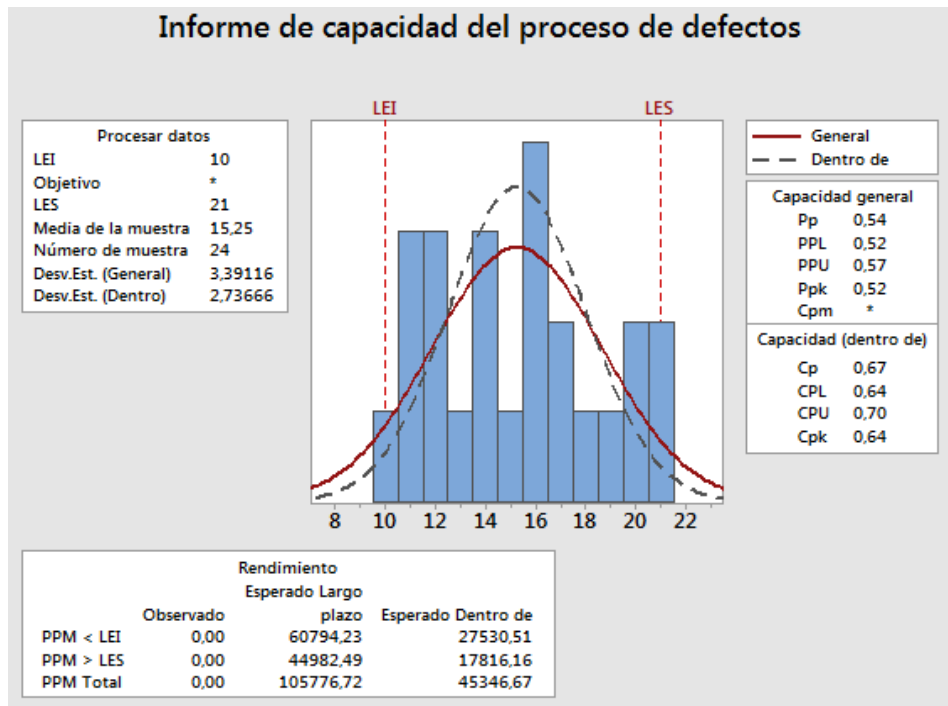


Nota: En la Figura se muestra el digrama de pareto del proceso de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha.

Se aplicó un análisis de capacidad del proceso que se muestra en la Figura 13 que ayudará a comprobar si el proceso es estable y eficiente, conociendo que los datos si siguen una distribución normal.

Figura 13

Capacidad del Proceso



Nota: En la figura se muestra la capacidad del proceso de acabados externos.

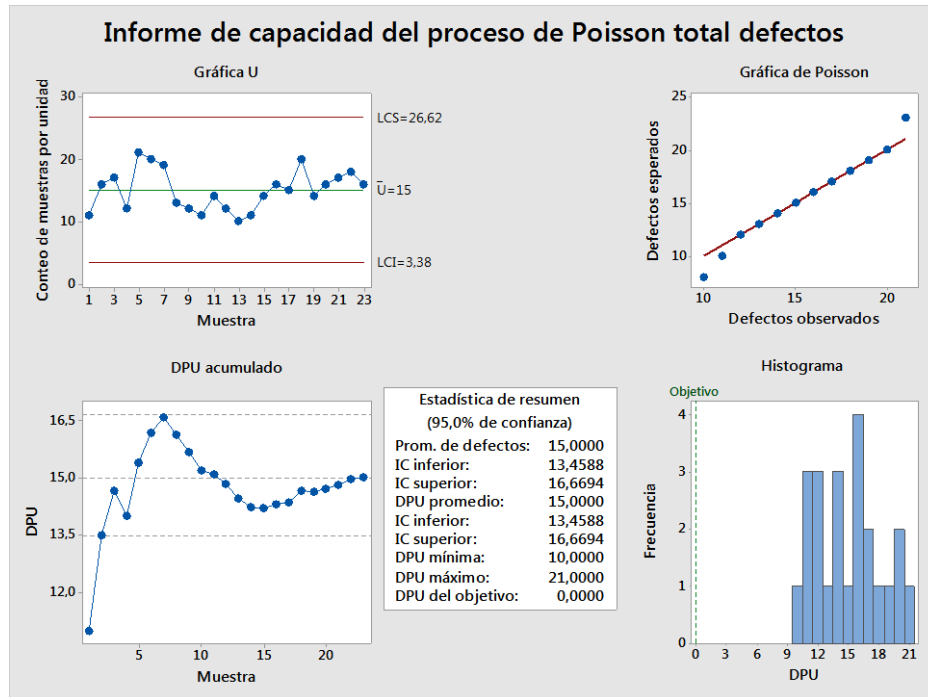
Fuente: Thalía Gunsha.

Se observó un ajuste deficientemente alineado la cual indica un proceso no estable es decir que existe una variación significativa entre los subgrupos, con un índice de capacidad potencial del proceso de 0.67 con clase 3 que indicó que no es adecuado para el trabajo y es necesario realizar modificaciones para alcanzar una calidad estable.

Por lo cual cumpliendo normalidad en los datos se realizó un análisis de capacidad de Poisson que se muestra en la Figura 14. Para determinar si la tasa de defectos por unidad satisface los requerimientos del cliente.

Figura 14

Capacidad del Proceso de Poisson



Nota: En la figura se muestra la capacidad del proceso de Poisson de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha.

Se usó un análisis de capacidad de Poisson para determinar si la tasa de defectos por unidad DPU satisface los requerimientos del cliente al contar con defectos contados por unidad. Como se evidenció en la gráfica u no existe ningún punto fuera de los límites de control, es decir que el proceso es estable mostrando una tendencia en los datos. También se observó que los datos siguen un a distribución de Poisson. Al obtener un DPU promedio de 15 no cumple con los requisitos es decir que deberíamos mejorar el proceso.

Tabla 15

Metodología DMAIC etapa medir

Elemento	Detalle
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de variables • Recolección de datos según el subproceso
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> • nivel sigma • análisis de capacidad del proceso • Gerente de producción • Supervisor de procesos

Entregables

- Ingeniero de control de calidad
- Fichas de observación
- DPMO
- Nivel sigma
- Diagrama de Pareto
- Capacidad del proceso
- Gráficos de control
- Buena recolección de datos
- Precisión en el cálculo de métricas
- Nivel sigma= 2,13
- Oportunidades de mejora de 26,32
- Mayor número de incidencia en defectos Lateral derecho y lateral izquierdo
- Cp=0,67 no estable

Indicadores de éxito

Nota: La tabla muestra la etapa medir de la metodología six sigma. Fuente: Thalía Gunsha

Etapa de analizar

En esta fase, hace referencia a la aplicación de la herramienta de los 5 peques que detallamos a continuación en la Tabla 16, señalando los problemas dentro del proceso de acabados externos.

Tabla 16*Los 5 porqué*

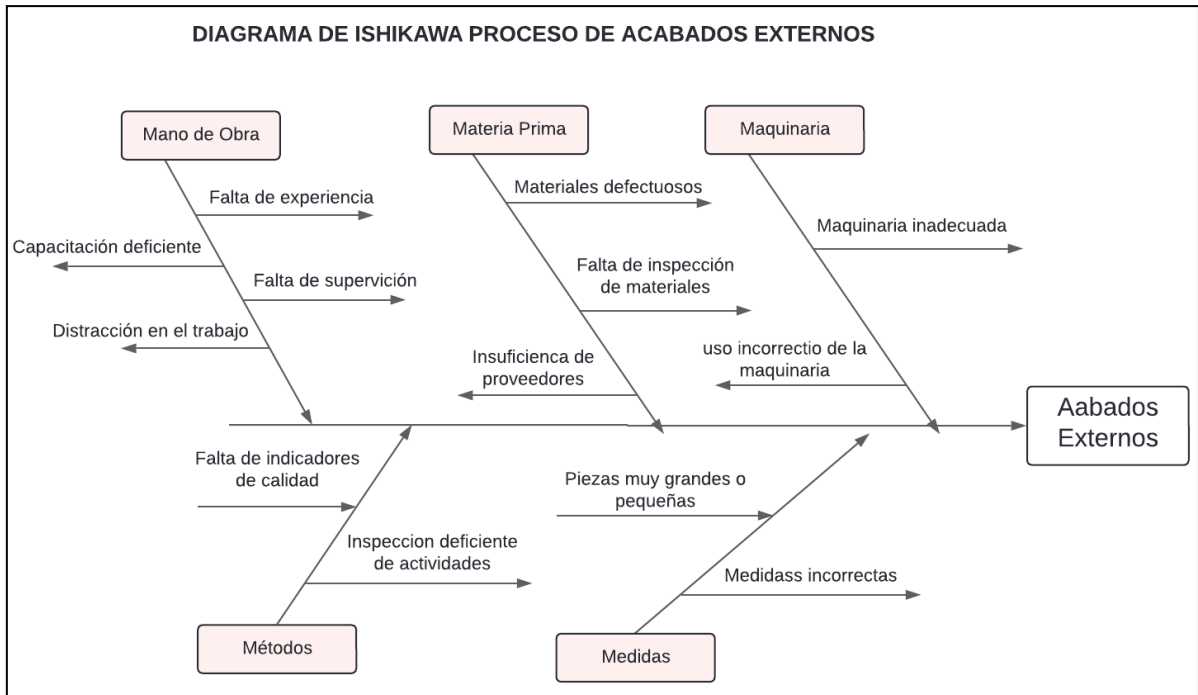
PREGUNTA	RESPUESTA
¿Por qué existe la variabilidad en el proceso de acabados externos?	No se ha dado la importancia respectiva al finalizar cada actividad del proceso
¿Por qué existe mayor incidencia de defectos en los dos subprocesos de lateral derecho y lateral izquierdo?	El subproceso no tiene la debida importancia ni el control de calidad correspondiente.
¿Por qué no se realiza una inspección minuciosa por subproceso?	La inspección se realiza al finalizar todos los procesos.
¿Por qué no se han implementado técnicas y metodologías de calidad	El desconocimiento de metodologías para el control de procesos
¿Porque aplicar la metodología six sigma?	Para reducir los defectos, controlar los procesos y obtener una calidad e imagen opima del producto.

