



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL ÁREA
DE CALIDAD**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES**

**PRESENTA:
JOSÉ ANGEL CARMONA RODRÍGUEZ**

**NOMBRE DEL ASESOR:
Dra. ALEJANDRA TORRES LÓPEZ**



APIZACO, TLAX., NOVIEMBRE 2025



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Apizaco, Tlaxcala, 23/octubre/2024
Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. De oficio: I.E.E. /973/2024

Asunto: Liberación de Proyecto
para la Titulación Integral

CÉSAR REYNALDO RAMOS GÓMEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del egresado:	JOSÉ ÁNGEL CARMONA RODRÍGUEZ
Carrera:	INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
No. De Control:	19371215
Nombre del proyecto:	"IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL ÁREA DE CALIDAD."
Producto	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLIN
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Y ELECTRÓNICA


ALEJANDRA TORRES LÓPEZ
Nombre y firma de la asesora

JAE0/Isa*
C.p. Archivo





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **05/noviembre/2025**

CARMONA RODRÍGUEZ JOSÉ ÁNGEL
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
CON NÚMERO DE CONTROL 19371215.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL ÁREA DE CALIDAD**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo

CYAL/rrc



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



Agradecimientos.

Muestro mi total agradecimiento especialmente a mi madre **Marcela Rodríguez Rodríguez** y mi padre **Fausto Carmona Rodríguez** por darme la oportunidad de cumplir una de mis metas y darme el apoyo que me proporcionan día con día y levantarme el ánimo para seguir adelante a pesar de muchas adversidades y complicaciones en el entorno, además por brindarme todo lo necesario para lograr esta meta tan especial.

Agradezco a mis hermanos:

Eric Carmona Rodríguez, Oscar Carmona Rodríguez, María de los Ángeles Carmona Rodríguez, Juana Carmona Rodríguez, ya que siempre me apoyan para seguir adelante, siempre serán la base principal que me da fortaleza cumplir mis metas ante toda la adversidad que se presente.

Agradezco a mi familia:

Ana Rodríguez Ramírez, Andrea Galilea Cobos Romero, Andrea Pérez Carmona y a todos mis tíos que en todo momento estuvieron presentes, son un pilar importante en mi vida, gracias por brindarme y darme consejos de educación y valores que son la pauta para mi comportamiento como persona.

Agradezco a mi compañera de vida **Norma Rodríguez Cruz** que me mostro su apoyo en todo momento y me hizo ver que puedo lograr mis metas, además confiando siempre en mí.

Al personal de Treck Automotive (**José Daniel Hinojosa López, Uriel Polo, Celina Moredia, Mishelle Montalvo, Daniela Huerta**) por tratarme como un miembro más del equipo y brindarme la oportunidad, así como la experiencia adquirida a lo largo de estos meses.

Agradezco a mi asesora:

Dra. Alejandra Torres López que fue la guía para la realización de este proyecto, en todo momento estuvo al pendiente resolviendo dudas y mostrando su apoyo.

Agradezco a todos mis profesores de ingeniería que sus conocimientos teóricos y/o prácticos logré obtener una solides significativa en mi carrera profesional.

A dios por aliviar mis dudas, a la vida por darme los recursos para materializar este proyecto, y a mi **José Ángel Carmona Rodríguez** por la perseverancia y dedicación de estos años.

Finalmente agradecer a mi universidad quien me dio las bases sólidas y profesionales con los conocimientos ingenieriles que me ayudaron a aplicarlos con cada docente que participo en mi formación con el apoyo y enseñanzas que constituyen la de mi vida profesional.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	1
Resumen.....	6
I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	7
Introducción.....	7
Datos de la empresa.....	8
Puesto o área del trabajo del estudiante.....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos.....	10
Justificación.....	10
Delimitación.....	11
PROBLEMAS A RESOLVER.....	11
Limitación.....	13
Marco teórico	14
Calidad	14
Análisis de datos	19
¿Qué es una variabilidad?	22
Medidas estadísticas necesarias.....	27
Media.....	27
Mediana	29
Moda.....	31
La variabilidad en procesos de manufactura	33
Herramientas de calidad	36
Diagrama causa efecto.....	38

Diagrama de Pareto	38
El control estadístico de procesos	40
La implementación del control estadístico en el área de calidad	43
Graficas de control por variables	45
Graficas de Control X – R	46
CP (Índice de Capabilidad del Proceso):	47
Cpk (Índice de Capabilidad del Proceso con corrección):	47
II. DESARROLLO	49
III. RESULTADOS	67
1. Sobrerecubrimiento	67
2. Defectos Superficiales	68
3. Variabilidad Dimensional	68
4. Distorsión o Deformación	69
5. Variaciones en el Color	69
V.CONCLUSIÓN.....	70
IV. COMPETENCIAS DESARROLLADAS	73
V. REFERENCIAS	75
VI. ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1.- Generalidades de la empresa	9
Figura 2. Gráfico de control de calidad	18
Figura 2.1 Gráfico de análisis de datos	22
Figura 2.2 Gráfico de variabilidad	26
Figura 2.3 Gráfico de media	28
Figura 2.4 La mediana	30

Figura 2.5 Gráfico de moda	32
Figura 2.6 Índice Cpk	36
Figura 2.7 Diagrama de herramientas de calidad.....	38
Figura 2.8 Diagrama de Pareto	40
Figura 3.- Método de la investigación	49
Tabla 3:1 Clasificación de variables	50
Figura 3.2 “HOUSING LEFT/HOUSING RIGHT”	51
Fig. 3.4 Demostración de ensamble.....	51
Fig. 3.5 Dispositivo para medir.....	52
Tabla 3:6 Niveles actual y propuesto de factores.....	53
Figura 3-13 Gráfico de variabilidad “Sobrecubrimiento”.	54
Figura 3-14 Datos de $\bar{X}$ -R	55
Figura 3-16 Grafico de $\bar{X}$	56
Figura 3-17 Grafico R.....	56
Figura 3-18 Máximos y mínimos.....	57
Figura 3-19 Estudios de habilidad	57
Tabla 3:20 Defectos, claves, observaciones e indicadores previo Pareto	58
Figura 3-21 Diagrama de Pareto sobre defectos. Generado en Excel.....	59
Figura 3-22 Diagrama causa - efecto sobre el defecto con mayor relevancia	60
Tabla 3.23 Grado de cumplimiento.....	67
Tabla 3.7: Datos obtenidos de variables a analizar	80
Tabla 3.8 Sobrecubrimiento M, M, M	95
Tabla 3.9 Var. Dimensional M, M, M	95
Tabla 3.10 Deformación M, M, M.....	95
Tabla 3.11 Def. Superficiales M, M, M	95
Tabla 3.12 Var. De Color M, M, M.....	96
Tabla 3.15 Datos para graficar	96

Resumen

La implementación de Control Estadístico de Procesos (SPC) es fundamental para asegurar la calidad en la producción. Esta metodología utiliza herramientas estadísticas para monitorear y controlar los procesos, identificando variaciones que puedan afectar la calidad del producto. El SPC tiene como objetivos principales prevenir defectos, mejorar continuamente los procesos y garantizar que los productos cumplan con los estándares establecidos.

Las principales herramientas del SPC incluyen gráficos de control, histogramas, diagramas de Pareto y análisis de capacidad de proceso. Su implementación sigue pasos clave como la definición de objetivos, selección de procesos críticos, recopilación y análisis de datos, toma de decisiones basada en evidencia y capacitación del personal.

El presente trabajo se llevó a cabo con el objetivo de analizar las variaciones de los diversos accesorios que fabrica la empresa para los múltiples clientes, evaluando las causas que lo originan y proponer acciones que permitan ir disminuyendo los productos defectuosos o no conformes.

Se presenta el análisis y resultados de la pieza fabricada por la empresa, así como los detalles de su evaluación.

Implementación de control estadístico en el área de calidad en Treck Automotive (SPC)

I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

Introducción

En el entorno empresarial altamente competitivo y globalizado de la actualidad, la calidad se ha convertido en un factor determinante para el éxito y la sostenibilidad de las organizaciones. La satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes exige la implementación de sistemas y herramientas que garanticen productos y servicios de alta calidad de manera consistente. En este contexto, el Control Estadístico de Procesos (SPC, por sus siglas en inglés) emerge como una metodología fundamental para monitorear y mejorar la calidad en los procesos productivos y de servicio.

El SPC es una técnica basada en la aplicación de métodos estadísticos para el control y mejora continua de los procesos. Permite identificar y eliminar variaciones en los procesos, asegurando que estos operen de manera eficiente y dentro de los límites de calidad establecidos. Mediante el uso de herramientas como gráficos de control, histogramas y análisis de capacidad del proceso, el SPC facilita la detección temprana de desviaciones, permitiendo acciones correctivas oportunas y reduciendo el riesgo de producir productos defectuosos o prestar servicios deficientes.

La implementación efectiva del SPC en el área de calidad no solo contribuye a la reducción de costos asociados con reprocesos y desperdicios, sino que también mejora la eficiencia operativa y fortalece la confianza del cliente en la organización. Además, fomenta una cultura de mejora continua y toma de decisiones basadas en datos, lo que es esencial para adaptarse rápidamente a las cambiantes demandas del mercado y a los estándares de calidad internacionales.

Este trabajo se enfoca en la implementación del Control Estadístico de Procesos en el área de calidad de [nombre de la empresa o sector, si se desea especificar], con el objetivo de mejorar la consistencia y confiabilidad de los procesos productivos, optimizar el uso de recursos y elevar la satisfacción del cliente. A través de un análisis detallado de los procesos actuales y la aplicación sistemática de las herramientas del SPC, se busca identificar las fuentes de variación y desarrollar estrategias efectivas para su control y reducción.

El desarrollo del trabajo incluye una revisión teórica de los principios y técnicas del SPC, el diagnóstico de la situación actual de los procesos de calidad, la planificación y ejecución de la implementación del SPC, y la evaluación de los resultados obtenidos. Asimismo, se discutirán los desafíos enfrentados durante el proceso de implementación y se propondrán recomendaciones para garantizar la sostenibilidad y mejora continua del sistema de control de calidad.

La adopción del Control Estadístico de Procesos representa una oportunidad estratégica para las organizaciones que buscan fortalecer su competitividad y excelencia operativa. Este trabajo pretende demostrar cómo, mediante una implementación estructurada y bien planificada del SPC, es posible alcanzar niveles superiores de calidad y eficiencia que contribuyan al logro de los objetivos corporativos y al crecimiento sostenido de la organización.

Datos de la empresa

TRECK AUTOMOTIVE DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V.

Treck Automotive De México S. DE R.L. DE C.V. es una empresa en México, con sede principal en Tlaxco. Opera la fabricación de piezas plásticas, autopartes y electrodomésticos de calidad, desarrollando ideas para mejorar costos y satisfacer las expectativas de sus clientes. La empresa fue fundada en 03 de noviembre de 2014.

MISIÓN

Fabricar productos que satisfagan las expectativas de nuestros clientes desarrollando ideas para mejorar los costos sin afectar la calidad de nuestros productos para lograr la participación en el desarrollo económico del país.

VISIÓN

Integrarse a la cadena productiva de auto partes y electrodomésticos con un nivel de calidad que cumpla con los objetivos de nuestros clientes para así obtener el reconocimiento en el mercado nacional.

POLÍTICA DE CALIDAD

Cumplir con los requerimientos de calidad de nuestros clientes trabajando con eficiencia y mejora continua en nuestros procesos operativos y tecnológicos, creando un clima laboral digno, con respeto y seguridad al medio ambiente, motivando el desarrollo de nuestro personal.

DATOS Y UBICACIÓN DE LA EMPRESA

Tabla 1.- Generalidades de la empresa

Nombre de la Empresa:	Treck Automotive de Mexico S. de R.L. de C.V.
Giro, Ramo o Sector:	Industrial
Domicilio:	Calle uno #1 Cd. Industrial Xicohtencatl III, Tlaxco, Tlaxcala
C.P:	90250
RFC:	TAM141103BM6
Ciudad:	Tlaxco
Teléfono:	01 (241) 496-60-04

Puesto o área del trabajo del estudiante

Área: Auxiliar de calidad (Tarea asignada, control estadístico)

Objetivo general

Analizar las variaciones de los diversos accesorios que fabrica la empresa para los múltiples clientes, evaluando las causas que lo originan y proponer acciones que permitan ir disminuyendo los productos defectuosos o no conformes.

Objetivos específicos

- Recabar los reportes de inspección de los diferentes productos que son proporcionados por los inspectores del área de calidad los cuales son en forma física.
- Revisar que el reporte de inspección tenga todos los registros de información en forma manual para proceder a su captura en un software.
- Observar los resultados emitidos por el software, identificando los puntos críticos de las diferentes graficas.
- Analizar las diferentes causas mediante herramientas de control estadístico para proponer acciones que lleven a una mejora continua en los diferentes productos.
- Conocer las características técnicas de los diferentes productos para determinar las piezas no conformes del lote a analizar.

Justificación

El cumplimiento de un SPC coadyuva en optimizar la calidad y seguridad del producto de modo que se cumpla con los requisitos del cliente, permitiendo identificar y corregir problemas de calidad de manera proactiva, e ir reduciendo la variabilidad del proceso que se ve reflejado en la calidad del producto final.

El implementar control estadístico de procesos (SPC) ayuda a la toma decisiones ya que nos proporciona datos objetivos y cuantificables sobre el rendimiento del proceso.

Los problemas de calidad de un proceso tienen un costo elevado, esto ocasiona retrabajar o desechar las piezas defectuosas, en el peor de los casos esos productos defectuosos pueden llegar al cliente, ocasionando accidentes no deseados.

Para que un producto sea defectuoso debe incumplir alguna variable de calidad. El objetivo principal de este estudio es examinar las especificaciones una pieza automotriz master. Durante el proceso productivo, se empleará el enfoque del control estadístico del proceso (SPC) para saber el comportamiento del mismo, es decir, si se encuentra dentro de límites de control y límites de especificación del cliente o fuera de estos estableciéndose acciones correctivas.

La importancia de este estudio radica en su capacidad para proporcionar información valiosa a fabricantes, diseñadores, ingenieros y otras partes interesadas en la cadena de suministro automotriz. Un análisis detallado de esta pieza permitirá una mejor comprensión de sus requisitos de diseño, materiales y procesos de fabricación, lo que a su vez puede conducir a mejoras continuas.

Delimitación

PROBLEMAS A RESOLVER

1. **Sobrecubrimiento:** La cantidad de plástico inyectado puede ser excesiva o insuficiente, lo que lleva a problemas como rebabas o falta de material en ciertas áreas.

Estos problemas ocurren cuando el plástico inyectado no cubre completamente la cavidad del molde o cuando se excede la cantidad necesaria (sobrecubrimiento). Esto puede resultar en piezas defectuosas que no cumplen con las especificaciones requeridas, afectando tanto la funcionalidad como la estética de las autopartes. El sobrecubrimiento puede causar deformaciones, así como generar puntos débiles o áreas incompletas.

2. **Defectos superficiales:** La aparición de defectos como marcas de flujo, rayas, burbujas, dispersiones en piezas pigmentadas puede comprometer la apariencia y la integridad de las piezas.

Los defectos superficiales como burbujas, manchas, o marcas pueden afectar la apariencia y el rendimiento de las autopartes. En la industria automotriz, donde la apariencia puede ser crítica, estos defectos pueden no solo comprometer la integridad del producto, sino también afectar la percepción del cliente sobre la calidad del producto.

3. **Variabilidad dimensional:** Las piezas pueden presentar variaciones en sus dimensiones, lo que puede afectar su ajuste y funcionalidad en el vehículo.