Nota: La tabla muestra los 5 porqué de la investigación. Fuente: Thalía Gunsha.

Después de obtener la Tabla 16 explicando los 5 porqué de la investigación, aplicamos la herramienta estadística que ayudara a identificar las posibles causas del problema el diagrama de Ishikawa mostrado en la figura 15, que permitió determinar las causas de variabilidad que provocan que el proceso sea inestable en las actividades del lateral derecho.

Figura 15

Diagrama de Ishikawa



Nota: En la figura se muestra el diagrama de Ishikawa del proceso de acabados externos.

Fuente: Thalía Gunsha.

Desde el punto de vista del problema el diagrama de Ishikawa y los “5 porqués” coinciden con el problema ya que los dos subprocesos tienen mayor variabilidad con respecto a los otros.

Tabla 17

Metodología DMAIC etapa analizar

Elemento	Detalle
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de causa raíz • Validación de hipótesis
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de producción • Supervisor de procesos • Ingeniero de control de calidad
Entregables	<ul style="list-style-type: none"> • Informe del análisis de causa raíz • Diagramas • Pruebas de hipótesis

Indicadores de éxito

- Diagrama de Ishikawa
 - 5 porqués
 - Cumple normalidad, independencia y homogeneidad de varianza
-

Nota: La tabla muestra la etapa analizar de la metodología six sigma. Fuente: Thalía Gunsha

Etapa de mejorar

Para esta fase se usaron herramientas como las lluvias de ideas que identificaron acciones de mejora que ayudaran a solucionar la variabilidad de los subprocesos mencionados.

Estas alternativas fueron usadas mediante corridas piloto en los subprocesos del proceso de acabados externos. Las propuestas fueron validadas y probadas para obtener un cambio en el proceso, entregando soluciones al problema. Obteniendo resultados a corto plazo y corregir la variabilidad en las variables para realizar un plan de mejora a largo plazo posteriormente.

- Capacitación del personal
- Inspección de subprocesos
- Control de calidad del proceso
- Control de la insumos y maquinaria

En la fase de medición fue necesario establecer un plan de mejora que ayudara al proceso de mejora continua, permitiendo dar un seguimiento y control a las diferentes acciones. Este plan será una decisión estratégica con las alternativas de mejora propuestas y cambios que se deben incorporar en las actividades de los subprocesos con mayor número de defectos dentro de procesos de acabados externos.

Elaboración del plan de mejora

Identificar las áreas de mejora

Anteriormente se identificó los subprocesos que generan mayor cantidad de defectos mediante las hojas de verificación del Anexo A, además se realizó un diagrama de Pareto representado en la Figura 12.

Principales causas del problema

Se detectó las causas que generan mayores defectos en el proceso de acabados externos, donde se determinó mediante un diagrama de causa-efecto presentado en la primera fase

se obtuvo que el lateral derecho y lateral izquierdo presentan un mayor número de defectos en la fabricación de carrocerías para buses.

En la Tabla 18 se detalló con mayor precisión las actividades de los subprocesos mencionados que se han encontrado defectos y las causas.

Tabla 18

Detalle de las actividades del subproceso con mayor cantidad de defectos

ACTIVIDADES DEL SUBPROCESO	MODO DE FALLA POTENCIAL	CAUSAS POTENCIALES
Luces direccionales superiores	Sellado deficiente	No se sellan los espacios de seguros algunos son sellados algunos no
	Exceso de sellador alrededor de las luces	Falta de precisión y control
Luces direccionales inferiores	Sellado deficiente	No se sellan los espacios de seguros algunos son sellados algunos no
	Exceso de sellador alrededor de las luces	Falta de precisión y control
Seguro puerta principal	Mal centrado de chapa	Mala dimensión y precisión
Manillas niqueladas	Mal alineadas	Mala dimensión y precisión
	Raspones	Falta de precaución
Raspones de pintura	Fallas de pintura	Descuido
	Empaques mal colocados	Falta de habilidad
Puerta chofer	Fibras mal selladas	Prisa
Regletas	Mal alineadas	Mala dimensión y precisión
Puerta principal grada retráctil	Medidas erróneas	Distracción y falta de precisión

Nota: La tabla muestra los defectos y las causas que lo originan. Fuente: Thalía Gunsha.

Formulación de objetivos

Al conocer las causas de los problemas en los subprocesos de mejora, se formuló los objetivos y se fijó el tiempo para la ejecución de la etapa de mejorar a corto y largo plazo. El periodo a corto plazo presentará cambios pequeños y leves en los resultados de la disminución de defectos generalmente va desde tres meses hasta un año. Y a largo plazo será tiempo necesario para obtener cambios completos en el proceso que será implementado en los demás procesos en un periodo de tiempo de uno a cinco años. Se propuso los objetivos centrados en la corrección de fallas a corto plazo.

- Reducir el porcentaje de defectos a corto plazo en un 50%.
- Aumentar el nivel de calidad del proceso y del producto
- Registro e inspección adecuada a las actividades de los subprocesos.

Selección de las alternativas de mejora

Al conocer el problema y las causas que los ocasionan la Tabla 19 detalla las acciones de mejora, basados en el problema de las actividades de los subprocesos.

Tabla 19

Alternativas de mejora

Defectos	Alternativas de mejora	Responsables	Herramientas	Periodo de implementación
	Actualizar y mejorar los programas de capacitación	Jefe de producción Gerente Supervisor de calidad	Programas de capacitación teóricas y practicas	Corto plazo
Operarios	Selección del personal	Jefe de producción	Hoja de vida Encuestas Análisis de datos	Corto plazo
	Inspección de subprocesos	Jefe de producción	Chek list, diagramas de Pareto	Corto plazo

				Hojas de verificación	
				Diagramas de Pareto	
	Control de calidad del proceso	de Jefe de producción		Graficas de control DPMO y nivel sigma	Corto plazo
Equipo y maquinaria	Control de la insumos y maquinaria	Supervisor de calidad		Chek list Inspecciones	Corto plazo

Nota: La tabla muestra los detalles de las alternativas de mejora . Fuente: Thalía Gunsha

Análisis de factibilidad

Ayudará a conocer si las propuestas mencionadas anteriormente permitirán el mejoramiento del proceso, juntamente con:

Situación técnica

- Estudio previo con análisis de DPMO, nivel sigma, capacidad del proceso y las oportunidades de falla en cada subproceso.
- Asignar un responsable para verificar y controlar las alternativas de mejora.
- La empresa esta apta para implementar la propuesta de mejora.
- Información clara y verdadera basada en la metodología six sigma.

Situación económica

- La empresa carrocera se comprometió asignar los recursos necesarios para la implementación y seguimiento.

Beneficiarios

- Como primer beneficiario la empresa, mejorando la imagen, calidad y confiabilidad en cada proceso de producción, y como segundo los clientes con un producto de calidad.

Capacitaciones

Las capacitaciones serán actualizadas y mejoradas dirigidas al personal involucrado en el proceso de acabados externos, técnicos, y operadores de producción. Con temas concisos especializados en:

- Materia de procesos de producción
- Especialización en acabados
- Metodología Six Sigma y calidad
- Satisfacción y aceptación del cliente con el producto

Al tratar cada uno de estos temas los capacitadores y personal capacitado es responsable de aplicar correctamente en el área de trabajo asignado, siendo un eje principal para disminuir los defectos y mejorar la calidad del proceso.

Plan operativo de mejoras

Supervisión del trabajo

Para que el plan de control actúe de una forma correcta y satisfactoria se debe tener en cuenta el desempeño de los profesionales que estén a cargo de capacitaciones, inspección, control de calidad, y supervisión. También es necesario planificar correctamente cada paso del proyecto teniendo la responsabilidad de mejora continua de esta manera se cumplirá los parámetros correspondientes a controlar y mejorar la calidad de los subprocesos del proceso de acabados externos y posteriormente implementar a los demás procesos de producción.

La Tabla 20 se propone el cronograma de la aplicación de las alternativas propuestas a corto plazo.

- Capacitación del personal
- Inspección de subprocesos
- Control de calidad del proceso
- Control de la insumos y maquinaria

Tabla 20

Cronograma de aplicación

Oportunidad de mejora	Duración	Diciem.				Enero				Febrero				Responsable
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Capacitación del personal	2 horas 5 días													Jefe de producción
Control de insumos e instrumentos	1 hora 5 días													Jefe de producción

Actualizar el plan de control de calidad	1 horas 3 días																Jefe de calidad
Inspección de subprocesos	2 horas																Jefe de producción Jefe de calidad
Control y verificación del proceso	2 hora																Jefe de producción Jefe de calidad

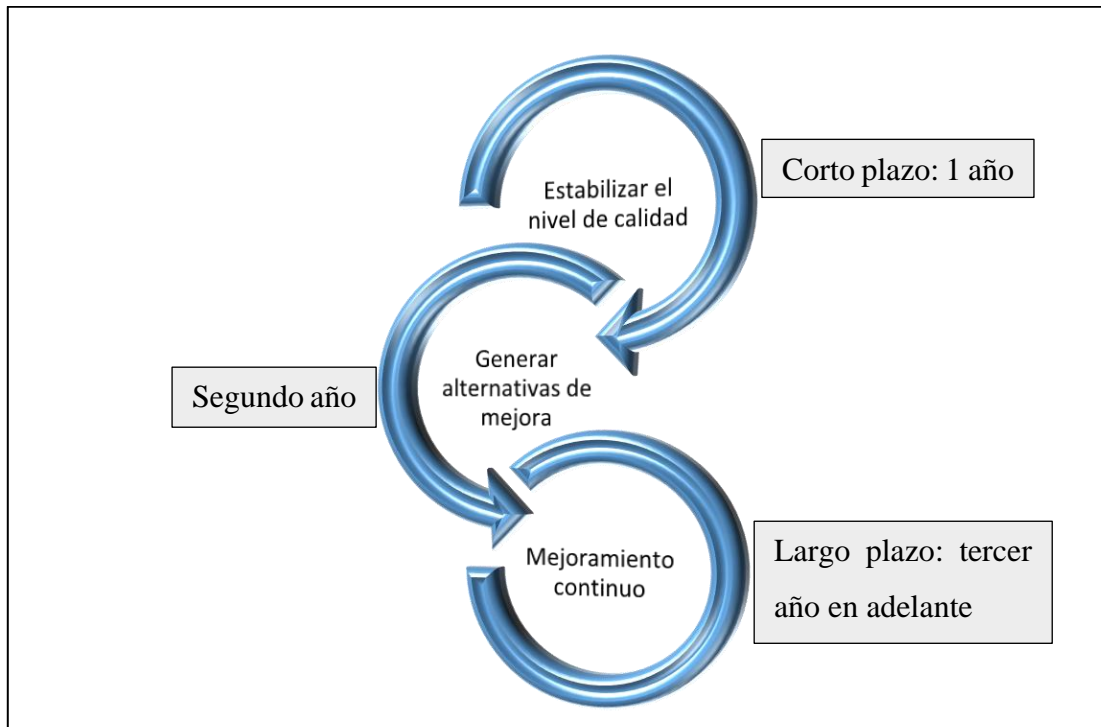
Nota: La tabla muestra los detalles del conograma de aplicación. Fuente: Thalía Gunsha.

Evaluación de la propuesta

Para obtener una mejora continua, la empresa debe mantenerse en movimiento constante para evaluar el desempeño del proyecto. Para ello se propone evaluar anualmente el nivel de calidad y el comportamiento de las variables, no dejando pasar por alto las mejoras necesarias aplicando el segundo año de vida del proyecto si fuese necesario. En el caso de tener el éxito de la implementación inicial se incrementará el nivel de calidad en todos los procesos aplicando a largo plazo de tres años en adelante descrito gráficamente en la Figura 16.

Figura 16

Evaluación de Propuestas



Nota: En la figura se muestra la evaluación de la propuesta. Fuente: Thalía Gunsha

Tabla 21*Metodología DMAIC etapa mejorar*

Elemento	Detalle
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Detalle de los subproceso críticos • Proponer soluciones • Elaboración de propuestas
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de producción • Supervisor de procesos • Ingeniero de control de calidad
Entregables	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de implementación de mejoras • Tiempo y cronograma • Evaluación • Reducción de defectos
Indicadores de éxito	<ul style="list-style-type: none"> • Cronograma de actividades de tiempo del ciclo • Aceptación de los cambios por los operarios • Evaluación de la propuesta

Nota: La tabla muestra la etapa mejorar de la metodología six sigma. Fuente: Thalía Gunsha

Etapa de Control

La principal meta es obtener cambios y buenos resultados con de las acciones de mejora, que sean estables y permanentes dentro del proceso de producción siguiendo los siguientes parámetros:

- La empresa deberá aplicar herramientas de control de calidad útiles para eliminar o disminuir los defectos en los procesos.
- Conocer las herramientas de calidad adecuadas para encontrar las causas que generan los defectos en el proceso.
- Tener un proceso estable libre de defectos y brindar un producto de calidad.
- Satisfacción del cliente al obtener un producto de calidad y por ende mejoramiento de la imagen y prestigio de la empresa.

- Llevar registros de control de defectos que servirán como respaldo y evidencia para implementar acciones de mejora.

IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA

Se aplicó la propuesta y al obtener nuevos datos, con las cartas de control se monitorearon y controlaron las acciones adecuadas a corto plazo. De esta manera el proceso se mantuvo dentro de los límites de control y pudieron ser comparados con los datos anteriores a la aplicación de la propuesta.

Al haber aplicado el plan de mejora tomando todos los puntos con responsabilidad se han tomado datos de los defectos de la primera producción después de la implementación como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22

Registro de defectos- Proceso mejorado

Unidades	Frente	Respaldo	Lateral derecho	Lateral izquierdo	Total defectos por unidad
1	3	1	5	2	11
2	1	1	2	0	4
3	4	1	0	1	6
4	0	1	4	3	8
5	1	1	2	0	4
6	2	0	5	3	10
7	1	1	6	4	12
8	2	0	4	3	9
9	1	1	4	0	6
10	1	2	3	1	7
11	1	0	1	5	7
12	1	0	3	4	8
13	0	1	4	0	5

Nota: La tabla muestra los defectos tomados luego de la aplicación.

Fuente: Thalía Gunsha.

Se calcularon los estadísticos descriptivos de los resultados obtenidos del proceso mejorado con un total de 13 unidades, los cuales son interpretados en la tabla 23.

Tabla 23*Estadísticos descriptivos-Proceso mejorado*

Estadísticos descriptivos										
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Desv. Error
Frente	13	0	4	1,38	1,121	1,256	1,179	,616	1,435	1,191
Respaldo	13	,00	2,00	,7692	,59914	,359	,065	,616	,051	1,191
Lateral_derecho	13	,00	6,00	3,3077	1,70219	2,897	-,449	,616	-,252	1,191
Lateral_izquierdo	13	,00	5,00	2,0000	1,77951	3,167	,210	,616	-1,425	1,191
Totall_defectos	13	4,00	12,00	7,4615	2,53691	6,436	,324	,616	-,727	1,191
N válido (por lista)	13									

Nota: La tabla muestra los estadísticos descriptivos de los defectos del proceso mejorado.

Fuente: Thalía Gunsha

Se evidenció que en promedio las actividades del lateral derecho y lateral izquierdo disminuyeron a un 3 y 2 defectos significativamente, que fueron los procesos con mayor problema en la calidad antes de la implementación de la metodología.

En general se determinó que existen entre 4 y 12 defectos dentro del proceso de acabados externos con una dispersión en torno a la media de 3 defectos.

Se demostró que los defectos están concentrados en el extremo izquierdo de la distribución con una curva de asimetría positiva. Con un coeficiente de kurtosis platicurtiva es decir que existe una baja concentración de los defectos registrados.

Prueba de normalidad

Se realizó una prueba de normalidad a través del test de Shapiro-Wilk para datos menores a 50 y se comprueba a través de una prueba de hipótesis.

Planteamiento de la Hipótesis

H_0 = Los defectos del proceso de acabados externos después de la aplicación siguen una distribución normal.

H_0 = Los defectos del proceso de acabados externos después de la aplicación no siguen una distribución normal.

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Estadístico de Prueba

Prueba de Shapiro-Wilk

Regla de Decisión

Si $p - value > valor \alpha$ No se rechaza H_0

Si $p - value < valor \alpha$ Se rechaza H_0

Tabla 24

Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Total defectos	,111	13	,200*	,959	13	,739

Nota: La tabla muestra la prueba de normalidad del proceso de acabados externos después de la aplicación. Fuente: Thalía Gunsha.