Las piezas inyectadas deben cumplir con tolerancias dimensionales muy estrictas para asegurar un ajuste correcto en el ensamblaje de vehículos. La variabilidad dimensional puede llevar a problemas de encaje, funcionamiento y durabilidad de las autopartes. Esto puede resultar en un aumento de los rechazos y retrabajos, lo que incrementa los costos y afecta la eficiencia de la producción.

4. **Distorsión o deformación:** Las piezas pueden sufrir deformaciones durante el proceso de enfriamiento, lo que afecta su precisión dimensional y su ajuste en el ensamblaje.

La distorsión ocurre cuando las piezas se deforman después de ser desmoldadas, a menudo debido a un enfriamiento no uniforme o a tensiones internas. Esto puede afectar la funcionalidad y la estética de las autopartes, además de dificultar su ensamblaje en el vehículo. La deformación puede ser especialmente crítica en componentes que deben mantener una geometría precisa.

5. **Variaciones en el color:** La inconsistencia en la mezcla de pigmentos puede resultar en variaciones de color entre lotes de producción o incluso dentro del mismo lote.

En la fabricación de autopartes, las variaciones de color pueden ser un problema estético y funcional. Las piezas deben tener un color uniforme para mantener la coherencia en la apariencia del vehículo. Las variaciones pueden indicar problemas en el proceso de mezcla o en la calidad de los pigmentos, y pueden resultar en piezas no conformes a las especificaciones de diseño.

Limitación

A pesar de los esfuerzos por garantizar la rigurosidad en el estudio sobre la "Implementación de control estadístico en el área de calidad (SPC)", se identificaron algunas limitaciones que pueden haber influido en los resultados y en la aplicabilidad de las conclusiones obtenidas:

La implementación del control estadístico en el área de calidad (SPC) requiere tiempo para mostrar efectos significativos en la reducción de la variabilidad y mejora de la calidad. Sin embargo, el periodo de estudio fue limitado, lo que puede haber impedido observar los beneficios a largo plazo del SPC.

Las herramientas estadísticas utilizadas en la implementación del SPC, como los gráficos de control y análisis de capacidad, están sujetas a ciertas suposiciones (normalidad de los datos, independencia de las observaciones) que, si no se cumplen plenamente en los datos reales, pueden afectar la precisión y validez de los resultados obtenidos.

Estas limitaciones deben ser tenidas en cuenta al interpretar los hallazgos de esta investigación, y sugieren la necesidad de estudios adicionales que aborden estas áreas y amplíen la comprensión sobre la implementación y efectividad del SPC en diferentes contextos industriales.

Marco teórico

Calidad

De acuerdo con Aristóteles (citado en Herrera, 2006) la calidad es aquello en virtud de lo cual se dice de algo que es tal y cual, es decir, es el atributo de un objeto, sea cosa (sistema concreto, artefacto), estado o proceso en una cosa (actividad, práctica), resultado de la valuación de alguna o de todas las propiedades del objeto (referente).

La calidad se ha convertido en un factor determinante para la competitividad de las organizaciones en el entorno globalizado actual. Este concepto, que ha evolucionado significativamente desde sus inicios, abarca no solo la conformidad con las especificaciones del producto o servicio, sino también la satisfacción del cliente y la mejora continua de los procesos internos. En este contexto, la gestión de la calidad se presenta como un enfoque integral que busca optimizar los procesos, reducir costos y mejorar la eficiencia organizacional.

Este trabajo explora los principios fundamentales de la gestión de la calidad, las herramientas y técnicas más utilizadas, y los desafíos que enfrentan las empresas al implementar sistemas de gestión de la calidad (SGC). Además, se analiza cómo estas prácticas pueden influir en la competitividad y el éxito a largo plazo de una organización (Montaudon, 2010).

Es importante mencionar que el concepto de calidad ha evolucionado desde la inspección de productos en la etapa final de producción hasta convertirse en un enfoque integral que permea todos los aspectos de una organización. Originalmente, la calidad se entendía como la capacidad de un producto para cumplir con las especificaciones y satisfacer los requisitos del cliente. Sin embargo, con el tiempo, este concepto se ha ampliado para incluir la satisfacción del cliente y la mejora continua.

En la década de 1950, la calidad comenzó a ser vista como una responsabilidad compartida por toda la organización, lo que llevó al desarrollo de enfoques como el control de calidad total (TQM) y las normas ISO 9000. Estas iniciativas promovieron la idea de que la calidad no se limita a los productos, sino que también incluye procesos, servicios y la gestión organizacional.

Hoy en día, la gestión de la calidad se considera esencial para el éxito organizacional, abarcando todas las funciones y niveles de la empresa. La implementación de un sistema de gestión de la calidad efectivo no solo garantiza la conformidad con los estándares, sino que también fomenta una cultura de mejora continua (Escobar y Mosquera, 2013).

La gestión de la calidad se basa en una serie de principios que guían a las organizaciones en la mejora de sus procesos y productos. Los principios fundamentales de la gestión de la calidad, según la norma ISO 9001, incluyen:

Enfoque al Cliente: La satisfacción del cliente es el principal objetivo de cualquier sistema de gestión de la calidad. Las organizaciones deben comprender y anticipar las necesidades de sus clientes y esforzarse por superarlas.

Liderazgo: Los líderes deben establecer una visión clara y un entorno favorable que motive a los empleados a alcanzar los objetivos de calidad. El liderazgo efectivo es esencial para alinear los objetivos organizacionales con las expectativas de los clientes.

Participación del Personal: La calidad es responsabilidad de todos los empleados. Fomentar la participación activa y el compromiso del personal es fundamental para lograr la mejora continua.

Enfoque Basado en Procesos: Un enfoque basado en procesos implica gestionar las actividades y recursos como procesos interrelacionados que contribuyen al objetivo final de la organización.

Mejora Continua: La mejora continua debe ser un objetivo permanente de la organización. Las empresas deben estar dispuestas a adaptarse y evolucionar para mantener su competitividad.

Toma de Decisiones Basada en Evidencia: Las decisiones deben basarse en el análisis de datos y hechos, lo que asegura que las acciones correctivas y preventivas estén fundamentadas en información precisa.

Gestión de las Relaciones: Las organizaciones deben gestionar sus relaciones con las partes interesadas, incluidos proveedores y socios, para optimizar el desempeño y lograr el éxito sostenido (Sanabria, Romero y Flórez, 2014).

La implementación efectiva de un sistema de gestión de la calidad requiere el uso de diversas herramientas y técnicas que permitan la identificación de problemas, la mejora de procesos y el aseguramiento de la calidad tales como los diagramas, círculos de calidad que son grupos pequeños de trabajadores que se reúnen regularmente para discutir y proponer soluciones a problemas de calidad en su área de trabajo; gráficos de Control, utilizados en el control estadístico de procesos (SPC), estos gráficos permiten monitorear y controlar la variabilidad en los procesos de producción; six Sigma, que es una metodología que busca la reducción de defectos y variabilidad en los procesos mediante la mejora continua y el uso de herramientas estadísticas.

Asimismo, el análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA), que se refiere a una técnica que ayuda a identificar y evaluar los posibles modos de falla en un proceso o producto y sus efectos sobre la calidad; el benchmarking, que es considerado como un proceso

de comparación de las prácticas de la empresa con las mejores prácticas de la industria para identificar áreas de mejora (Buendía, 2007).

La implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) implica un enfoque sistemático para garantizar que todos los procesos y operaciones dentro de una organización estén alineados con los estándares de calidad. Los pasos clave para implementar un SGC incluyen una evaluación Inicial, como realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa en términos de calidad para identificar áreas de mejora, así como una planificación, la cual incluye definir los objetivos de calidad, los recursos necesarios y el plan de acción para implementar el SGC. Esto incluye la asignación de responsabilidades y la creación de un cronograma.

En este sentido, la formación y Capacitación incluye proporcionar formación a todo el personal sobre los principios y herramientas de la gestión de la calidad, asegurando que comprendan su papel en el SGC; la documentación, desarrollar y mantener la documentación necesaria, incluidos manuales de calidad, procedimientos operativos estándar y registros; implementación, es decir, poner en marcha los procesos definidos en la planificación, asegurando que se sigan los procedimientos y que se mantenga un enfoque en la mejora continua; una auditoría y Revisión, que es realizar auditorías internas y revisiones periódicas para evaluar la efectividad del SGC y hacer ajustes según sea necesario (López, 2005).

A pesar de los beneficios de la gestión de la calidad, las organizaciones pueden enfrentar varios desafíos al intentar implementar y mantener un SGC. La resistencia al cambio, como la introducción de nuevas prácticas de calidad puede encontrar resistencia por parte de los empleados que están acostumbrados a formas tradicionales de trabajo.

El costo Inicial, como la implementación de un SGC puede requerir una inversión significativa en términos de formación, recursos tecnológicos y tiempo, lo que puede ser un obstáculo para las pequeñas y medianas empresas. La complejidad organizacional, en grandes organizaciones con múltiples unidades operativas,

coordinar la implementación del SGC y asegurar la uniformidad en la calidad puede ser complejo y desafiante.

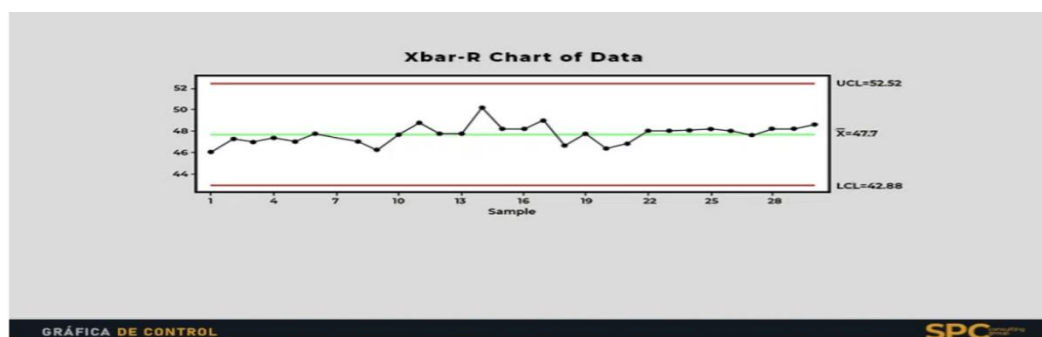
El mantenimiento del Compromiso, es decir, mantener el compromiso con la calidad a lo largo del tiempo puede ser difícil, especialmente en entornos donde los resultados inmediatos son priorizados sobre los beneficios a largo plazo. La adaptación a Normas y Regulaciones Cambiantes, las organizaciones deben mantenerse actualizadas con las normativas y estándares de calidad que pueden cambiar con el tiempo, lo que requiere un esfuerzo continuo para adaptar el SGC.

La gestión de la calidad es un componente esencial para el éxito organizacional en el entorno competitivo actual. A través de la implementación de un sistema de gestión de la calidad, las empresas pueden no solo garantizar que sus productos y servicios cumplan con los estándares requeridos, sino también mejorar continuamente sus procesos y fortalecer su posición en el mercado. Aunque existen desafíos significativos, las organizaciones que logran superar estos obstáculos pueden experimentar una mejora sustancial en su eficiencia operativa, satisfacción del cliente y rendimiento global.

El compromiso con la calidad debe ser continuo y debe involucrar a todos los niveles de la organización. Con el enfoque adecuado y el uso de herramientas efectivas, las empresas pueden transformar la gestión de la calidad en una ventaja competitiva clave que les permita prosperar en el largo plazo (Herrera, 2006)

En la figura 2 que se muestra a continuación, ejemplifica el control de calidad con diagramas que sirven para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable o para asegurar que se mantenga en esa condición.

Figura 2. Gráfico de control de calidad



Análisis de datos

De acuerdo con Marín, Hernández y Flores (2016) en la era de la información, el análisis de datos se ha convertido en una herramienta indispensable para la toma de decisiones en diversos ámbitos. La capacidad de recopilar, procesar e interpretar grandes volúmenes de datos permite a las organizaciones, tanto públicas como privadas, obtener insights valiosos que pueden mejorar la eficiencia operativa, optimizar recursos y crear ventajas competitivas.

El análisis de datos no es un concepto nuevo, pero su importancia ha crecido exponencialmente con el auge de la tecnología digital, la inteligencia artificial y el big data. Hoy en día, la capacidad para analizar datos no solo es crucial para entender el pasado y el presente, sino también para predecir y modelar el futuro.

El análisis de datos es el proceso de inspeccionar, limpiar y modelar datos con el objetivo de descubrir información útil, informar conclusiones y apoyar la toma de decisiones. Tradicionalmente, el análisis de datos implicaba técnicas estadísticas básicas y herramientas limitadas, aplicadas principalmente en la investigación científica y la gestión empresarial.

Con la llegada de la informática y el desarrollo de bases de datos relacionales en la década de 1970, el análisis de datos comenzó a tomar un rol más central en la administración y la ciencia. A partir de los años 2000, con la explosión de datos digitales y el auge de internet, el análisis de datos evolucionó hacia un campo más complejo, integrando técnicas avanzadas de minería de datos, aprendizaje automático y análisis predictivo (Sarduy, 2007).

Hoy en día, el análisis de datos se encuentra en el corazón de disciplinas como el big data, la inteligencia artificial y la ciencia de datos. Estas áreas permiten analizar volúmenes masivos de datos no estructurados, como texto, imágenes y videos, que antes eran difíciles de gestionar. La evolución del análisis de datos ha permitido a las organizaciones transformar datos en un activo estratégico, fundamental para el desarrollo de nuevas tecnologías y servicios.

El análisis de datos se puede llevar a cabo mediante una variedad de métodos, cada uno adecuado para diferentes tipos de datos y objetivos analíticos. Los principales métodos incluyen:

Análisis Descriptivo: Se enfoca en resumir y describir las características básicas de los datos. Utiliza medidas como la media, la mediana, la desviación estándar y la visualización de datos para proporcionar una visión clara de lo que los datos muestran.

Análisis Predictivo: Implica el uso de modelos estadísticos y de aprendizaje automático para predecir futuros eventos basándose en datos históricos. Los algoritmos como regresión, árboles de decisión y redes neuronales son comúnmente utilizados.

Análisis Diagnóstico: Se utiliza para entender por qué ocurrió un evento o un resultado específico. Utiliza técnicas como análisis de causa raíz, análisis de correlación y modelado de escenarios.

Análisis Prescriptivo: Va más allá de la predicción, recomendando acciones basadas en los resultados del análisis predictivo. Este método utiliza simulaciones y optimizaciones para sugerir la mejor acción a seguir.

Análisis de Datos Exploratorio (EDA): Es un enfoque inicial de análisis de datos que permite a los analistas descubrir patrones, anomalías, relaciones y estructuras en los datos sin necesidad de formular hipótesis previas.

Minería de Datos: Se refiere a la extracción de patrones y conocimiento a partir de grandes volúmenes de datos mediante técnicas como clustering, asociaciones, y análisis de secuencias.

Cada uno de estos métodos tiene su aplicación específica y puede ser usado en conjunto para proporcionar una visión más completa de los datos (Rodríguez, Lorenzo y Herrera, 2005).

A pesar de sus múltiples beneficios, el análisis de datos enfrenta varios desafíos y limitaciones que pueden afectar su efectividad:

Calidad de los Datos: La precisión y utilidad del análisis dependen en gran medida de la calidad de los datos. Datos incompletos, erróneos o mal gestionados pueden llevar a conclusiones incorrectas y decisiones erróneas.

Volumen y Complejidad de los Datos: La cantidad de datos generada hoy en día es inmensa, lo que presenta dificultades para su almacenamiento, procesamiento y análisis. Además, la diversidad de formatos y fuentes de datos agrega una capa adicional de complejidad.

Privacidad y Seguridad: El análisis de datos a menudo involucra información sensible y personal. Garantizar la privacidad de los datos y cumplir con las regulaciones de protección de datos (como el GDPR) es un desafío importante.

Falta de Talento Especializado: La demanda de científicos de datos y profesionales con habilidades en análisis de datos supera la oferta, lo que puede limitar la capacidad de las organizaciones para aprovechar al máximo sus datos.

Interpretación de los Resultados: El análisis de datos produce una gran cantidad de información, pero interpretar correctamente los resultados y convertirlos en acciones efectivas es un desafío que requiere experiencia y juicio.

Sesgo en el Análisis: Los sesgos en la selección de datos, el diseño del análisis o la interpretación de resultados pueden conducir a decisiones perjudiciales. Es crucial garantizar la objetividad y la rigurosidad en todo el proceso analítico.

El análisis de datos es una herramienta poderosa que, cuando se utiliza correctamente, puede transformar la manera en que las organizaciones operan y toman decisiones. Desde mejorar la eficiencia operativa hasta descubrir nuevas oportunidades de negocio, el análisis de datos ofrece ventajas competitivas significativas.

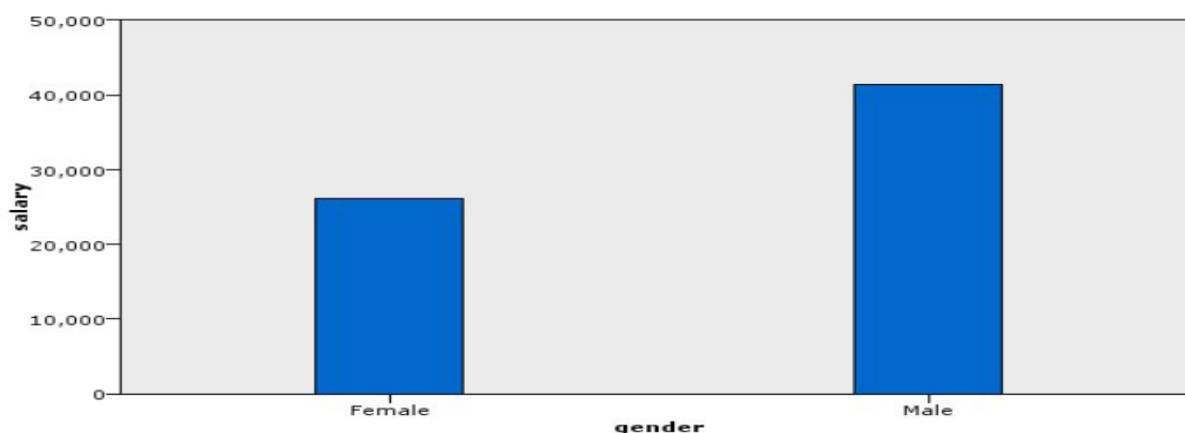
Sin embargo, para maximizar el valor del análisis de datos, las organizaciones deben ser conscientes de los desafíos asociados, como la calidad de los datos, la privacidad, y la necesidad de talento especializado. Superar estos desafíos requiere una estrategia

bien definida, inversiones en tecnología y formación, y un compromiso con la ética y la seguridad.

En el futuro, el análisis de datos seguirá evolucionando con el avance de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático. Las organizaciones que adopten una cultura de datos y se adapten rápidamente a estos cambios estarán mejor posicionadas para aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos del entorno empresarial moderno (Marín, Hernández y Flores, 2016).

En la figura 2.1 se muestra un gráfico de barras con un estadístico de resumen como ejemplo de análisis de datos.

Figura 2.1 Gráfico de análisis de datos



Fuente: <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/29.0.0?topic=examples-example-bar-chart-summary-statistic>

¿Qué es una variabilidad?

La variabilidad es un concepto fundamental en múltiples disciplinas, desde la estadística y la economía hasta la biología y la ingeniería. Entender la variabilidad nos permite apreciar las diferencias y fluctuaciones que se presentan en los datos, procesos y fenómenos naturales. En un mundo donde la precisión y el control son cada vez más importantes, la variabilidad desempeña un papel crucial en la toma de decisiones, la mejora de procesos y la predicción de comportamientos futuros.

El estudio de la variabilidad no solo nos ayuda a comprender cómo y por qué las cosas cambian, sino que también nos proporciona herramientas para gestionar esos cambios de manera efectiva. En esta investigación, exploraremos qué es la variabilidad, cómo se clasifica, su importancia en diversos contextos y los métodos más comunes para medirla (Sánchez, Cerchiaro y Guevara, 2013).

La variabilidad se refiere a la capacidad de un conjunto de datos, un proceso o un fenómeno para cambiar o diferir de un valor central o promedio. Es la medida en que los valores individuales de un conjunto de datos difieren entre sí. En términos más simples, la variabilidad cuantifica el grado de dispersión o desviación de los datos con respecto a una tendencia central, como la media.

Existen múltiples formas de expresar y entender la variabilidad dependiendo del contexto. En estadística, por ejemplo, se utilizan medidas como la varianza, la desviación estándar y el rango para cuantificar la variabilidad dentro de un conjunto de datos. Estas medidas proporcionan información sobre cómo se distribuyen los valores y cuán diferentes son entre sí.

La variabilidad es inherente a casi todos los aspectos del mundo natural y humano. Por ejemplo, en biología, la variabilidad genética es crucial para la evolución y la adaptación de las especies. En economía, la variabilidad de los precios de los productos es un indicador importante de las condiciones del mercado. En la manufactura, controlar la variabilidad en los procesos es clave para garantizar la calidad del producto final (Núñez y Barrientos, 2006).

Ahora bien, la variabilidad puede clasificarse en diferentes tipos, dependiendo del contexto y de las características de los datos o procesos en cuestión. Tal es el caso de la variabilidad Natural (o Inherente), que es la variabilidad que se presenta de manera natural en cualquier proceso o fenómeno. Este tipo de variabilidad es inevitable y está presente en cualquier sistema debido a factores como las diferencias individuales, las condiciones ambientales, y las limitaciones de los instrumentos de medición. En la

industria, por ejemplo, la variabilidad natural se refiere a las pequeñas fluctuaciones que ocurren incluso en procesos bien controlados.

La variabilidad Artificial (o Atribuible), es causada por factores específicos que pueden ser identificados y, en muchos casos, controlados. Puede deberse a errores en la medición, cambios en el proceso de producción, o factores externos como cambios en la materia prima. En un entorno de control de calidad, el objetivo es reducir al mínimo esta variabilidad a través de la estandarización de procesos y la mejora continua. La variabilidad Temporal, que se refiere a las diferencias que ocurren en un proceso o fenómeno a lo largo del tiempo. Este tipo de variabilidad es común en estudios longitudinales o en la observación de fenómenos naturales que cambian con las estaciones, los ciclos de vida, o las tendencias del mercado.

La variabilidad Espacial, que se refiere a las diferencias que se observan en un proceso o fenómeno en diferentes ubicaciones o espacios. Es común en estudios geográficos, ecológicos, y agrícolas donde la variabilidad en las condiciones del suelo, el clima, o la topografía puede afectar significativamente los resultados. La variabilidad de Medición que se refiere a las diferencias en los resultados de las mediciones que pueden ocurrir debido a la imprecisión de los instrumentos o a la variación en las técnicas de medición. Este tipo de variabilidad es crucial en la investigación científica y en la manufactura, donde se requiere un alto grado de precisión (Vázquez, Rivera y Fernández Suárez, 2011).

La variabilidad es un factor crucial que debe ser considerado en la investigación científica, la ingeniería, la economía y otras disciplinas. En la ciencia, la variabilidad en los datos es lo que impulsa la búsqueda de patrones, relaciones y leyes naturales. Sin variabilidad, no habría necesidad de análisis estadístico, ya que todos los datos serían idénticos, y la comprensión de la naturaleza sería limitada.

En la industria, la variabilidad en los procesos de producción puede tener un impacto significativo en la calidad del producto. Los ingenieros y gestores de calidad se esfuerzan por reducir la variabilidad en los procesos para asegurar que los productos finales cumplan con las especificaciones y estándares requeridos. Técnicas como el

control estadístico de procesos (SPC) se utilizan para monitorizar y controlar la variabilidad, lo que a su vez ayuda a mejorar la eficiencia y reducir los costos.

Además, en la economía y la investigación de mercados, la variabilidad en los precios, la demanda y otros factores económicos es clave para la toma de decisiones. Los economistas utilizan modelos estadísticos para analizar la variabilidad en los datos y predecir tendencias futuras, lo que permite a las empresas y gobiernos planificar y tomar decisiones informadas.

Medir la variabilidad es fundamental para entender cómo difieren los datos entre sí y para tomar decisiones basadas en datos. A continuación, se describen algunos de los métodos más comunes para medir la variabilidad:

Rango: Es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo en un conjunto de datos. Aunque es una medida simple de la variabilidad, el rango puede ser sensible a valores atípicos y no proporciona información sobre la distribución general de los datos.

Varianza: Es la medida de la dispersión de los datos en relación con la media. La varianza calcula la media de las desviaciones cuadradas de cada valor con respecto a la media del conjunto de datos. Aunque es una medida precisa de la variabilidad, su interpretación puede ser complicada debido a que está en unidades cuadradas de los datos originales.

Desviación Estándar: Es la raíz cuadrada de la varianza y proporciona una medida de la dispersión que está en las mismas unidades que los datos originales. La desviación estándar es ampliamente utilizada en la estadística porque es fácil de interpretar y proporciona una medida precisa de la variabilidad.

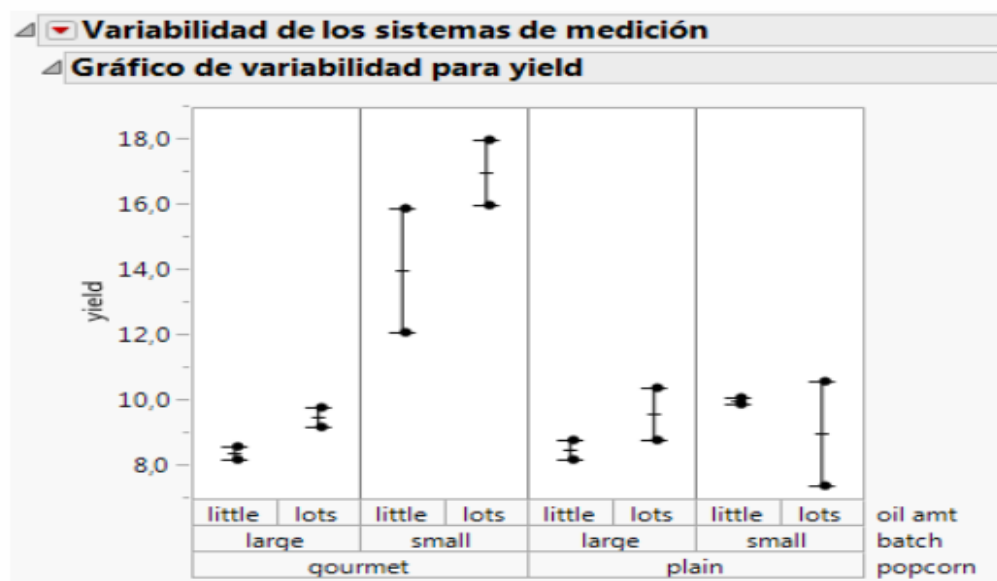
Coefficiente de Variación: Es una medida relativa de la variabilidad que se calcula dividiendo la desviación estándar por la media y expresando el resultado como un porcentaje. Es útil para comparar la variabilidad entre conjuntos de datos con diferentes unidades o magnitudes.

Percentiles y Cuartiles: Estos son valores que dividen un conjunto de datos en partes iguales y permiten evaluar la variabilidad en diferentes puntos de la distribución. Los percentiles y cuartiles son útiles para entender la distribución de los datos y para identificar valores atípicos (Camacho y Sánchez, 2010).

La variabilidad tiene aplicaciones prácticas en una amplia gama de disciplinas y sectores. Por ejemplo, calidad en la Manufactura, es decir, en la industria manufacturera, la variabilidad en los procesos de producción puede afectar la calidad del producto. Las empresas utilizan el control estadístico de procesos (SPC) para monitorizar y reducir la variabilidad, asegurando que los productos cumplan con las especificaciones requeridas.

En la figura 2.2 mostrada a continuación se ejemplifican las variables en donde el orden en que se asignan las variables al papel X, agrupación es importante, ya que el orden en esta ventana determina el orden de anidamiento en el gráfico de variabilidad en términos de rendimiento.

Figura 2.2 Gráfico de variabilidad



Fuente: (JMP; 2023) <https://www.jmp.com/support/help/es/17.2/dj/index.shtml#page/jmp/compare-multiple-variables-using-a-variability-chart.shtml>

Medidas estadísticas necesarias

Media

Rodríguez, Maldonado y Sandoval (2016) mencionan que, en el ámbito de la estadística, las medidas de tendencia central son fundamentales para la descripción y el análisis de datos. Entre estas medidas, la media, también conocida como promedio, es una de las más utilizadas. La media ofrece una representación del "centro" de un conjunto de datos y proporciona una cifra única que resume la totalidad de los datos. Esta simplicidad y capacidad para sintetizar la información hacen que la media sea una herramienta indispensable en múltiples disciplinas, incluyendo las ciencias sociales, la economía, la medicina, y la ingeniería.

La media es una medida estadística que representa el valor promedio de un conjunto de datos. Es calculada sumando todos los valores individuales de los datos y dividiendo el resultado por el número total de observaciones. La media es una medida de tendencia central porque refleja el punto en el que los datos tienden a agruparse.

La media es intuitiva y fácil de calcular, lo que la hace ampliamente utilizada en el análisis de datos. Sin embargo, su simplicidad también es su principal limitación, ya que puede ser influenciada por valores atípicos (outliers) y no siempre refleja adecuadamente la distribución de los datos, especialmente en distribuciones asimétricas.

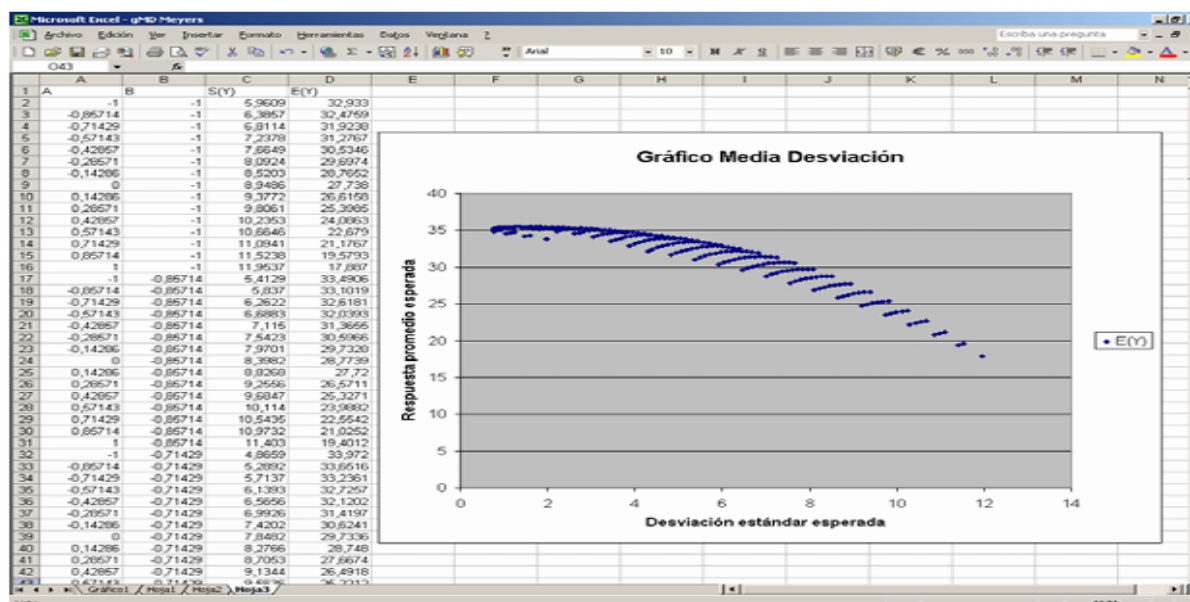
El cálculo de la media aritmética es un proceso sencillo y directo, pero es importante entender los pasos y las consideraciones involucradas. El primer paso es recolectar todos los valores del conjunto de datos. Estos pueden provenir de encuestas, experimentos, registros históricos, entre otros; una vez que se tienen todos los datos, se suman todos los valores individuales, después de sumar los valores, se divide la suma por el número total de observaciones.