Si $0.739 > 0.05$ No se rechaza H_0

Conclusión

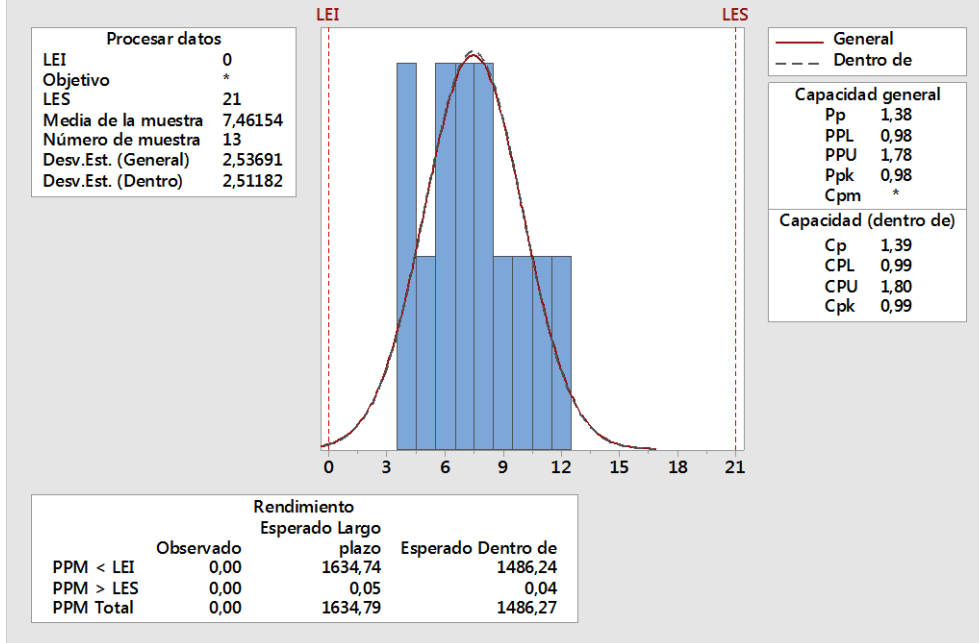
Mediante una prueba de normalidad como muestra la Tabla 24. Se obtuvieron un valor p de 0.730 mayor al nivel de significancia, por ende, existe suficiente evidencia para no rechazar la hipótesis nula, y se concluyó que los defectos registrados después de la aplicación de la metodología en el proceso de acabados externos en la fabricación de buses siguen una distribución normal.

Índice de capacidad del proceso

Figura 17

Capacidad del proceso después de la aplicación DMAIC

Informe de capacidad del proceso de defectos mejorado



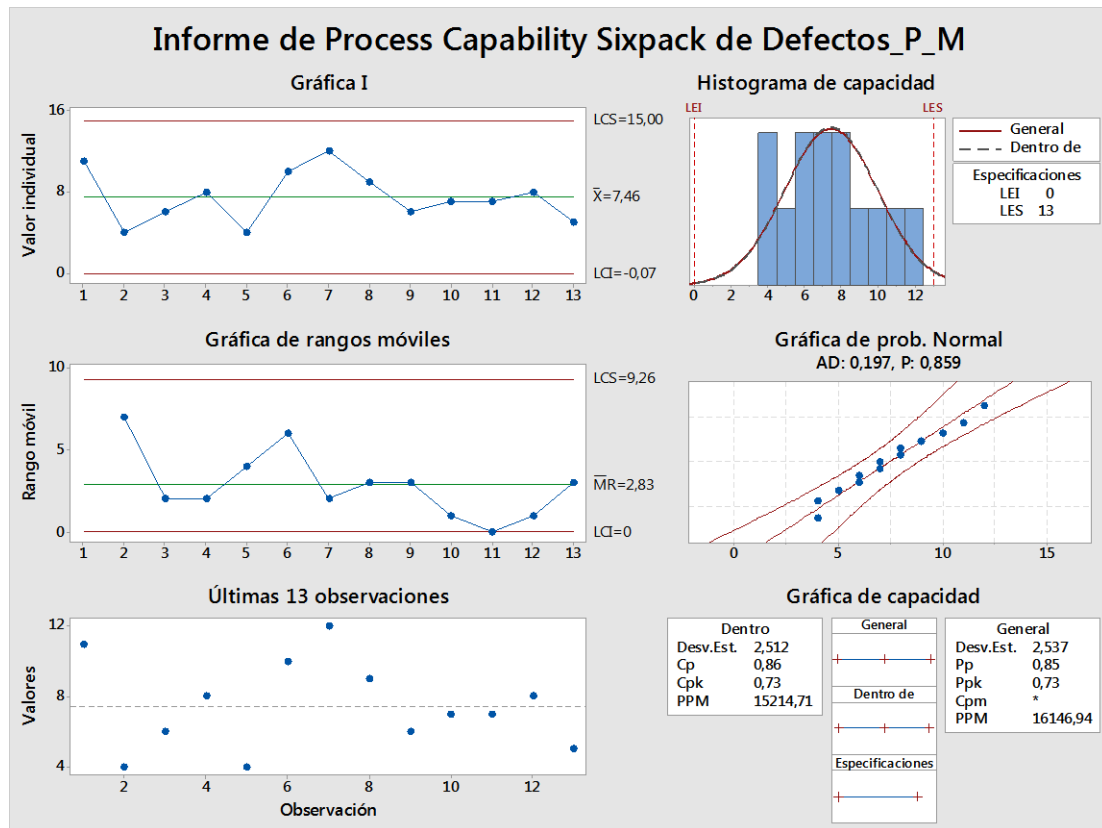
Nota: En la figura se observa el índice de capacidad del proceso mejorado.

Fuente: Thalía Gunsha.

En la Figura 17 se observó que los índices de capacidad el proceso ha mejorado de manera relativa. Obteniendo un mejor ajuste de los datos con una capacidad de proceso de clase 1 de calidad con un proceso adecuado. Es decir que al aplicar la metodología propuesta se obtuvo una mejoraría significativa en la reducción de defectos con procesos estables.

Figura 18

Capacidad del proceso después de la aplicación DMAIC Sixpack

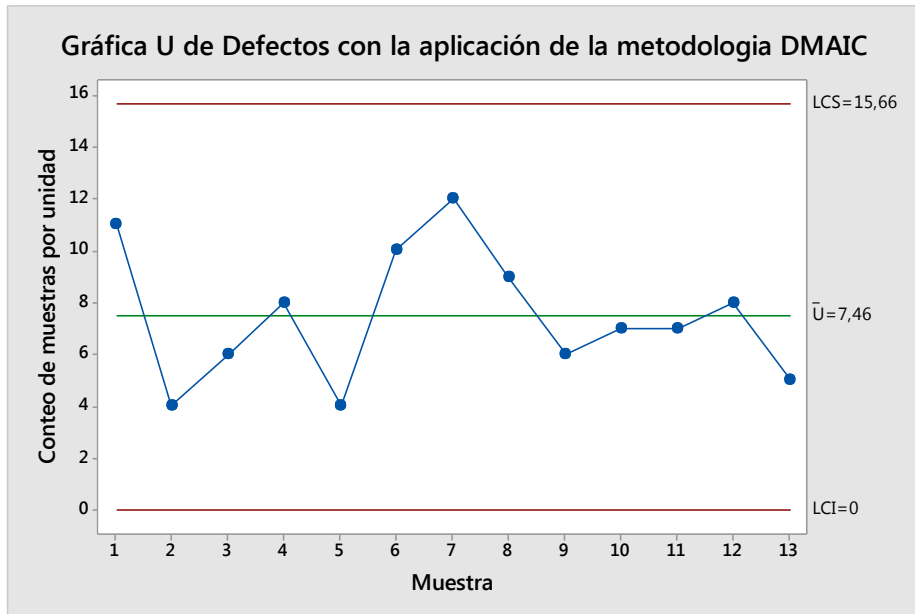


Nota: En la figura se detalla el informe de capacidad del proceso mejorado mediante sixpack. Fuente: Thalía Gunsha.

A través del informe de la capacidad del proceso después de la aplicación de la metodología DMAIC se observó que tanto en la Figura 18 y 19. Presentan un proceso estable sin puntos fuera de los límites de control. Se corrobora que los defectos registrados después de la implementación de la metodología siguen una distribución normal.

Figura 19

Gráfica de control U



Nota: En la figura se detalla el informe de capacidad del proceso mejorado mediante sixpack. Fuente: Thalía Gunsha.

Se calculó el nivel sigma mejorado y se comprueba en la Tabla 24 que después de la aplicación de a metodología DAIC de six sigma, mejora significativamente en los cuatro subprocesos del proceso de acabados externos en la fabricación de buses.

Tabla 25

Nivel sigma mejorado

Subproceso	Número de unidades	Número de defectos	Número de Oportunidades	Total de defectos por unidades DPO	DPMO	Nivel sigma
<i>Frente</i>	13	18	16	0,086538462	86538,4615	2,86
<i>respaldo</i>	13	10	13	0,059171598	59171,5976	3,06
<i>lateral derecho</i>	13	43	14	0,236263736	236263,736	2,22
<i>lateral izquierdo</i>	13	26	14	0,142857143	142857,143	2,57
TOTAL DEFECTOS	13	97	57	0,130904184	130904,184	2,62

Nota: La tabla muestra el nivel sigma mejorado del proceso de acabados externos después de la aplicación. Fuente: Thalía Gunsha

Meta alcanzada

Después de la implementación de la metodología DMAIC en todas sus cinco fases se comparó los resultados en la Tabla 25.