La media obtenida debe interpretarse en el contexto de los datos. Es importante considerar si la media es representativa del conjunto de datos en su totalidad, especialmente si hay valores atípicos que puedan sesgar el resultado.

La media es una medida estadística esencial y ampliamente utilizada en diversas disciplinas para resumir y analizar datos. Su simplicidad y capacidad para ofrecer una visión general del conjunto de datos la convierten en una herramienta indispensable en la investigación, la economía, la educación, la salud pública, y la ingeniería.

Sin embargo, la media también tiene limitaciones que deben ser cuidadosamente consideradas al interpretarla. Su sensibilidad a valores atípicos y su falta de representación en distribuciones asimétricas son aspectos importantes que pueden afectar su utilidad y precisión (Orlandoni, 2010). En la figura 2.3 se puede apreciar un ejemplo de un gráfico de media.

Figura 2.3 Gráfico de media



Fuente:

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6507/06Gla6de10.pdf;jsessionid=E5436074517040152B87A26EA0D8AADF?sequence=6>

Mediana

Hurtado, Caldera, Milano, Ibarra, Díaz, Camacho, Villamizar y Verde (2017) mencionan que, a diferencia de la media, que puede ser afectada por valores extremos, la mediana ofrece una representación más robusta del centro de los datos en ciertas situaciones. Su uso es particularmente valioso en estudios donde la distribución de los datos no es normal, como en los ingresos de una población, precios de viviendas, y en la valoración de propiedades.

La mediana es una medida de tendencia central que se define como el valor que se encuentra en el medio de un conjunto de datos cuando estos están ordenados de menor a mayor. Si el número de observaciones es impar, la mediana es simplemente el valor que ocupa la posición central. Si el número de observaciones es par, la mediana se calcula como el promedio de los dos valores centrales.

La mediana es especialmente útil cuando se trabaja con datos asimétricos o cuando existen valores extremos que podrían distorsionar la media. Por ejemplo, en la distribución de ingresos en una población, donde los ingresos extremadamente altos pueden elevar la media, la mediana proporciona una medida más representativa del ingreso típico.

El proceso de cálculo de la mediana puede variar ligeramente según la cantidad de datos disponibles y si el número de observaciones es par o impar. El primer paso en el cálculo de la mediana es ordenar los datos en orden creciente (de menor a mayor). Si el número de observaciones es impar, la mediana es el valor en la posición central del conjunto de datos ordenado; si el número de observaciones es par, se toma el promedio de los dos valores centrales.

La mediana obtenida debe interpretarse en el contexto de los datos. En muchos casos, la mediana proporciona una mejor representación del "valor típico" que la media, especialmente en distribuciones asimétricas o con valores extremos.

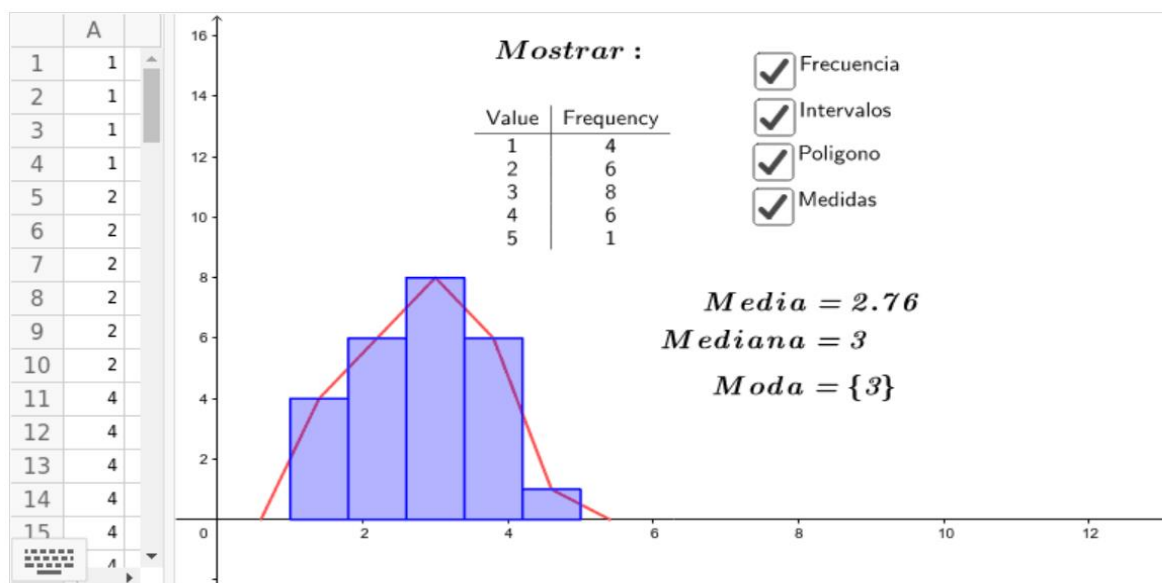
El cálculo de la mediana es un proceso simple pero poderoso, que puede aplicarse tanto en conjuntos de datos pequeños como grandes, y es una herramienta valiosa para describir el centro de un conjunto de datos.

Las medidas de tendencia central más comunes son la media, la mediana y la moda. Aunque todas estas medidas tienen como objetivo representar el valor central de un conjunto de datos, lo hacen de maneras diferentes y pueden llevar a conclusiones distintas dependiendo de la naturaleza de los datos.

La media es el promedio aritmético de un conjunto de datos, mientras que la mediana es el valor central. La media puede ser influenciada por valores atípicos, lo que puede distorsionar la percepción del centro de los datos. La mediana, por otro lado, no se ve afectada por los valores extremos y es más robusta en conjuntos de datos asimétricos (Rendón, Villasís y Miranda, 2016).

En la figura 2.4 se ejemplifica el gráfico de la mediana mostrando el valor y la frecuencia.

Figura 2.4 La mediana



Fuente: <https://www.geogebra.org/m/JjgMscNA>

Moda

La moda es ampliamente utilizada en diversas disciplinas, como la economía, la sociología, la psicología y la investigación de mercado. Por ejemplo, en el análisis de datos de ventas, la moda puede identificar el producto más vendido, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones comerciales.

La moda es la medida de tendencia central que indica el valor que aparece con mayor frecuencia en un conjunto de datos. A diferencia de la media y la mediana, la moda no requiere que los datos estén ordenados. Puede haber más de una moda en un conjunto de datos si varios valores tienen la misma frecuencia máxima. En estos casos, se dice que el conjunto de datos es multimodal.

Existen tres tipos de moda en la estadística:

Moda Unimodal: Un conjunto de datos es unimodal si tiene una única moda, es decir, un solo valor que se repite con mayor frecuencia que cualquier otro.

Moda Bimodal: Un conjunto de datos es bimodal si tiene dos modas, es decir, dos valores diferentes que aparecen con la misma frecuencia máxima.

Moda Multimodal: Un conjunto de datos es multimodal si tiene más de dos modas.

La moda es particularmente útil en el análisis de datos categóricos, donde los datos no pueden ordenarse numéricamente, y en distribuciones asimétricas, donde la media y la mediana pueden no proporcionar una representación adecuada del valor central (TapiaGranados,2001).

El cálculo de la moda es bastante sencillo en comparación con otras medidas de tendencia central, como la media y la mediana. El primer paso para calcular la moda es contar cuántas veces aparece cada valor en el conjunto de datos. Este recuento puede hacerse manualmente o mediante el uso de una tabla de frecuencias; una vez que se ha contado la frecuencia de cada valor, se identifica el valor o los valores que tienen la mayor frecuencia. Este valor o valores son la moda del conjunto de datos.

La moda es una medida de tendencia central que identifica el valor más frecuente en un conjunto de datos. Es particularmente útil en el análisis de datos categóricos, donde otras medidas como la media y la mediana no son aplicables. La moda tiene aplicaciones en una amplia gama de campos, incluyendo la investigación de mercado, la salud pública, la educación y la sociología.

Sin embargo, la moda también tiene limitaciones, especialmente cuando se trata de datos multimodales o continuos. Es importante utilizar la moda en combinación con otras medidas de tendencia central para obtener una comprensión más completa y precisa de los datos. Al comprender tanto las fortalezas como las limitaciones de la moda, los analistas pueden tomar decisiones más informadas y realizar análisis más precisos (Rodríguez, Maldonado y Sandoval, 2016).

En la figura 2.5 se puede apreciar un ejemplo de la gráfica de moda.

Figura 2.5 Gráfico de moda

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Mes	Precipitaciones en mm			
3		Enero	180		Promedio	116
4		Febrero	160		Mediana	100
5		Marzo	110		Moda	110
6		Abril	90			
7		Mayo	85			
8		Junio	80			
9		Julio	67			
10		Agosto	64			
11		Septiembre	90			
12		Octubre	110			
13		Noviembre	150			
14		Diciembre	200			

Fuente: <https://www.planillaexcel.com/blog/media-mediana-moda-en-excel>

La variabilidad en procesos de manufactura

Varela, Flores y Tolamatl (2010) mencionan que, en el ámbito de la manufactura, uno de los mayores desafíos que enfrentan las empresas es mantener la consistencia y la calidad de sus productos. La variabilidad, definida como las diferencias o desviaciones que se presentan en los resultados de un proceso, es un fenómeno natural en cualquier proceso de manufactura. Estas variaciones pueden ocurrir debido a múltiples factores y, si no se controlan adecuadamente, pueden afectar de manera significativa la calidad del producto final, la eficiencia del proceso, y la satisfacción del cliente.

La variabilidad en procesos de manufactura se refiere a las fluctuaciones que ocurren en las características de los productos o en los parámetros del proceso a lo largo del tiempo. Estas variaciones pueden ser pequeñas o grandes, y pueden afectar diferentes aspectos del proceso, como la materia prima, las condiciones de operación, las máquinas utilizadas, y el entorno de trabajo.

Existen dos tipos principales de variabilidad en la manufactura:

Variabilidad Inherente (Causas Comunes): Es la variabilidad natural que siempre está presente en el proceso debido a causas pequeñas y constantes, como ligeras diferencias en la materia prima, variaciones menores en la operación de la maquinaria, o fluctuaciones en el entorno de trabajo. Este tipo de variabilidad es inevitable, pero puede ser minimizada mediante el diseño robusto del proceso.

Variabilidad Asignable (Causas Especiales): Es la variabilidad que se debe a causas específicas, como fallas en la maquinaria, errores humanos, cambios bruscos en las condiciones de operación, o problemas con la materia prima. A diferencia de la variabilidad inherente, la variabilidad asignable puede ser identificada y corregida, lo que permite mejorar el control del proceso (Orlandoni, 2012).

Entender la diferencia entre estos tipos de variabilidad es fundamental para implementar estrategias efectivas de control y mejora del proceso.

Las causas de la variabilidad en los procesos de manufactura pueden ser numerosas y variadas. Una de ellas son las variaciones en la calidad o las propiedades de la materia prima pueden provocar diferencias en el producto final. Estas variaciones pueden ser causadas por diferencias en los proveedores, cambios en el material debido al almacenamiento, o inconsistencias en las propiedades físicas o químicas de los materiales.

Otro factor es la maquinaria y equipo, el desgaste de las máquinas, la falta de mantenimiento, o los ajustes incorrectos de los equipos pueden introducir variabilidad en el proceso. Además, las diferencias en las máquinas utilizadas para realizar la misma operación pueden producir resultados ligeramente diferentes.

Los métodos de operación incluyen las variaciones en los métodos o procedimientos de operación, ya sea debido a errores humanos o a diferencias en la capacitación de los operadores, pueden afectar la consistencia del proceso. Otros factores como la temperatura, la humedad, y la presión en el entorno de trabajo pueden influir en la estabilidad del proceso y provocar variaciones en los resultados.

Asimismo, están las herramientas y utillaje, el desgaste de las herramientas, las diferencias en las tolerancias de las piezas de utillaje, o la falta de calibración adecuada pueden introducir variabilidad en el proceso. De esta misma forma, los factores humanos como las diferencias en la habilidad, la experiencia, y la atención de los operadores pueden provocar inconsistencias en el proceso, especialmente en operaciones manuales.

La variabilidad en los procesos de manufactura tiene un impacto directo en la calidad del producto final. A continuación, se describen algunos de los efectos más significativos:

Defectos en el Producto: Cuando la variabilidad no se controla, puede llevar a la producción de piezas que no cumplen con las especificaciones, lo que resulta en defectos. Estos defectos pueden ser críticos, como una falla en la estructura del producto, o menores, como imperfecciones estéticas.

Reprocesamiento y Desperdicio: La variabilidad que causa productos fuera de especificación puede llevar a la necesidad de reprocesar las piezas o, en casos más graves, a desecharlas, lo que incrementa los costos de producción y reduce la eficiencia.

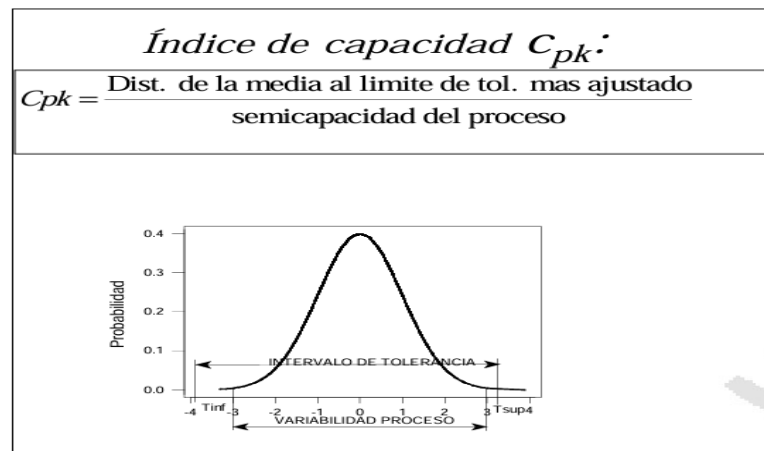
Inconsistencia en la Satisfacción del Cliente: Los productos que no cumplen consistentemente con los estándares de calidad pueden llevar a la insatisfacción del cliente, lo que puede dañar la reputación de la empresa y llevar a la pérdida de negocios.

Costos Incrementados: La variabilidad no controlada puede aumentar los costos de producción debido a la necesidad de controles adicionales, reprocesamiento, y la producción de desechos. Además, puede incrementar los costos de garantía y las devoluciones de productos defectuosos.

La variabilidad es un aspecto inherente a cualquier proceso de manufactura, pero su impacto en la calidad del producto y la eficiencia del proceso puede ser significativo si no se controla adecuadamente. Al comprender las causas de la variabilidad y utilizar herramientas y estrategias efectivas para su control, las empresas pueden mejorar la consistencia y la calidad de sus productos, reducir los costos asociados con defectos y desperdicios, y aumentar la satisfacción del cliente.

La clave para gestionar la variabilidad radica en la identificación temprana de las causas asignables, la implementación de un control efectivo del proceso, y un compromiso continuo con la mejora de la calidad. Al adoptar estas prácticas, las organizaciones pueden lograr un alto nivel de control sobre sus procesos de manufactura y garantizar la entrega constante de productos de alta calidad (Arango, Campuzano y Zapata, 2015). En la figura 2.6 se ejemplifica el índice de capacidad en un proceso de manufactura:

Figura 2.6 Índice Cpk



Fuente: <https://web.cortland.edu/matresearch/controlprocesos.pdf>

Herramientas de calidad

Gándara (2014) menciona que en un entorno empresarial cada vez más competitivo y globalizado, la calidad se ha convertido en un factor diferenciador clave para las organizaciones. La implementación de herramientas de calidad no solo permite a las empresas garantizar productos y servicios de alta calidad, sino que también mejora la eficiencia operativa, reduce costos y aumenta la satisfacción del cliente. Estas herramientas proporcionan un enfoque estructurado para identificar, analizar y solucionar problemas, promoviendo una cultura de mejora continua dentro de la organización.

Las herramientas de calidad son métodos y técnicas utilizadas para facilitar la gestión de la calidad en las organizaciones. Su propósito principal es identificar y analizar problemas relacionados con la calidad, establecer estándares, y medir y controlar el rendimiento de los procesos. A través del uso de estas herramientas, las organizaciones pueden:

- Identificar las causas raíz de los problemas.
- Analizar y evaluar el rendimiento de los procesos.
- Implementar soluciones efectivas para la mejora continua.

- Monitorear y controlar la calidad en cada etapa del proceso.
- Garantizar la conformidad con los requisitos del cliente y las normativas aplicables.

Estas herramientas pueden ser aplicadas en una variedad de industrias, desde manufactura hasta servicios, y son fundamentales para las organizaciones que buscan alcanzar la excelencia operativa y la satisfacción del cliente.

Análisis de Modo y Efecto de Fallas (FMEA)

El FMEA es una metodología utilizada para identificar y evaluar las posibles fallas en un proceso, producto o sistema, y para determinar sus efectos sobre la calidad. A través del análisis FMEA, las organizaciones pueden priorizar las fallas potenciales en función de su severidad, ocurrencia y detectabilidad, y desarrollar estrategias para mitigar los riesgos asociados.

Despliegue de la Función de Calidad (QFD)

El QFD es una herramienta que traduce las necesidades y expectativas del cliente en requisitos específicos de diseño y producción. Este enfoque sistemático asegura que la voz del cliente sea incorporada en todas las etapas del desarrollo del producto, desde la planificación hasta la producción. El QFD es fundamental para asegurar que los productos finales cumplan con los requisitos del cliente y que se mantenga un enfoque en la calidad durante todo el ciclo de vida del producto.

Seis Sigma

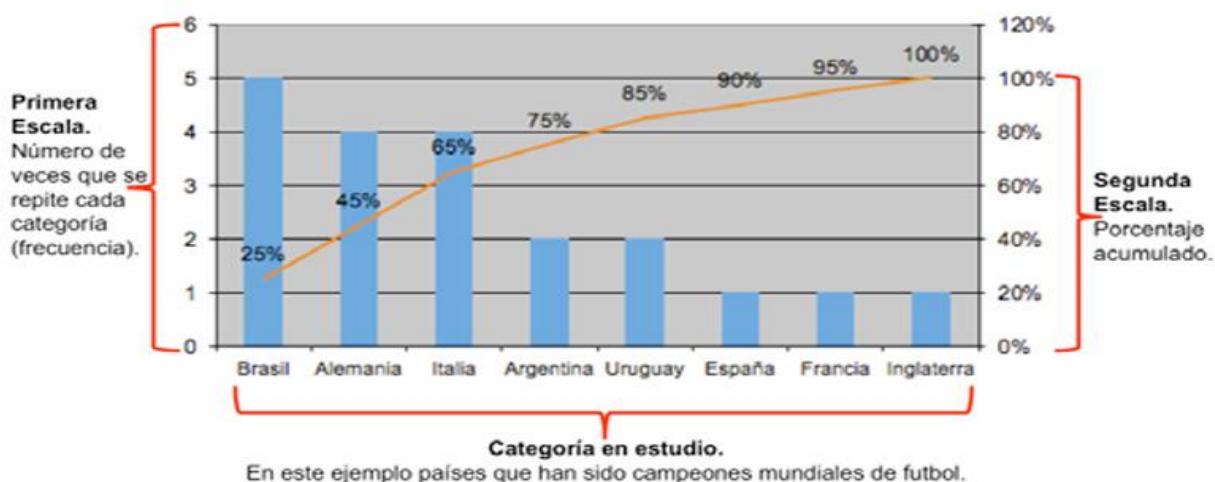
Seis Sigma es una metodología basada en datos que busca reducir la variabilidad en los procesos y mejorar la calidad mediante la eliminación de defectos. Utiliza una serie de herramientas estadísticas avanzadas y un enfoque estructurado conocido como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para identificar y resolver problemas en los procesos. Seis Sigma es ampliamente utilizada en grandes organizaciones para lograr mejoras significativas en la calidad y la eficiencia.

Benchmarking

El Benchmarking es el proceso de comparar el desempeño de una organización con el de líderes del sector o competidores directos. Este análisis comparativo permite identificar mejores prácticas, establecer metas de desempeño y desarrollar estrategias para mejorar la calidad. El benchmarking es una herramienta poderosa para impulsar la innovación y la mejora continua al aprender de las mejores prácticas de otras organizaciones (Climent Serrano, 2004).

En la figura 2.7 se puede observar un ejemplo de control de calidad:

Figura 2.7 Diagrama de herramientas de calidad



Fuente: <https://blog.pxsglobal.com/wp-content/uploads/2017/06/Siete-herramientas-de-la-Calidad.pdf>

Diagrama causa efecto

Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto, inspirado en el principio del 80/20 formulado por el economista italiano Vilfredo Pareto, es una herramienta gráfica que se utiliza para identificar las causas más significativas de un problema, basándose en la frecuencia o el impacto de cada una. La regla del 80/20 sugiere que aproximadamente el 80% de los efectos

proviene del 20% de las causas. En otras palabras, un pequeño número de causas suele generar la mayor parte de los problemas o defectos.

El Diagrama de Pareto se presenta como un gráfico de barras, donde las causas o problemas se enumeran en el eje horizontal (X) y su frecuencia o impacto en el eje vertical (Y). Las barras se ordenan de mayor a menor, lo que facilita la visualización de cuáles son las principales áreas para abordar.

El Diagrama de Pareto es utilizado en diversos contextos dentro de la gestión de calidad, como:

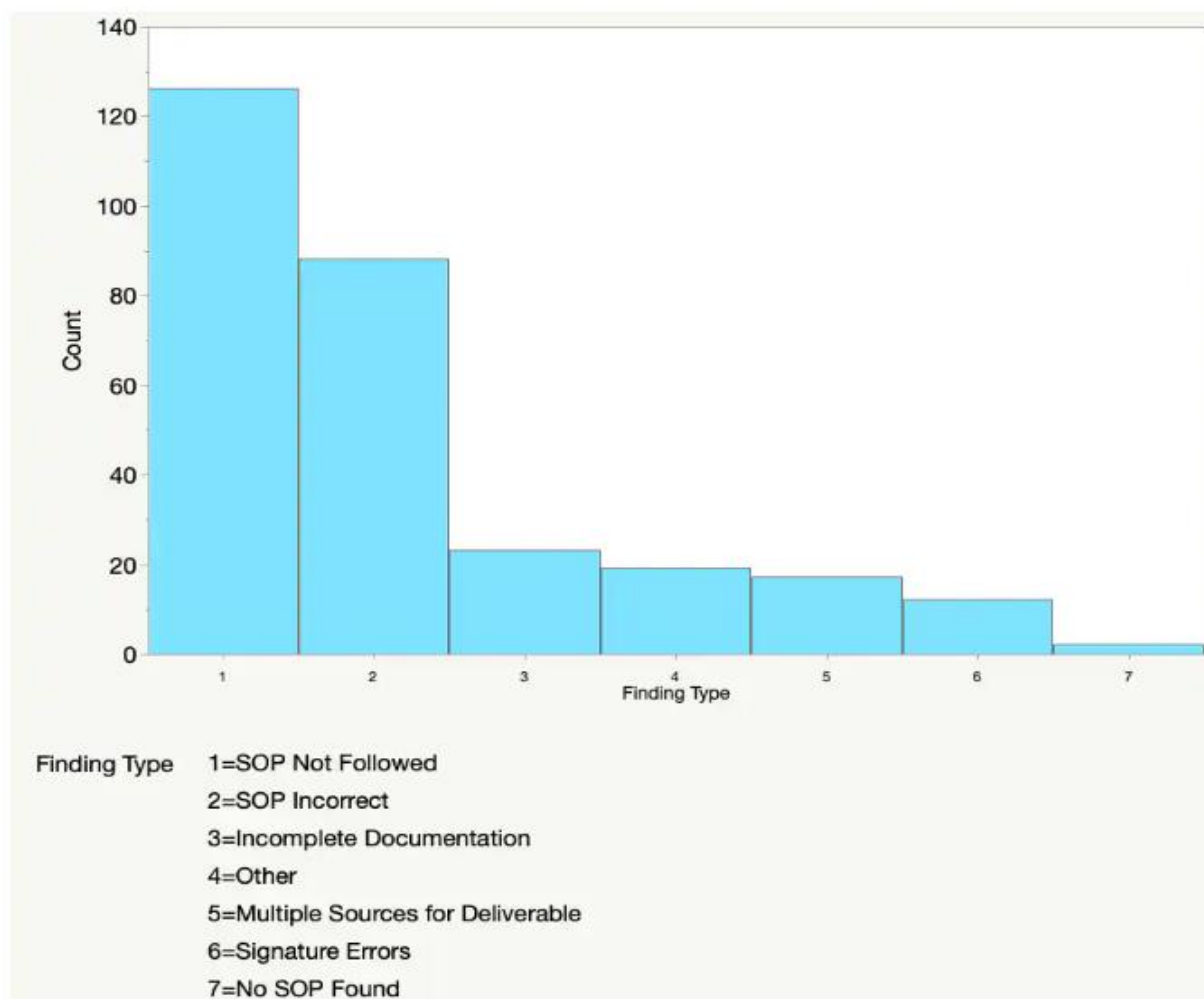
- **Identificación de Problemas Críticos:** Permite identificar los problemas más significativos que requieren atención prioritaria. Por ejemplo, en un proceso de producción, un diagrama de Pareto puede mostrar que un pequeño número de defectos es responsable de la mayoría de los productos defectuosos.
- **Priorización de Recursos:** Al identificar las causas principales de los problemas, las organizaciones pueden asignar recursos de manera más eficiente para resolver los problemas que tendrán el mayor impacto en la mejora del proceso.
- **Evaluación de Resultados:** Después de implementar mejoras, un nuevo Diagrama de Pareto puede ayudar a evaluar la efectividad de las acciones tomadas, mostrando si la frecuencia de los problemas ha disminuido.

El uso del Diagrama de Pareto ofrece varios beneficios clave:

- **Enfoque en las Áreas Críticas:** Facilita el enfoque en las causas que tendrán el mayor impacto en la mejora del proceso, optimizando el uso de recursos.
- **Visualización Clara:** Proporciona una representación visual clara y fácil de entender de la distribución de los problemas, lo que facilita la toma de decisiones informadas.
- **Impulso a la Mejora Continua:** Al destacar las áreas de mayor impacto, el Diagrama de Pareto fomenta un enfoque continuo en la mejora de procesos y en la reducción de defectos.

En la figura 2.8 se ejemplifica el diagrama de Pareto por el conteo ordenado de frecuencia de datos:

Figura 2.8 Diagrama de Pareto



Fuente: https://www.jmp.com/es_mx/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/pareto-chart.html

El control estadístico de procesos

El Control Estadístico de Procesos (CEP), conocido también como Statistical Process Control (SPC) en inglés, es una metodología fundamental en la gestión de la calidad que utiliza herramientas estadísticas para monitorear y controlar procesos de producción. Su objetivo principal es asegurar que los procesos se mantengan dentro de los límites de control aceptables, minimizando la variabilidad y garantizando que los productos o servicios cumplan con los estándares de calidad establecidos. Este

enfoque, ampliamente utilizado en sectores como la manufactura, la salud, y los servicios, es esencial para la mejora continua y la optimización de la eficiencia operativa.

Mediante el uso de herramientas estadísticas, como gráficos de control, el CEP permite identificar desviaciones en tiempo real, lo que ayuda a prevenir defectos antes de que ocurran. Esto no solo mejora la eficiencia del proceso, sino que también reduce costos y asegura la satisfacción del cliente.

El CEP se basa en la recopilación de datos durante el proceso de producción, analizando patrones y tendencias para determinar si las variaciones son naturales o indican un problema en el proceso. Cuando se detectan desviaciones fuera de los límites de control establecidos, se toman medidas correctivas para devolver el proceso a su estado óptimo.

El control estadístico de procesos es una herramienta que permite mantener un proceso productivo dentro de límites aceptables, con el objetivo de lograr productos que cumplan con las especificaciones que se requieren. Este control estadístico de procesos requiere de una adecuada definición de variables críticas de entrada y salida, las cuales son conocidas como parámetros clave de operación e indicadores clave del proceso; este involucra la aplicación de herramientas y metodologías, las cuales deben ser dadas por un equipo de trabajo conformado por un líder de la metodología y por especialistas en el proceso que se esté analizando.

Parte medular del control estadístico de procesos es el análisis estadístico de las variables críticas, ya que requiere información confiable y suficiente sobre las variables en cuestión y debe tomarse para periodos de tiempo en los cuales el proceso haya exhibido un comportamiento estable y normal.

El Control Estadístico de Procesos se basa en la premisa de que toda variabilidad en un proceso se puede clasificar en dos tipos: variabilidad común o natural y variabilidad especial o assignable. La variabilidad común es inherente al proceso y se debe a múltiples factores pequeños que están siempre presentes. Por otro lado, la variabilidad especial proviene de causas específicas que pueden identificarse y corregirse.

Para detectar y gestionar esta variabilidad, el CEP utiliza gráficos de control que permiten visualizar cómo un proceso se comporta a lo largo del tiempo. Estos gráficos, que son el corazón del CEP, ayudan a identificar cuándo un proceso se encuentra bajo control (solo afectado por variabilidad común) y cuándo está fuera de control (afectado por causas especiales). Los dos tipos más comunes de gráficos de control son:

- Gráficos de control por variables: Utilizados cuando se pueden medir características cuantitativas, como el tamaño o el peso de un producto. Ejemplos incluyen los gráficos X-barra y R.

La implementación efectiva del CEP ofrece múltiples beneficios a las organizaciones, entre los cuales destacan:

- Reducción de la Variabilidad: Al identificar y eliminar las causas especiales de variabilidad, el CEP contribuye a la consistencia del proceso, lo que resulta en productos de calidad uniforme y menos defectos.
- Mejora Continua: El CEP no solo se enfoca en mantener los procesos bajo control, sino también en mejorar continuamente. Al monitorear de forma constante, las organizaciones pueden identificar oportunidades para optimizar el proceso y reducir el desperdicio.
- Prevención de Problemas: A través del monitoreo en tiempo real, el CEP permite detectar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallos graves, evitando costos adicionales por retrabajo, desperdicio o productos defectuosos.
- Toma de Decisiones Basada en Datos: El CEP proporciona a los gerentes y operadores datos precisos sobre el desempeño del proceso, lo que facilita una toma de decisiones informada y basada en evidencia.
- Cumplimiento Normativo: En muchas industrias, el cumplimiento de regulaciones de calidad es obligatorio. El CEP ayuda a las organizaciones a cumplir con estos requisitos, lo que puede ser crucial para mantener la licencia de operación o acceder a mercados internacionales.