Tabla 26

Nivel sigma actual vs mejorado

PROCESO	Situación actual NIVEL SIGMA σ	Situación Mejorada NIVEL SIGMA σ	Valor de sigma mejorado
Frente	2,53	2,86	0.33
Respaldo	2,44	3,06	0.62
Lateral Derecho	1,73	2,22	0.49
Lateral Izquierdo	1,95	2,57	0.62
Proceso de fabricación de acabados externos	2,13	2,62	0,49

Nota: La tabla muestra los valores del nivel sigma antes y después de la aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de acabados externos. Fuente: Thalía Gunsha.

Al aplicar un control de calidad Six Sigma con metodología DMAIC. Se puede observar que en el subproceso de respaldo el nivel sigma se incrementó de 2,44 a 3,06 obteniendo un aumento de capacidad de proceso de 0.62 y al pasar de 2 a 3 sigma se obtuvo un 78% de reducción de defectos. El subproceso de frente el nivel sigma se incrementó de 2,53 a 2,86 obteniendo un aumento de capacidad de proceso de 0.33, en el subproceso del lateral derecho el nivel sigma se incrementó de 1,73 a 2,22 obteniendo un aumento de capacidad de proceso de 0.49, y finalmente en el subproceso de lateral izquierdo el nivel sigma se incrementó de 1,95 a 2,57 obteniendo un aumento de capacidad de proceso de 0.62.

Tabla 27

Metodología DMAIC etapa controlar

Elemento	Detalle
Actividades	<ul style="list-style-type: none">• Desarrollo del plan de control• Capacitación del personal• Aplicación de la metodología constantemente
Responsables	<ul style="list-style-type: none">• Gerente de producción

Entregables	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisor de procesos • Ingeniero de control de calidad • Plan de control • Reportes de seguimiento • Toma de nuevos datos después de la implementación
Indicadores de éxito	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación del sigma anterior vs el sigma mejorado • Mejoramiento a largo plazo

Nota: La tabla muestra la etapa mejorar de la metodología six sigma. Fuente: Thalía Gunsha

Se concluye que una correcta aplicación de la metodología a corto plazo incrementa el nivel de calidad de 2,13 a 2,62 luego de la aplicación en el proceso de acabados externos, teniendo en claro que para alcanzar un nivel Six Sigma hay que trabajar y mejorar a largo plazo para obtener resultados satisfactorios no solo en el proceso de acabados externos sino en todos los procesos de fabricación de esa forma garantizar la calidad del producto.

4.2. Discusión

El trabajo de investigación revela la situación de calidad actual de una empresa dedicada a la fabricación de carrocerías de buses, siendo importante conocer los subprocesos con mayor número de defectos dentro del proceso de acabados externos y el conocimiento sobre la metodología de aplicación. Partiendo de la información proporcionada por los trabajadores que pertenecen al área de acabados externos (13 trabajadores), mediante una encuesta ver Anexo D, se determina que el 100% de los trabajadores no tienen conocimiento sobre la metodología Six Sigma y el ciclo DMAIC, y se ve la necesidad de proporcionar información para que la propuesta tenga resultados favorables además se pretende entender las causas que provocan los defectos en el proceso. (Pastor, 2019) recalca que al entender la información proporcionada por el personal involucrado en cada actividad del proceso es útil para entender las posibles oportunidades de mejora ayudando a interpretar que variables y parámetros deben ser medidos para encontrar el nivel de calidad actual, con el fin de desarrollar de mejor manera la metodología Six Sigma.

Se realiza un mapa de procesos de la empresa que permite identificar las actividades que se desarrollan dentro de la empresa ya sea para mejorar, cambiar o eliminar. Además, se

usan herramientas de calidad que son útiles para la aplicación de la metodología que se comparte los criterios con el autor (Calla, 2023).

Se realizó un estudio inicial de la empresa y un análisis exploratorio de los defectos encontrados durante el proceso, para posteriormente generar propuestas de mejora en el proceso de producción de acabados externos. Al conocer las principales causas que provoca que el proceso sea deficiente fue necesario aplicar herramientas de control de calidad como: a) Hojas de verificación: ayuda a registrar los defectos ocasionados en el subproceso. b) Diagramas de Pareto: se aplica para identificar las principales causas y el subproceso con mayor problema. c) Diagrama de Ishikawa: que determina las causas de variabilidad que provocan que el proceso sea inestable.

La metodología Six Sigma a través del ciclo DMAIC, permite reducir los defectos encontrados en las actividades del proceso de producción de acabados externos de la empresa, demostrando que se ha tomado los datos de 24 buses fabricados en la empresa en un periodo de tiempo de cuatro meses, los defectos se analizaron y cumplieron normalidad y los supuestos correspondientes.

Se detectó que el bus número uno es un dato atípico, fue analizado y sacado del estudio y de esta manera con 23 buses con un total de 345 defectos, se obtiene un rendimiento de 73,68% en el proceso de acabados externos con un nivel de sigma de 2,1. Es decir que existe un 26,32% de oportunidades de mejora en la investigación.

Para aplicar la metodología Six Sigma-DMAIC en sus cinco etapas (definir, medir, analizar, mejorar, controlar) se mostró que los subprocesos con oportunidades de mejora son el lateral derecho y lateral izquierdo, demostrado por un diagrama de Pareto muestra que el 80% de los defectos ocasionados provienen del 20% de las causas con un proceso no estable. Lo cual se contrasta con lo dicho por (Felizzola et al., 2023) que indica que es importante realizar el análisis del diagrama de Pareto porque es el primer paso para enfocar las mejoras en el proceso de producción, identificando las operaciones con mayores problemas de calidad.

Con ello se procedió a realizar un plan de mejora a corto plazo teniendo en cuenta todos los aspectos necesarios. Se pretende que la implementación ayudará a la empresa a reducir significativamente en un 50% los defectos en el proceso con un nivel de sigma aceptable, de esta manera brindar al cliente un producto de calidad.

Se aplicó el ciclo DMAIC completando sus cinco etapas con un plan de implementación para mejorar el nivel de calidad en el proceso de acabados externos a corto plazo con un periodo de 3 meses.

Después del tiempo de aplicación del plan de mejora se analizaron los nuevos datos de los defectos encontrados, donde se obtuvo un del nivel de calidad de 2,62 incrementando en 0,49 la calidad en el proceso de acabados externos, cabe recalcar que la aplicación de mejora se realizó a corto plazo teniendo resultados favorables porque no existían metodologías de calidad dentro de los procesos.

Se debe tener en claro que para alcanzar un nivel Six Sigma hay que trabajar y mejorar a largo plazo es decir varios años como mínimo 3 años en adelante coincidiendo con lo mencionado con (Gutiérrez y Salazar, 2009, p. 112). Para obtener resultados satisfactorios en los procesos de producción hay que aplicar correctamente y dar seguimientos a la metodología de calidad Six Sigma, coincidiendo con lo reportado por (Tierra Pérez et al., 2018) quienes concluyen que al aplicar la metodología Six Sigma, los procesos han sido exitosos, en los dos puntos críticos encontrados se pudo incrementar significativamente el nivel de calidad en los procesos mejorando la calidad y confiabilidad del producto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La metodología Six Sigma a través de su ciclo DMAIC, permitió conocer, evaluar y optimizar la calidad del proceso de acabados externos de la empresa carrocera, ayudando a minimizar y eliminar las causas raíz de las actividades del proceso de acabados externos mejorando la imagen y calidad en la fabricación de buses. Elevando el nivel sigma y una eficiencia global de 86,4% con un DPMO de 130904.
- El análisis de las actividades del proceso de acabados externos en la producción de carrocerías de buses permitió identificar los principales defectos que afectan la calidad del producto final.
- Se encontró problemas recurrentes relacionados con los acabados de lateral derecho y lateral izquierdo, mismos, que se originan debido a variaciones en las técnicas de aplicación, condiciones ambientales inadecuadas y fallas en el mantenimiento de los equipos utilizados.
- Se concluye que las actividades del proceso y los defectos asociados siguen una distribución normal y cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas e independencia. Se logró identificar las principales causas de variabilidad que afectaban la calidad del acabado, teniendo un nivel de sigma de calidad inicial del proceso de acabados externos de $2,13\sigma$, dando una eficiencia global de 72.6%; es decir que no todas las actividades dentro del proceso de acabados externos tienen la misma eficiencia, de esta manera se evidencia que afecta de una manera directa al nivel de calidad del proceso.
- De acuerdo con el indicador de calidad, se evidenció el problema se fijaron los objetivos y alcances útiles para desarrollar las actividades propuestas evidenciando que en un periodo de tiempo de corto plazo de 3 meses y una correcta aplicación de la metodología Six Sigma se obtuvo un incremento del nivel de calidad de 2,13 a 2,62 y un DPMO de 263157,895 inicial y un DPMO de 13094 mejorado con un incremento de 0.49 del nivel sigma en el proceso de acabados externos.
- Se concluye que a corto plazo existió un incremento significativo, debido a que la empresa usa por primera vez las herramientas y metodologías para medir la calidad de procesos, y cabe recalcar que a la siguiente evaluación no será tan

significativo el incremento del nivel sigma, sino durante el transcurso de los años y la buena aplicación.

5.2.Recomendaciones

- Para lograr resultados positivos y tangibles al aplicar la metodología Six Sigma, se necesita del apoyo y el compromiso de todos los profesionales que forman parte del proyecto para lograr el nivel de sigma propuesta y mantener una buena eficiencia global no solo en el proceso de acabados externos sino en todos los procesos de producción en la fabricación de carrocerías para buses. De esta manera se elevaría el nivel de calidad del producto y la confiabilidad de la empresa en el mercado competitivo.
- Para identificar con mayor precisión las fallas, es necesario realizar una inspección por subproceso concluido e implementarlo con herramientas estadísticas útiles para la verificación y toma de defectos.
- Se recomienda realizar controles estadísticos de exploración de las variables para tener un monitoreo constante del comportamiento de cada subproceso recomendando utilizar herramientas de calidad para el control del proceso.
- Es recomendable aplicar la metodología Six Sigma mediante el ciclo DMAIC con el plan descrito a todos los procesos de producción de tal forma que pueda ser controlado y repetido a corto plazo es decir un año y mantener el mejoramiento continua a largo plazo a partir de tres años para alcanzar el nivel de calidad de seis sigma con 3,4 defectos por millón de unidades es decir el 99,99% de eficiencia global.

REFERENCIAS

- Calderón, J. (2020). *Universidad Ricardo Palma escuela de posgrado*.
<http://repositorio.urap.edu.pe/handle/20.500.14082/14481>
- Calla, M. (2023). *Análisis de la aplicación de metodología DMAIC en procesos de producción de una empresa de alimento Analysis of the application of DMAIC methodology in production processes of a food company*. 6907–6932.
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/4944>
- Congacha, J. (2016a). *Estadística aplicada a la educación* (Tomo 1).
<https://repositorio.esPOCH.edu.ec/jspui/handle/123456789/31761>
- Costa, J., Lopes, I. y Brito, J. (2019). *Six Sigma application for quality improvement of the pin insertion process*. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1592–1599.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.126>
- Falero, E. y Tafur, G. (2021). *Implementación de la metodología six sigma para mejorar la productividad de la empresa american mechanic motors E.I.R.L* (2020). *Facultad de ingeniería*.
- Fariña, B. y González, Y. (2015). *Gestión Estratégica De La Calidad*. (pp. 291-292-293-294-295-296-297-298–299).
- Felizzola, H., Hualpa, A., Arango, C., Rodríguez, J. y Rodríguez, M. (2023). *Aplicación de Seis Sigma para la Reducción de Defectos en la Fabricación de Muebles de Madera en una PYME Dirección y Organización*. 81, 52–68.
- Gutiérrez, H. y Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma* (Segunda e). (pp. 291-292)
- Hernandez, R., Fernandez, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*.
- INEN. (2016). *2016-028 Página 1 de 25*. 15. <https://www.normalizacion.gob.ec>
- Marquéz, F. (2020). *Manual de inspección de carrocerías de buses*. *Facultad de ciencia y tecnología*.
- Moreta, M. (2015). *Revista Líderes*. <https://www.revistalideres.ec/lideres/empresas-carroceras-buses-certificacion-agencia.html>
- Olarte C, y Botero A., (2010). *Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción*. Pg.16, 354–356. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/118371>
- Pastor, L. (2019). *Propuesta de mejora del proceso de producción aplicando la metodología six sigma para reducir defectos en la empresa RMB sateci s.a.c*.

- Peña, D. (2002). Analisis de Datos Multivariantes. In *McGraw-Hill, Madrid*
<https://doi.org/doi.org/10.33386/593dp.2020.6-1.324>
- Pilco, M. (2016). *Control estadístico de calidad de los procesos productivos mediante la metodología six sigma en la empresa carrocera patricio cepeda.*
<https://repositorio.esPOCH.edu.ec/jspui/handle/123456789/31761>
- Rendón, H. (2013). *Control estadístico de calidad* (Vol. 6, Issue 15). [Universidad Estatal de Milagro]. <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/5263>
- Santos, V. (2022). *Tecnológico nacional de México instituto tecnológico de tijuana.*
- Tierra, L., Novillo, G. y Aquino, S. (2018). *Mejora de la calidad de los procesos en la sección de estructuras con metodología Seis Sigma.* 37–56. [Universidad Regional Autónoma de los Andes “UNIANDÉS”]. <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/4167>

ANEXOS

Anexo A: Hojas de verificación

HOJA DE IDENTIFICACIÓN DE FALLAS							
Procesos de fabricación	Acabados Externos					IMPACTO	
Parte de la carrocería	Actividad	SI	NO	Número de fallas	Observaciones	Gravedad Estetica	Gravedad Funcional
Frente	Faros G7 o G8						
	Banana direccional pequeña						
	Banana central						
	Neblinero cromáticos						
	Parabrisas						
	Plumas						
	Poma de agua y plumas						
	Regilla de guardachoque						
	Persiana						
	neblineros originales						
	Bigote G8 o Mascarilla G7						
	Espejos retrovisores						
	Ojos de buey						
	Viseras						
	Sellos y emblemas						
	Placas						
	Catadióptricos						
Roses de pintura							

HOJA DE IDENTIFICACIÓN DE FALLAS

Procesos de fabricación		Acabados Externos				IMPACTO	
Parte de la carrocería	Actividad	SI	NO	Número de fallas	Observaciones	Gravedad Estetica	Gravedad Funcional
Respaldo	Faros posteriores						
	Parabrisas posterior						
	Luces stop esquineras						
	Luces stop guardachoques						
	Banana central roja						
	Banana central pequeña roja						
	Luces placa						
	Triangulo led						
	Cámara retro						
	Chapa puerta posterior						
	Sellos y emblemas						
	Placa						
	Roce de pintura						

HOJA DE IDENTIFICACIÓN DE FALLAS

Procesos de fabricación		Acabados Externos				IMPACTO	
Parte de la carrocería	Actividad	SI	NO	Número de fallas	Observaciones	Gravedad Estetica	Gravedad Funcional
Lateral derecho	llantas niqueladas con tapacubos						
	Luces direccionales superiores						
	Luces direccionales inferiores						
	Nebliero retro						
	Puerta principal grada retractil						
	Ventanas y ventoleras						
	Seguro puerta principal						
	Ventana puerta principal						
	L niquelada						
	Regletas						
	Catadióptrico G7						
	Manillas niqueladas						
	Roce de pintura						

HOJA DE IDENTIFICACIÓN DE FALLAS

Procesos de fabricación		Acabados Externos				IMPACTO	
Parte de la carrocería	Actividad	SI	NO	Número de fallas	Observaciones	Gravedad Estetica	Gravedad Funcional
Lateral izquierdo	llantas niqueladas con tapa cubos						
	Luces direccionales superiores						
	Luces direccionales inferiores						
	Nebliero retro						
	Puerta chofer						
	Ventanas y ventoleras						
	Seguro puerta chofer						
	Ventana puerta chofer						
	L niquelada						
	ventolera camarote						
	Regletas						
	Catadióptrico G7						
	Escape						
	Tapa Filtro						
	Roce de pintura						

Anexo B: Tabla de valores de sigma

Sigma	DPMO	YIELD	Sigma	DPMO	YIELD
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			

Universidad Politécnica Estatal Del Carchi

Posgrados

Maestría en Sistema de Gestión de Calidad con mención a procesos Estadísticos

Objetivo: Conocer la eficiencia de las actividades del proceso de acabados externos, para mejorar la calidad y satisfacción del cliente.

Instrucciones: marque con una X donde considere adecuado y escriba en las preguntas abiertas.

1. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la empresa?

Menos de 1 año

1-3 años

4-6 años

De 6 años a mas

2. ¿Qué actividad/ actividades realiza con mayor frecuencia dentro del proceso de acabados externos ?

3. ¿Con qué frecuencia experimenta dificultades para completar el proceso de acabados externos ?

Nunca

A veces

Frecuentemente

Siempre

4. ¿Cuál de los siguientes factores considera usted que ocasionan defectos en el proceso de acabados externos?

En caso de que su respuesta sea **Otros** por favor especifique en la siguiente pregunta

Falta de herramientas adecuadas de control de calidad

Capacitación deficiente

Maquinaria defectuosa

Falta de insumos

Otros

4.1. Descripción de otros factores

5. Como califica usted la calidad del proceso de acabados externos

1

2

3

4

5

6. ¿ Ha tenido que hacer reprocesos en alguna actividad de acabados externos?

En caso de que su respuesta sea **si** responda la pregunta 7

si

no

7. ¿ Con que frecuencia?