A pesar de sus claros beneficios, la implementación del Control Estadístico de Procesos no está exenta de desafíos. Entre los principales obstáculos se encuentran:

- **Resistencia al Cambio:** La introducción del CEP puede ser percibida como una amenaza por parte del personal, especialmente si no están familiarizados con los conceptos estadísticos. Es crucial que la dirección apoye la capacitación y la adaptación al nuevo sistema.
- **Requerimientos de Capacitación:** Para que el CEP sea efectivo, es necesario que el personal esté bien capacitado en la interpretación de gráficos de control y en la identificación de causas especiales de variabilidad. Sin la formación adecuada, existe el riesgo de malinterpretar los datos y tomar decisiones incorrectas.
- **Costos Iniciales:** Implementar un sistema de CEP puede implicar costos iniciales significativos, especialmente en la adquisición de software especializado y en la formación del personal. Sin embargo, estos costos suelen verse compensados por las mejoras en la calidad y la eficiencia a largo plazo.

El Control Estadístico de Procesos es una herramienta poderosa que permite a las organizaciones gestionar la calidad de manera proactiva, reduciendo la variabilidad y promoviendo la mejora continua. Aunque su implementación puede requerir esfuerzos significativos, los beneficios a largo plazo en términos de eficiencia operativa, reducción de costos y satisfacción del cliente hacen que valga la pena. Para aprovechar al máximo el CEP, es fundamental que las organizaciones inviertan en la capacitación de su personal y en la cultura de calidad, asegurando así que los procesos no solo se mantengan bajo control, sino que mejoren constantemente en busca de la excelencia.

El control estadístico de procesos es una herramienta esencial para cualquier organización que busca mejorar la calidad de sus productos o servicios, al proporcionar un enfoque proactivo para la gestión de la variabilidad y la mejora continua (Lara, Melo, Herrera y Valdez, 2011).

La implementación del control estadístico en el área de calidad

De acuerdo con Hernández y Da Silva (2016), la implementación del control estadístico en el área de calidad es un proceso esencial para garantizar la consistencia y mejora

continua de los productos y servicios ofrecidos por una organización. Este enfoque utiliza técnicas estadísticas para monitorear y controlar procesos, identificando variaciones y permitiendo la toma de decisiones informadas para optimizar la calidad las cuales se mencionan a continuación:

1. Identificación de Procesos Críticos: El primer paso en la implementación del control estadístico es la identificación de los procesos clave que influyen directamente en la calidad del producto o servicio. Estos procesos deben ser seleccionados con base en su impacto en la satisfacción del cliente y en la eficiencia operativa.

2. Recolección de Datos: Una vez identificados los procesos críticos, se procede a la recolección sistemática de datos. Estos datos pueden incluir medidas de tiempo, dimensiones, temperatura, presión, entre otros, dependiendo del tipo de proceso. Es fundamental que los datos sean precisos y se recojan de manera consistente para obtener una representación exacta del rendimiento del proceso.

3. Análisis Estadístico: El análisis de los datos recolectados se realiza utilizando herramientas estadísticas como gráficos de control, y diagramas de Pareto. Estos análisis permiten identificar patrones, tendencias y variaciones dentro del proceso. La variación puede clasificarse en causas comunes, que son inherentes al proceso, y causas especiales, que son inusuales y pueden indicar un problema específico.

4. Implementación de Medidas Correctivas: Cuando el análisis estadístico revela la presencia de causas especiales de variación, es necesario implementar medidas correctivas. Estas medidas pueden incluir ajustes en el proceso, capacitación del personal, o mejoras en la maquinaria o los materiales utilizados. El objetivo es eliminar las causas de variación no deseadas para mantener el proceso bajo control.

5. Monitoreo Continuo: El control estadístico de calidad no es un esfuerzo puntual, sino un proceso continuo. Una vez que se han implementado las medidas correctivas, es esencial continuar monitoreando el proceso para asegurar que permanezca dentro de los límites de control. El monitoreo continuo permite la detección temprana de cualquier desviación, lo que facilita la intervención oportuna.

6. Mejora Continua: El control estadístico proporciona una base sólida para la mejora continua. A medida que se recopilan y analizan más datos, se pueden identificar nuevas oportunidades para optimizar el proceso y aumentar la calidad. Esto puede implicar la modificación de los límites de control, la introducción de nuevas tecnologías o la revisión de los estándares de calidad.

La implementación del control estadístico en el área de calidad es una estrategia eficaz para garantizar que los procesos operativos sean consistentes y produzcan resultados de alta calidad. Al basarse en datos y análisis rigurosos, las organizaciones pueden tomar decisiones informadas, reducir la variabilidad y mejorar la satisfacción del cliente, lo que contribuye al éxito a largo plazo (Pierdant y Rodríguez, 2009).

Graficas de control por variables

Las gráficas de control por variables representan la aplicación típica del control estadístico de los procesos, donde los procesos y sus resultados pueden caracterizarse por mediciones de variables. Asimismo, estas gráficas permiten monitorear la variabilidad de un proceso a lo largo del tiempo, ayudando a detectar posibles desviaciones o cambios significativos en el mismo. Las gráficas de control por variables incluyen varios conceptos importantes:

- Proceso estable
- Límites de control
- Causas comunes y causas especiales
- Graficas de Control $\bar{X} - R$

Las gráficas de control por variables son particularmente útiles por varias razones:

- Un valor cuantitativo (ej., “la dimensión es 16.45 mm”) contiene más información que una simple declaración sí-no (ej., “el diámetro está dentro de especificaciones”).

- Aunque la recolección de datos de variables es usualmente más costosa que la recolección de datos de atributos (ej., pasa/ no pasa), puede alcanzarse una decisión más rápidamente con un tamaño de muestra más pequeño. Esto puede conducir a costos totales de medición bajos debidos a un incremento en la eficiencia.
- Debido a que pocas partes necesitan chocarse antes de tomar decisiones confiables, el tiempo existente entre una señal “fuera-de-control” y una acción correctiva es usualmente más corta.
- Con datos de variables, el desempeño del proceso puede ser analizado, y el mejoramiento puede cuantificarse, aun y cuando todos los valores individuales estén dentro de límites de especificación. Esto es importante en la búsqueda del mejoramiento continuo.

La gráfica de control por variables nos explica datos del proceso en términos de la variación del proceso, la variación pieza-a-pieza, y el promedio del proceso mismo. Debido a esto, las gráficas de control por variables usualmente se preparan y analizan en pares, una gráfica para el promedio del proceso y otra para la variación del proceso.

Graficas de Control X – R

Las gráficas XR son de gran utilidad y son ampliamente recomendadas porque no requieren de conocimientos avanzados (aunque no siempre es explicada de forma simple), por lo cual su aplicación es posible en cualquier ámbito. Las Gráficas XR son un subconjunto de las gráficas de control.

El formato usado para estas gráficas debe incluir las especificaciones del proceso y la característica a monitorear, incluyendo una gráfica de promedios y una gráfica de rangos presentadas comúnmente juntas. Adicionalmente cuenta con una sección donde se documentan los hallazgos y/o aspectos relevantes de la jornada.

La gráfica de control X – R es la de mayor sensibilidad para descubrir e identificar las causas comunes y las especiales. Se lee primero la gráfica R, en la cual es posible reconocer directamente muchas causas.

Con la ayuda de ésta, se lee la gráfica X, lo cual permite encontrar otras causas, finalmente, examinando ambas en conjunto, es posible obtener mayor información.

Es importante visualizar el comportamiento del proceso para poder mejorarlo

Algunas aplicaciones

Gráfico de promedios y rangos. ($\bar{X}$ – R)

- Monitoreo de procesos.
- Monitorear media y variabilidad de los procesos.
- Obtención de información para establecer y cambiar especificaciones.
- Obtención de información para establecer y cambiar procedimientos de inspección.
- Contar con un criterio para decidir si conviene investigar causas de variación de los procesos.
- Permiten análisis de variabilidad instantánea

CP (Índice de Capabilidad del Proceso):

- $CP \geq 1.33$: Un valor de 1.33 o superior generalmente indica que el proceso es aceptable y que está produciendo productos dentro de las especificaciones con una probabilidad alta de cumplir los requisitos.
- $CP \geq 2.00$: Un valor de 2.00 o superior es indicativo de un proceso de alta calidad, con un bajo nivel de defectos y alta conformidad con las especificaciones.

Cpk (Índice de Capabilidad del Proceso con corrección):

- $Cpk \geq 1.33$: Al igual que el CP, un valor de 1.33 o superior sugiere que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones de calidad.
- $Cpk \geq 2.00$: Un valor de 2.00 o superior indica un proceso excelente en términos de calidad.

Para que un proceso sea aceptable en calidad, idealmente debería tener un valor de CP o Cpk de al menos 1.33. Un valor más alto indica una mayor capacidad del proceso para producir productos que cumplan con las especificaciones

establecidas. Por lo tanto, nuestro índice de CP está por debajo de los valores establecidos, esto quiero decir que tenemos que tomar acciones.

Los valores típicos para que un Pp sea considerado aceptable en calidad son:

1. $Pp \geq 1.33$: Este valor indica que el proceso tiene una capacidad aceptable para cumplir con las especificaciones de calidad. Un Pp de 1.33 sugiere que el proceso está produciendo productos dentro de las especificaciones con una probabilidad razonable de conformidad.
 2. $Pp \geq 2.00$: Un valor de 2.00 o superior indica un nivel muy alto de capacidad del proceso. Esto sugiere que el proceso tiene una variabilidad muy baja en comparación con el rango de especificaciones, lo que resulta en una alta conformidad y bajo nivel de defectos.
- Ppk mide la capacidad del proceso teniendo en cuenta tanto la variabilidad como el centrado del proceso con respecto a las especificaciones.

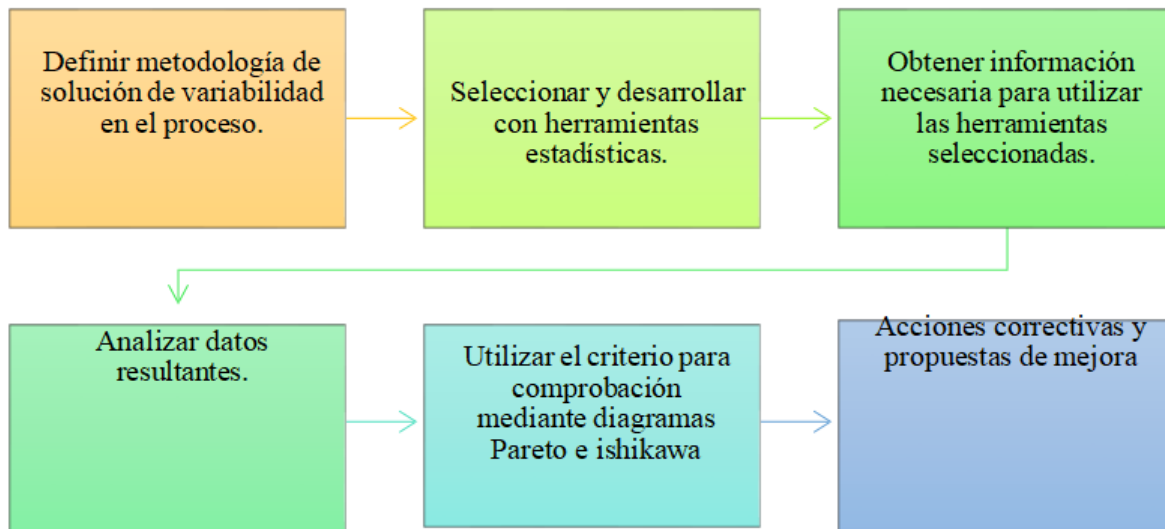
Si el Ppk es significativamente menor que el Pp, puede indicar que el proceso no está centrado adecuadamente y que puede haber una tendencia hacia una mayor cantidad de productos fuera de las especificaciones, incluso si la variabilidad del proceso es baja.

Para que un **Pp** sea considerado aceptable en calidad, un valor de **Pp** de al menos 1.33 es generalmente aceptado. Valores más altos indican un proceso con mejor capacidad para cumplir con las especificaciones.

II. DESARROLLO

A continuación, se presenta el diagrama del método aplicado en este análisis, se muestra la explicación y desarrollo del diagrama en la Figura 3-1.

Figura 3.- Método de la investigación



Fuente: elaboración propia

Definir solución de variabilidad en el proceso

La investigación es un proceso sistemático, organizado y objetivo destinado a responder a una pregunta problema de análisis, por lo cual debemos tener claro que no se puede tomar un método al azar y compararlo con otro tomado al azar también ya que estos pueden o no tener el mismo propósito. Se eligieron los métodos que fueron considerados como buscadores de solución de variabilidad (causa raíz) respondiendo a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la aportación del método a tu tema de análisis?
- ¿En qué medida satisface este método las necesidades del análisis?

En este análisis, los métodos Pareto, Ishikawa y Variabilidad nos ayudaran a identificar la causa raíz del análisis.

Seleccionar y desarrollar herramientas.

Se eligieron diversas herramientas que fueron categorizadas de acuerdo con el uso de las mismas como se muestra a continuación:

- ❖ Generar / ordenar ideas
 - Diagrama de Ishikawa
 - Diagrama de Pareto
 - Búsqueda de variables
- ❖ Recolectar resultados y presentar información
 - Diagrama de dispersión
- ❖ Conocimiento del proceso
 - Diagrama de variabilidad

Los datos se clasifican como se muestra en la Tabla 3:1. La información correspondiente a las variables a analizar:

Tabla 3:1 Clasificación de variables

Variable	Descripción	Tipo de variable
<i>Sobrecubrimiento</i>	La cantidad de plástico inyectado puede ser excesiva o insuficiente, lo que lleva a problemas como rebabas o falta de material en ciertas áreas.	Factor
<i>Defectos Superficiales</i>	La aparición de defectos como marcas de flujo, rayas, burbujas, dispersiones en piezas pigmentadas puede comprometer la apariencia y la integridad de las piezas.	Factor
<i>Variabilidad Dimensional</i>	Las piezas pueden presentar variaciones en sus dimensiones, lo que puede afectar su ajuste y funcionalidad en el vehículo.	Factor
<i>Deformación</i>	Las piezas pueden sufrir deformaciones durante el proceso de enfriamiento, lo que afecta su precisión dimensional y su ajuste en el ensamblaje.	Factor
<i>Variabilidad de Color</i>	La inconsistencia en la mezcla de pigmentos puede resultar en variaciones de color entre lotes de producción o incluso dentro del mismo lote.	Factor

Fuente: elaboración propia

Recolectar resultados y presentar información

Treck Automotive dedicada a la fabricación de piezas plásticas (autopartes) inyecta una pieza denominada “HOUSING LEFT/HOUSING RIGHT” con número de parte “321000249261M/321000299682M”, esta pieza se utiliza en la parte de la puerta tanto izquierda como derecha en los autos Volkswagen 371, teniendo como función soportar la manija de apertura del auto, a continuación, se muestran imágenes de la dicha pieza:

Figura 3.2 “HOUSING LEFT/HOUSING RIGHT”



3.2 Cav. Izquierda



3.3 Cav. Derecha

Fig. 3.4 Demostración de ensamble

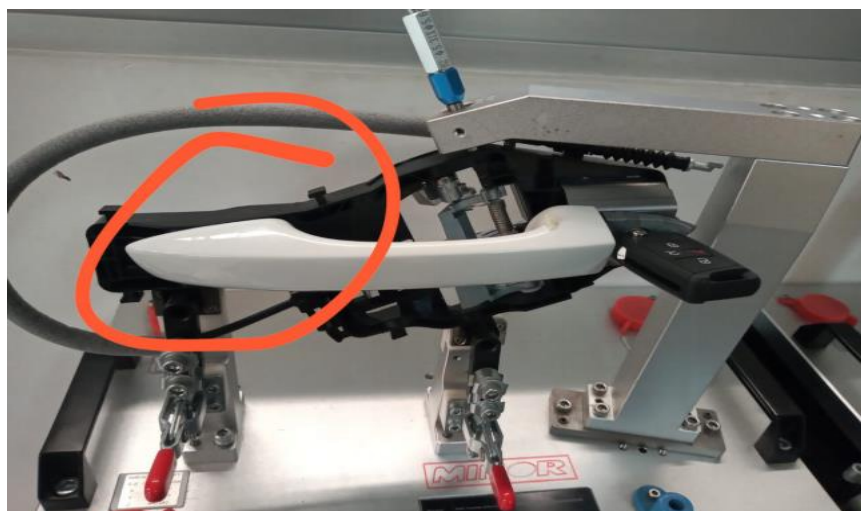
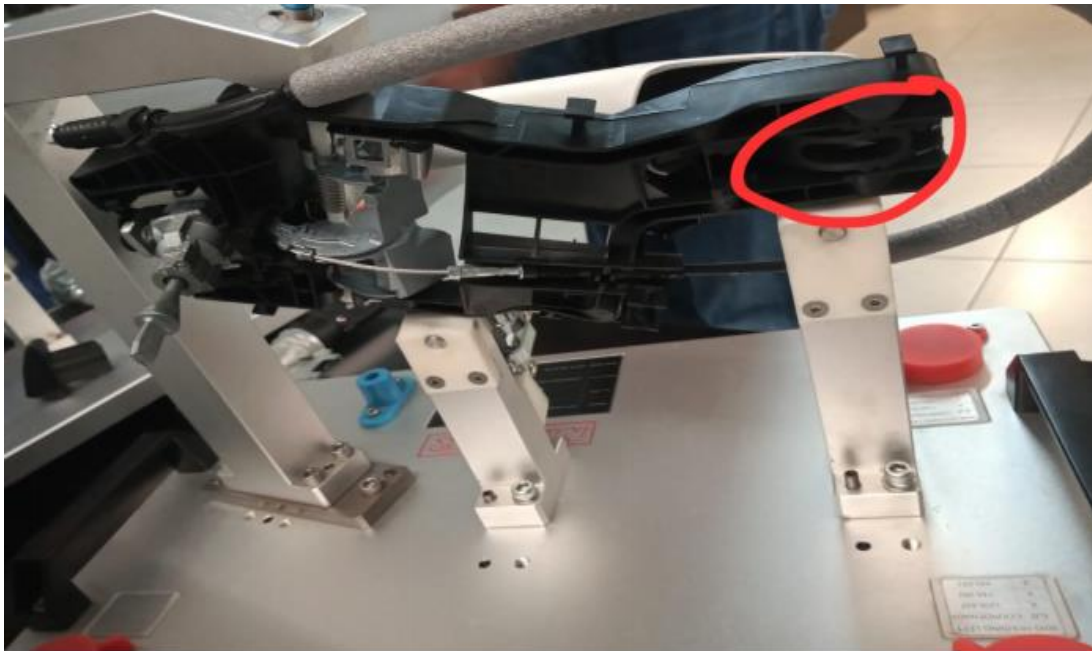


Fig. 3.5 Dispositivo para medir



Se realiza un análisis para determinar si existe variabilidad en diversos factores, si presenta variabilidad y si lo es así identificar el valor y poder reducirla para garantizar calidad en los productos finales. Para ello se decide controlar los siguientes factores:

- factor A: Sobrerecubrimiento
- factor B: Defectos Superficiales
- factor C: Variabilidad Dimensional
- factor D: Deformación
- factor E: Variabilidad en el color

A continuación, se muestran las tolerancias de dichos factores (actual y propuesto) se describen en la Tabla 3:6.

Tabla 3:6 Niveles actual y propuesto de factores

Factores	Nivel actual	Nivel propuesto
Sobrecubrimiento	2.52 mm	0.99 / -0.01 mm
Defectos Superficiales	0.06 mm	0.49 / -0.21 mm
Variabilidad Dimensional	7.5 mm	3.9 ± 0.5 mm
Deformación	60.02 mm	60.4 ± 0.3 mm
Variabilidad de Color	12.90	13 ± 0.40

Fuente: elaboración propia

Una vez recolectada la información (datos obtenidos de productos finales) tras experimentar con 375 datos, (Datos correspondientes al mes de Febrero – Mayo) se presenta la siguiente tabla (véase en anexo 1, tabla 3.7), obteniendo al igual su media, mediana y moda de dichos datos (véase anexo, tablas 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12)

Analizar datos resultantes.

Analizando los datos se obtuvo que la variable a analizar es “SOBRERECUBRIMIENTO” ya que la mayor parte de los datos están fuera de especificación (piezas defectuosas).

Esta etapa es crucial, ya que, en la forma en que los datos son colocados pueden afectar los resultados. De tal manera que, si esta etapa no se lleva con precisión, podríamos alterar los datos de tal forma que no estaríamos llegando al resultado ideal, sino a uno manipulado por datos que están donde no deberían.

La interpretación de los datos resultantes deberá desprender con claridad del análisis de cada tabla o gráfico que se originen del software (Excel) utilizado en este análisis.

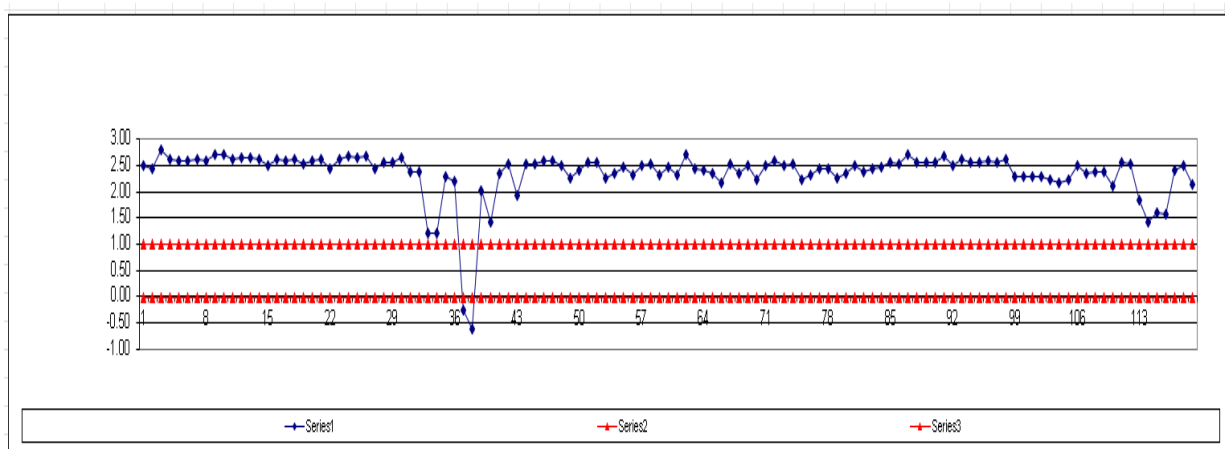
Gráfico de variabilidad

El diagrama para observar se utiliza para identificar, analizar y reducir la variabilidad en el proceso de inyección de plástico, con el objetivo de mejorar la calidad y consistencia de las autopartes producidas. Permite visualizar las variaciones en las características del producto y sus posibles causas.

- Se selecciona las variables cuantitativas de los datos de “Sobrecubrimiento”. Esto para analizar cómo el tiempo de estudio se relaciona con los datos obtenidos de las piezas defectuosas.
- Cada punto en el diagrama representa una medición específica de la característica del producto en un punto o fase del proceso. Los puntos son representaciones individuales de piezas
- El diagrama muestra el factor que contribuyen a la variabilidad, en este caso es un factor del proceso “Sobrecubrimiento”

A continuación, se muestra la gráfica de variabilidad, esta se utilizó para llevar a cabo de forma más adecuada la visualización de los datos obtenidos, ver Figura 3-13.

Figura 3-13 Gráfico de variabilidad “Sobrecubrimiento”.



Fuente: elaboración propia

El análisis del diagrama ha revelado que varias mediciones de las características de dicha pieza a analizar están fuera de las especificaciones aceptables. Este hallazgo indica que el proceso de inyección de plástico no está produciendo piezas dentro de los límites de calidad establecidos.

La detección de datos fuera de especificación en el diagrama de variabilidad destaca la necesidad urgente de ajustar y optimizar el proceso de inyección. Implementar las acciones correctivas permitirá reducir la variabilidad, mejorar la calidad de las piezas y asegurar que se cumplan los estándares de producción. La atención a estos aspectos es crucial para garantizar la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa a largo plazo.

Gráficos $\bar{X}$ -R

Posteriormente se muestra en esta categoría, “Conocimiento del proceso”, se considera de vital importancia poder visualizar el panorama tanto general como específico. Para el caso de las Gráficas de Control, se seleccionaron $\bar{X}$ -R para la finalidad antes descrita:

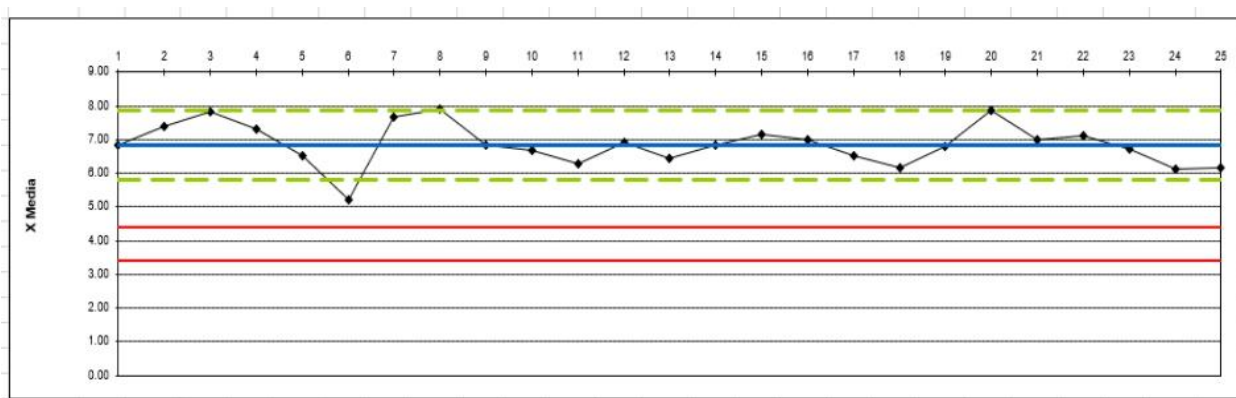
- Datos $\bar{X}$ -R para subgrupos de n<5, (Figura 3-14)
- Gráfico $\bar{X}$ para subgrupos de n<5, (Figura 3 - 16)
- Gráfico R para subgrupos de n<5, (Figura 3 - 17)

Figura 3-14 Datos de $\bar{X}$ -R

Grafica de X Media y Rangos																									Número de Parte: 000249261M/321000299682M					
Operación: INYECCIÓN										Característica:										Fecha: 2024					Descripción: HOUSING LEFT/HOUSING RIGHT					
																				LIE					3.40		LSE		4.40	
Sub-grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25					
Fecha																														
Hora																														
1	6.800	6.800	8.200	6.400	7.800	4.200	7.200	8.700	7.800	6.500	6.400	5.700	6.800	6.100	7.500	8.000	7.000	5.500	5.700	8.100	6.600	7.600	7.500	6.200	6.800					
2	6.700	6.400	7.500	7.200	7.900	3.400	7.700	8.200	6.100	6.500	6.500	7.500	6.800	6.400	6.800	6.700	7.700	6.500	6.100	9.100	6.900	6.800	7.400	5.800	6.700					
3	6.700	5.900	8.600	7.200	7.100	3.300	7.100	7.400	6.700	6.800	6.800	7.300	6.100	6.100	7.400	7.000	4.600	6.400	8.300	7.300	7.000	7.800	6.000	5.400	5.300					
4	7.100	9.500	8.500	7.900	5.800	7.200	8.400	7.800	6.600	6.700	6.100	6.800	6.100	7.400	7.100	6.600	6.800	6.400	7.300	7.100	6.600	7.000	6.900	7.000	5.900					
5	6.900	8.300	6.400	7.900	4.000	7.300	8.000	7.400	6.900	6.800	5.600	6.700	6.300	8.200	7.000	6.700	6.500	6.000	6.600	7.800	7.900	6.400	5.800	6.300	6.200					
X Media	6.84	7.38	7.84	7.32	6.52	5.20	7.68	7.90	6.82	6.66	6.28	6.92	6.42	6.84	7.16	7.00	6.52	6.16	6.80	7.88	7.00	7.12	6.72	6.14	6.18					
Rango	0.40	3.60	2.20	1.50	3.90	3.30	1.30	1.30	1.70	0.30	1.20	2.20	0.70	2.10	0.70	1.40	3.10	1.00	2.60	2.00	1.30	1.40	1.70	1.60	1.50					

Datos para graficar. (Ver anexo 3, tabla 3.15)

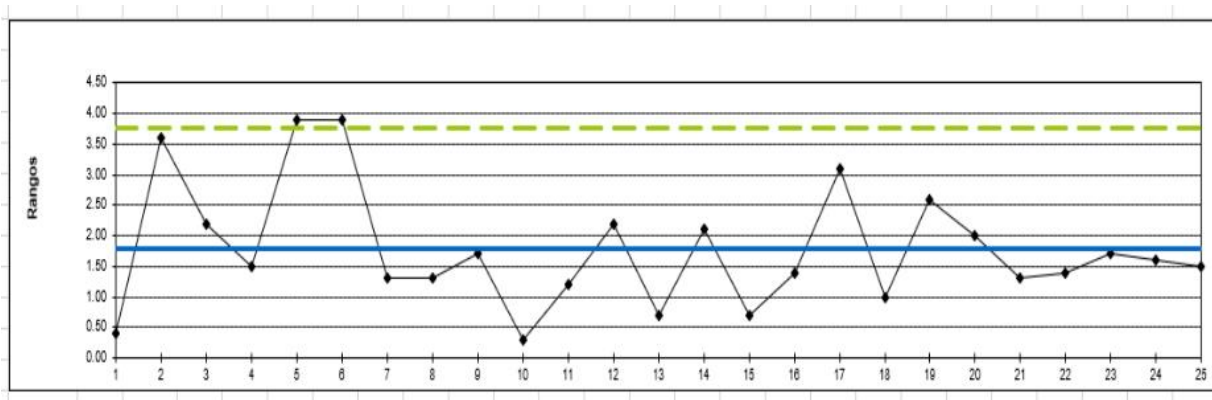
Figura 3-16 Grafico de $\bar{X}$



Promedio Fuera de Especificación: La gráfica de medias muestra que el promedio de las mediciones está sistemáticamente fuera del límite superior especificado, esto indica un sesgo en el proceso. Es decir, el proceso de inyección no está produciendo piezas que cumplan con las especificaciones promedio.

Tendencias en la Media: La presencia de una tendencia ascendente en la gráfica de medias puede indicar un problema en el ajuste del proceso, como una variación en la temperatura del molde o en la presión de inyección.

Figura 3-17 Grafico R



Rango Excesivo: La gráfica de rangos muestra que la variabilidad dentro de lo especificado (la diferencia entre la pieza con la mayor y la menor medida) es mayor de lo esperado, esto sugiere que hay inconsistencias significativas en el proceso.

Un rango excesivo puede ser causado por factores como variaciones en la mezcla de material o en el control de las condiciones del proceso.

Variabilidad en el Tiempo: La presencia de patrones en la variabilidad a lo largo del tiempo puede indicar problemas cíclicos o recurrentes en el proceso, como fallos en el mantenimiento del equipo o cambios en la calidad del material.