Diaria

Semanal

Mensual

Trimestral

Semestral

8. Desde su punto de vista, cuáles serían las principales causas que ocasionan los defectos de los acabados externos .

9. ¿Tiene usted conocimiento sobre la metodología six sigma?

si

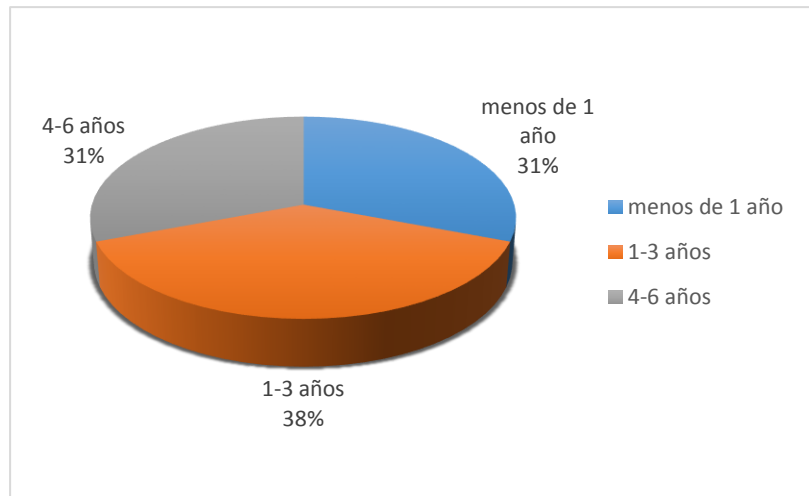
no

10. Escriba en que consiste la metodología Six sigma

Anexo D: Resultados de la encuesta

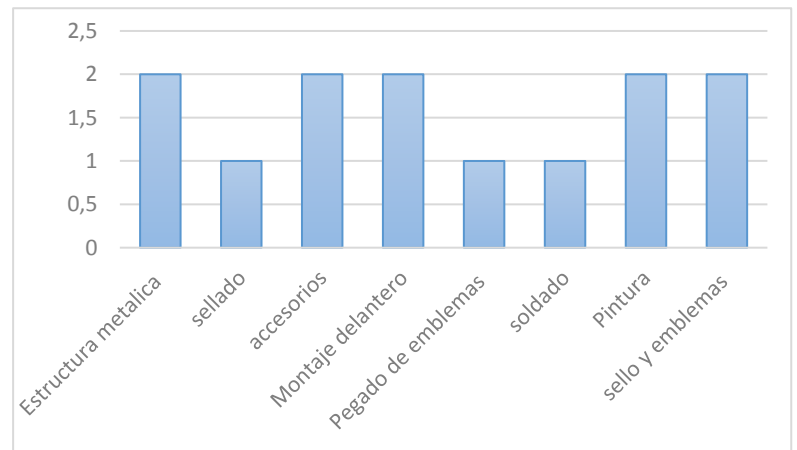
1.¿ Cuánto tiempo lleva trabajando en la empresa?

Pregunta 1	Frecuencia
menos de 1 año	4
1-3 años	5
4-6 años	4
Total	13



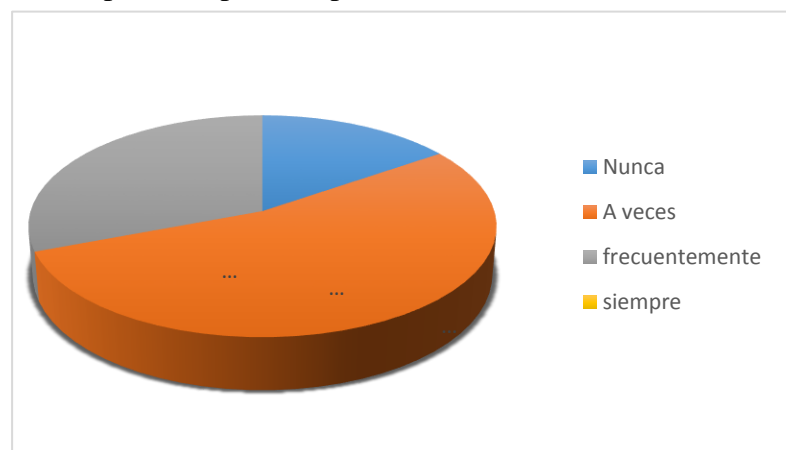
2.¿Qué actividad / actividades realiza con mayor frecuencia dentro del proceso de acabados externos ?

Pregunta 2	Frecuencia
Estructura metálica	2
sellado	1
accesorios	2
Montaje delantero	2
Pegado de emblemas	1
soldado	1
Pintura	2
sello y emblemas	2
Total	13



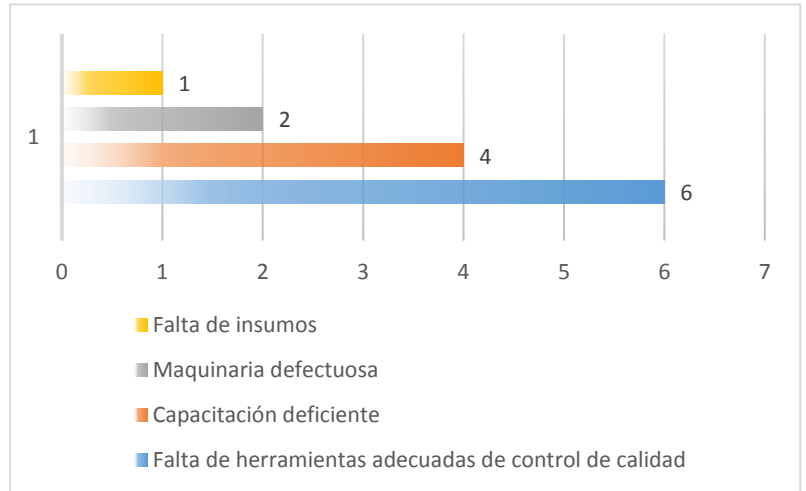
3.¿ Con que frecuencia experimenta dificultad para completar el proceso de acabados externos?

Pregunta 3	Frecuencia
Nunca	2
A veces	7
frecuentemente	4
siempre	0
Total	13



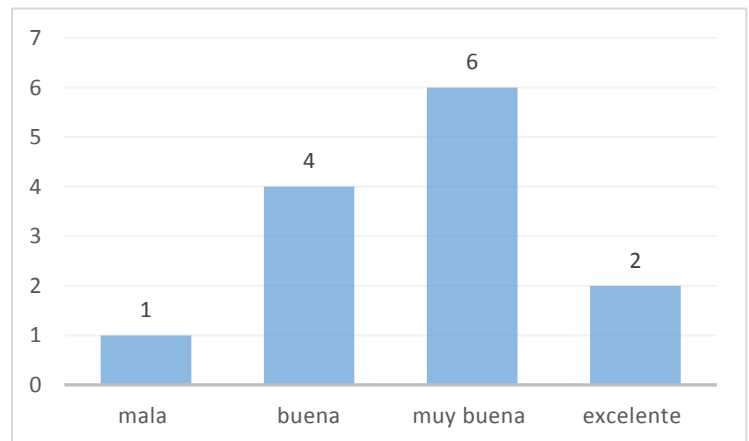
4.¿Cuál de los siguientes factores considera usted que ocasionan defectos en el proceso de acabados externos?

Pregunta 4	Frecuencia
Falta de herramientas adecuadas de control de calidad	6
Capacitación deficiente	4
Maquinaria defectuosa	2
Falta de insumos	1
Total	13



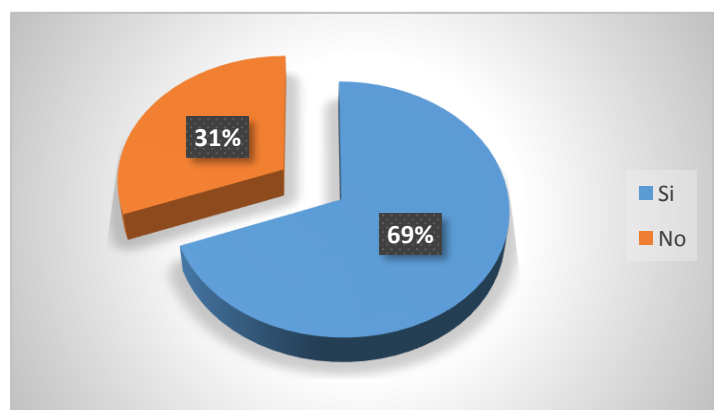
5.¿Cómo califica usted la calidad del proceso de acabados externos?

Pregunta 5	Frecuencia
Muy mala	0
	1
	4
	6
Excelente	2
Total	13



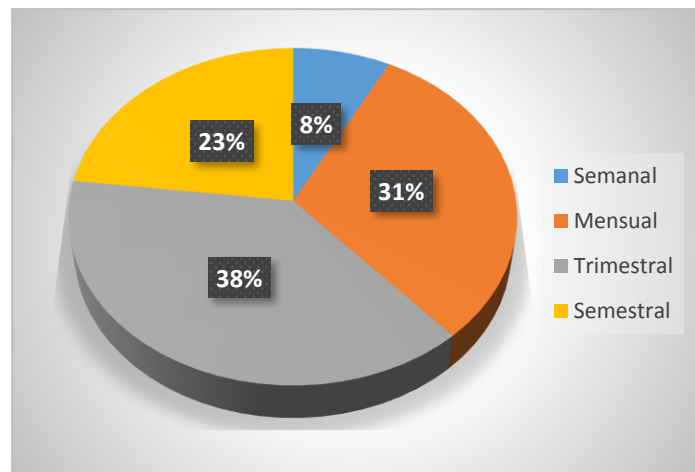
6.¿Ha tenido que realizar reprocesos en alguna actividad del procesos de acabados externos?

Pregunta 6	Frecuencia
Si	9
No	4
Total	13



¿ Con que frecuencia ?

Pregunta 7	Frecuencia
Diaria	0
Semanal	1
Mensual	4
Trimestral	5
Semestral	3
Total	13

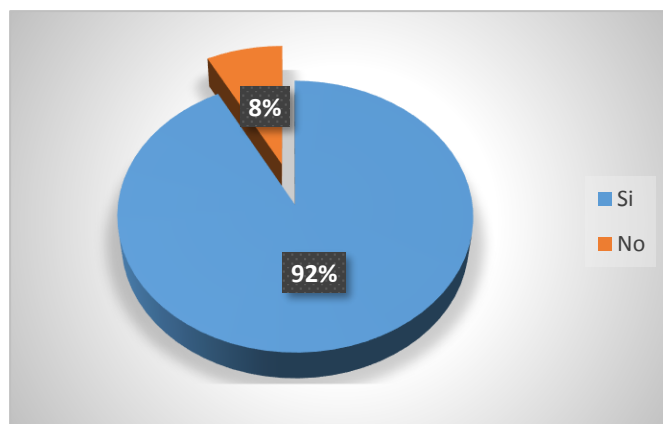


7.Desde su punto de vista, cuáles serían las principales causas que ocasionan los defectos en los acabados externos.

- El tiempo
- Materiales de baja calidad
- Material inadecuado
- Mal manejo de los instrumentos de trabajo
- Falta de inspección en cada actividad del subproceso
- El tiempo
- Falta de inspección por proceso
- Prisa en terminar

8.¿Tiene usted conocimiento sobre la metodología Six sigma?

Pregunta 9	Frecuencia
Si	12
No	1
Total	13



9. Escriba en que consiste la metodología six sigma

Respuesta: La metodología consiste en mejorar la calidad en los procesos de producción

Anexo E: Validación de Instrumentos



UNIVERSIDAD POLITECNICA
ESTATAL DEL CARCHI



**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS**

Estimado profesional, usted ha sido elegido a participar en el proceso de evaluación del instrumento de investigación.

Agradecemos de antemano sus aportes que permitirán validar el instrumento y obtener información válida, criterio requerido para la investigación. A continuación, le presentamos una lista de cotejo, sírvase analizar y cotejar el instrumento de investigación cuyo objetivo es “Influencia de la metodología six sigma en los procesos de producción en la sección de acabados externos en carrocerías de buses en una empresa carrocera”, le solicitamos en base a su criterio y experiencia profesional, validar el presente instrumento para su aplicación.

Para cada criterio se debe considerar la siguiente escala.

1 Muy Poco	2 Poco	3 Regular	4 Aceptable	5 Muy aceptable
------------	--------	-----------	-------------	-----------------

CRITERIO DE VALIDEZ	PUNTUACIÓN					ARGUMENTO	OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS
	1	2	3	4	5		
Validez de contenido					x		
Validez de criterio metodológico					x		
Validez de intención y objetividad de medición y/o observación					x		Las preguntas tienen la perspectiva del trabajador, si pudieran agregar la perspectiva del encargado o gerente del lugar, creo que puede darles información interesante
Las preguntas responden a los objetivos de investigación				x		En la pregunta 3, Creo que va a ganar el frecuentemente	Pregunta 3: Podría sugerir que se pregunte la causa del atraso, puede ir ligada



**VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
JUICIO DE EXPERTOS**

Estimado profesional, usted ha sido elegido a participar en el proceso de evaluación del instrumento de investigación.

Agradecemos de antemano sus aportes que permitirán validar el instrumento y obtener información válida, criterio requerido para la investigación. A continuación, le presentamos una lista de cotejo, sírvase analizar y cotejar el instrumento de investigación cuyo objetivo es "Influencia de la metodología six sigma en los procesos de producción en la sección de acabados externos en carrocerías de buses en una empresa carrocera", le solicitamos en base a su criterio y experiencia profesional, validar el presente instrumento para su aplicación.

Para cada criterio se debe considerar la siguiente escala.

1 Muy Poco	2 Poco	3 Regular	4 Aceptable	5 Muy aceptable
------------	--------	-----------	-------------	-----------------

CRITERIO DE VALIDEZ	PUNTUACIÓN					ARGUMENTO	OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS
	1	2	3	4	5		
Validez de contenido				4		Cubre el objetivo general, pero falta mayor énfasis en la metodología Six Sigma. Según (Mata-López, W. A., Juárez-Hernández, L. G., Tobón, S., & Montesinos-López, O. A. (2021). Análisis de validez de constructo y confiabilidad de dos instrumentos para evaluar las actividades de orientación profesigráfica. Revista Española de Orientación y Psicopedagogía, 32(2), 47-68.), la validez de contenido requiere que las preguntas aborden todos los aspectos del fenómeno	Ejemplo de mejora: Agregar una pregunta como '¿Cómo aplicas los principios de Six Sigma en tu labor diaria?'
Validez de criterio metodológico				4		La estructura es adecuada, pero algunas preguntas podrían precisar más detalles. Según (Maldonado-Suárez, N., & Santoyo-Telles, F. (2024). Validez de contenido por juicio de expertos: integración cuantitativa y cualitativa en la construcción de instrumentos de medición. REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 17(2).), una encuesta efectiva debe minimizar la	Ejemplo de mejora: Reformular la pregunta 4 para incluir opciones más detalladas y específicas sobre los defectos en los acabados externos.



					ambigüedad en la formulación de preguntas.	
Validez de intención y objetividad de medición y/o observación			4		Algunas preguntas pueden ser subjetivas o ambiguas. De acuerdo con (Rahman, M. A., Dhira, T. A., Sarker, A. R., & Mehareen, J. (2022). Validity and reliability of the Patient Health Questionnaire scale (PHQ-9) among university students of Bangladesh. PloS one, 17(6), e0269634.), las preguntas deben ser formuladas de manera que permitan obtener respuestas precisas y replicables.	Ejemplo de mejora: En lugar de '¿Cuál de los siguientes factores ocasionan defectos?', podría decir 'De los siguientes factores, ¿cuál ha afectado directamente su desempeño?'
Las preguntas responden a los objetivos de investigación			4		No hay suficiente vinculación explícita entre las preguntas y el objetivo del estudio. Según (Babbie, E. R. (2020). The practice of social research. Cengage), una encuesta debe reflejar fielmente los objetivos de la investigación para garantizar su validez.	Ejemplo de mejora: Incluir una pregunta como '¿En qué medida considera que la metodología Six Sigma ha mejorado los acabados externos?'
Total parcial			16			
TOTAL			16			

PUNTUACIÓN

De 4 a 11: No Válida Reformular	<input type="checkbox"/>
De 12 a 14: No Válida Modificar	<input type="checkbox"/>
De 15 a 17: Válida mejorar	<input checked="" type="checkbox"/>
De 18 a 20: Válida Aplicar	<input type="checkbox"/>

Nombres y apellidos	LEONEL ADALBERTO VASQUEZ CEVALLOS
Grado Académico	DOCTOR(PHD) EN INGENIERÍA BIOMÉDICA



LEONEL ADALBERTO VASQUEZ CEVALLOS

Firma
CC:0920955408



**UNIVERSIDAD POLITECNICA
ESTATAL DEL CARCHI**



Estimado profesional, usted ha sido elegido a participar en el proceso de evaluación del instrumento de investigación.

Agradecemos de antemano sus aportes que permitirán validar el instrumento y obtener información válida, criterio requerido para la investigación. A continuación, le presentamos una lista de cotejo, sírvase analizar y cotejar el instrumento de investigación cuyo objetivo es "Influencia de la metodología six sigma en los procesos de producción en la sección de acabados externos en carrocerías de buses en una empresa carrocera", le solicitamos en base a su criterio y experiencia profesional, validar el presente instrumento para su aplicación.

Para cada criterio se debe considerar la siguiente escala.

1 Muy Poco	2 Poco	3 Regular	4 Aceptable	5 Muy aceptable
------------	--------	-----------	-------------	-----------------

CRITERIO DE VALIDEZ	PUNTUACIÓN					ARGUMENTO	OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS
	1	2	3	4	5		
Validez de contenido					x		
Validez de criterio metodológico					x		
Validez de intención y objetividad de medición y/o observación					x		
Las preguntas responden a los objetivos de investigación				x		El objetivo general indica evaluar la influencia de la metodología Six sigma en los procesos de producción, falta preguntas que evalué la influencia.	
Total parcial				4	15		
TOTAL				19			

PUNTUACIÓN

- De 4 a 11: No Válida Reformular
- De 12 a 14: No Válida Modificar
- De 15 a 17: Válida mejorar
- De 18 a 20: Válida Aplicar

Nombres y apellidos	Johanna Aguilar Reyes
Grado Académico	Magister



Firma autorizada por:
JOHANNA ENITE
AGUILAR REYES

Firma
CC:0703919670