En conclusión, la presencia de datos fuera de especificación en las gráficas de medias y rangos indica problemas significativos en el proceso de inyección. La identificación y corrección de las causas subyacentes de estas variaciones son cruciales para restaurar el control del proceso y asegurar que las piezas producidas cumplan con las especificaciones de calidad requeridas. Implementar las acciones correctivas recomendadas permitirá mejorar la consistencia del proceso y reducir los costos asociados a productos defectuosos.

Por lo tanto, se muestra los máximos y mínimos de las gráficas. (Ver figura 3-18)

Figura 3-18 Máximos y mínimos

MIN	3.40	Rango prom.	1.784	LSC	7.881	LSC R	3.771
MAX	9.50	X media	6.852	LIC	5.823	Desv. Est.	0.985

Obtenemos nuestros estudios de habilidad: (Ver figura 3-19)

Figura 3-19 Estudios de habilidad

Estudio de Habilidad	Cp	0.2173	Cpk	-1.0656	Pp	0.1691	Ppk	-0.8294
----------------------	----	--------	-----	---------	----	--------	-----	---------

Los valores bajos de Cp y Pp indican que la variabilidad del proceso es demasiado alta. Esto podría ser causado por inconsistencias en el proceso de inyección, problemas con el equipo, o variaciones en el material.

Los valores bajos de Cpk y Ppk sugieren que el proceso no está bien centrado en el objetivo de especificación. Esto puede deberse a ajustes incorrectos en los parámetros del proceso o problemas en la configuración de las máquinas.

Los índices Cp, Cpk, Pp y Ppk han indicado que el proceso de inyección de plástico no está cumpliendo con las especificaciones de calidad requeridas. La variabilidad y el desajuste del proceso deben ser abordados mediante una revisión exhaustiva y ajustes en el proceso, mantenimiento del equipo y control de materiales. Implementar acciones correctivas permitirá mejorar la capacidad del proceso, reducir la variabilidad, y asegurar que las autopartes producidas cumplan con los estándares de calidad establecidos.

Herramientas categoría “Generar/ ordenar ideas”

El diagrama de Pareto se utilizó en el programa Excel para realizar tanto los cálculos necesarios para el porcentaje, así como el diagrama mostrado en la tabla 3-20.

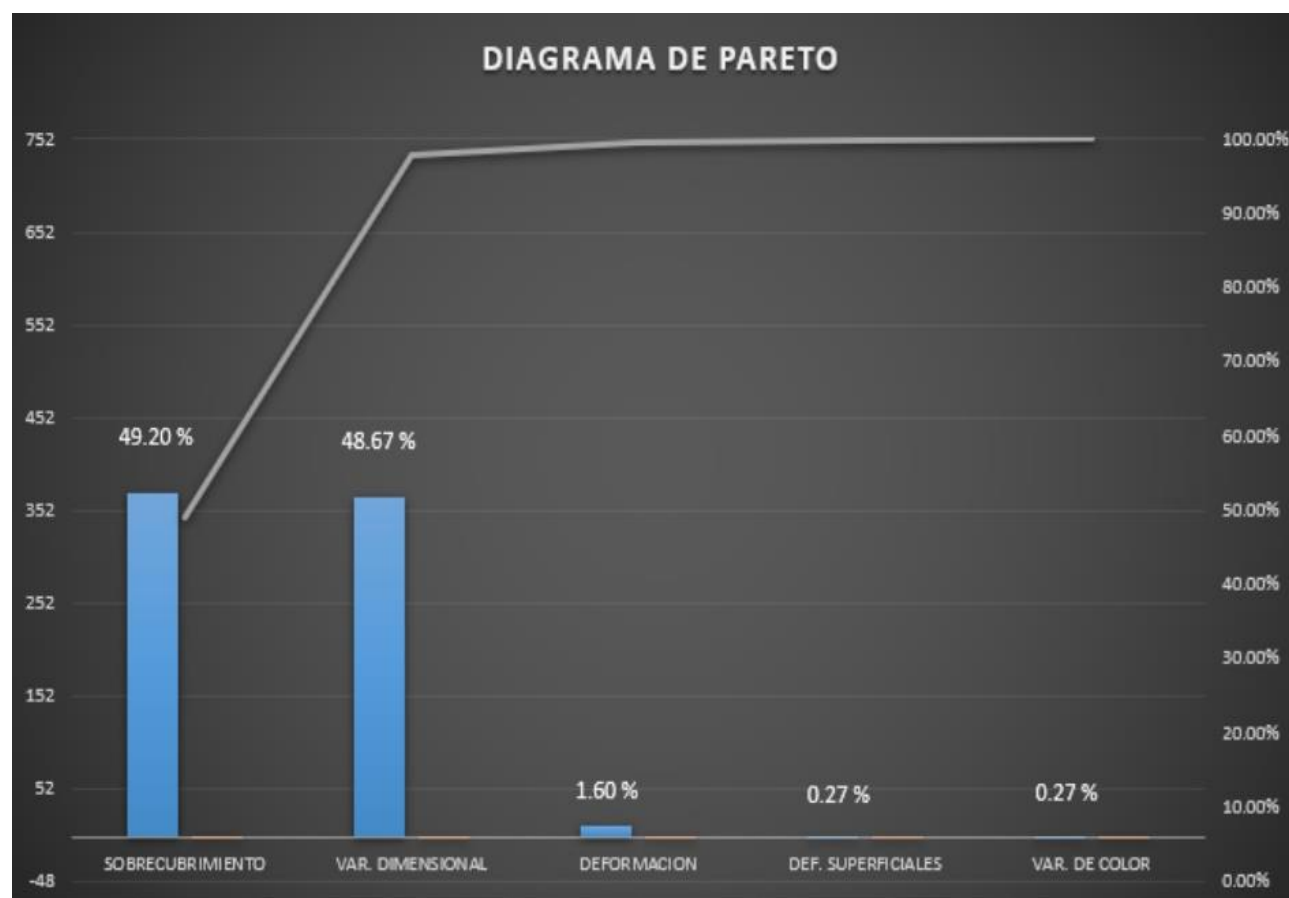
Tabla 3:20 Defectos, claves, observaciones e indicadores previo Pareto

Oportunidad	Clave	# Observados piezas defectuosas	%	Acumulado	% Acum.
Sobrecubrimiento	A	370	49.20%	370	49.20%
Variabilidad Dimensional	B	366	48.67%	736	97.87%
Deformación	C	12	1.60%	748	99.47%
Defectos Superficiales	D	2	0.27%	750	99.73%
Variabilidad del color	E	2	0.27%	752	100%
Totales:		752	100%	3356	100%

Fuente: elaboración propia

Una vez organizados los datos obtenidos se procede a realizar el diagrama de Pareto, esto nos ayudara a tener una visualización clara sobre la variable que presenta más piezas defectuosas. (Ver figura 3-21)

Figura 3-21 Diagrama de Pareto sobre defectos. Generado en Excel



Fuente: elaboración propia

Los defectos en la producción se deben principalmente a problemas con el proceso de Sobrecubrimiento (49.20%) y Var. Dimensional (48.67%), Juntas, estas 2 causas representan el 97.87% de los problemas.

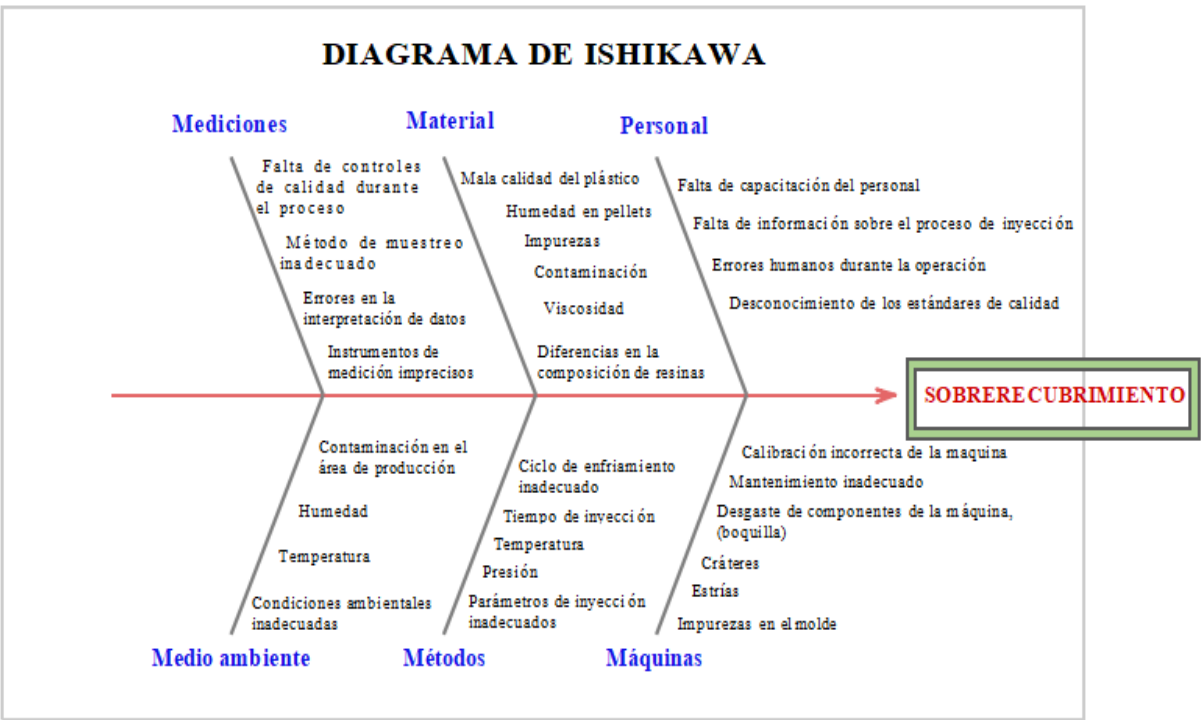
Las categorías restantes, aunque son importantes, contribuyen en menor medida al problema total. En conjunto, estas causas representan el 2.13% del impacto total, lo que indica que se trata de problemas secundarios.

Dado que las principales causas identificadas tienen el mayor impacto en el problema, es crucial enfocarse en ellas para lograr mejoras significativas. Abordar estas causas prioritarias puede resolver una gran parte del problema total.

El diagrama de Pareto ha proporcionado una visión clara de las principales causas que contribuyen al problema de sobrecubrimiento. Al enfocar las acciones correctivas en las causas principales identificadas, se espera lograr una mejora significativa en el problema, como la reducción de defectos, tiempos de inactividad, costos, etc. La priorización de esfuerzos permitirá una resolución más eficaz y una optimización de los recursos, contribuyendo a la mejora general del proceso y a la reducción de problemas.

Por ello se pasa a analizar la causa raíz con ayuda de un diagrama de Ishikawa. Ver figura 3-22

Figura 3-22 Diagrama causa - efecto sobre el defecto con mayor relevancia



Fuente: elaboración propia

En la aplicación del diagrama causa-efecto, pudimos ver que la causa es una configuración incorrecta de la máquina de inyección, como presión de inyección excesiva o insuficiente, esto puede causar sobrecubrimiento.

Los efectos que pueden llegar a ocasionar son los siguientes:

- Aumento de defectos (rebabas) en el producto final.
- Rechazos en el control de calidad
- Aumento de costos por retrabajos

Como solución: Ajustar y calibrar la máquina de inyección para asegurar que la presión, la temperatura y el tiempo de inyección sean los adecuados. Además, revisar y dar mantenimiento a los moldes para garantizar que no haya obstrucciones o desgastes que afecten el flujo del plástico.

Acciones correctivas para el sobrecubrimiento:

1.-Revisión de Parámetros de Proceso:

Ajustar la temperatura, presión y tiempo de inyección para optimizar el proceso.

Realizar pruebas de ajuste y documentar los parámetros óptimos.

2.-Mantenimiento de Equipos:

Implementar un programa de mantenimiento preventivo para las máquinas de inyección.

3.- Verifique y reemplace los componentes desgastados que puedan afectar la calidad.

4.-Control de materiales:

Asegurar que los materiales plásticos sean de alta calidad y sin contaminantes.

Establecer protocolos para la verificación de la humedad en los pellets.

5.-Capacitación del Personal:

Ofrecer capacitación regular a los operadores sobre el manejo de la máquina y mejores prácticas.

Fomentar la conciencia sobre la importancia del control de calidad.

6.-Mejoras en el Diseño del Molde:

Evaluar el diseño del molde para asegurar que no contribuya al sobrecubrir. Considere el uso de moldes con mejores características de flujo.

Propuestas de mejora:

1.-Implementación de Sistemas de Monitoreo:

Monitorear parámetros críticos del proceso.

Utilizar software de monitoreo para detectar desviaciones automáticamente.

2.-Establecimiento de Protocolos de Inspección:

Crear un plan de control de calidad más riguroso para inspeccionar productos durante y después del proceso.

Incluir revisiones aleatorias y análisis de productos defectuosos.

3.-Optimización del Ciclo de Enfriamiento:

Revisar y ajustar el ciclo de enfriamiento para garantizar el enfriamiento uniforme del producto. Implementar tecnologías de enfriamiento más eficientes, si es necesario.

4.-Análisis de Causas Raíz:

Realice un análisis de causa raíz (como el diagrama de Ishikawa) para identificar problemas subyacentes.

Involucrar a equipos multidisciplinarios en la discusión de soluciones.

5.-Retroalimentación Continua:

Fomentar un sistema de retroalimentación donde los operadores puedan reportar problemas y sugerir mejoras.

Realizar reuniones periódicas para discutir el rendimiento del proceso y las oportunidades de mejora.

Concluir que Pareto e Ishikawa ayudan a solución de problemas

En esta etapa final, se analizarán los casos de estudio de acuerdo con los resultados obtenidos y, habiéndolos analizado, concluir en cuales de estos casos y por qué, es mejor utilizar el método Pareto e Ishikawa para la solución de problemas.

Caso 1: Pareto “Conocimiento del proceso”

El Diagrama de Pareto es una herramienta valiosa para la solución de problemas debido a varias razones clave:

1. **Identificación de Problemas Principales:** Basado en el principio de Pareto, que sostiene que el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas, este diagrama ayuda a identificar las causas más significativas de un problema. Al enfocarse en estos puntos críticos, se puede abordar las áreas que tendrán el mayor impacto.
2. **Priorización de Recursos:** Al mostrar qué problemas o causas tienen el mayor impacto, el Diagrama de Pareto ayuda a priorizar la asignación de recursos y esfuerzos. Esto asegura que se utilicen de manera eficiente para resolver los problemas más importantes primero.
3. **Claridad Visual:** El diagrama presenta los datos de forma clara y visual, facilitando la comprensión rápida de qué problemas son los más frecuentes o costosos. Esto hace que sea más fácil para los equipos y partes interesadas entender la situación y tomar decisiones informadas.
4. **Análisis de Datos:** Permite analizar datos históricos y cuantitativos para identificar patrones y tendencias. Esto es útil para comprender la magnitud de cada problema y cómo se compara con otros.

5. **Facilita la Comunicación:** La representación gráfica facilita la comunicación de los problemas y las prioridades a todos los miembros del equipo y las partes interesadas. Esto puede ser crucial para obtener apoyo y alinear los esfuerzos de todos hacia la resolución de los problemas principales.
6. **Mejora Continua:** Al identificar y abordar las causas más significativas de los problemas, las organizaciones pueden mejorar continuamente sus procesos y reducir la recurrencia de problemas menores.

Diagrama de Pareto es una herramienta eficaz porque ayuda a enfocar los esfuerzos en las áreas que tendrán el mayor impacto positivo, proporcionando una visión clara y priorizada de los problemas.

Caso 2: Ishikawa “Generar/ ordenar ideas”

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, es muy útil para la solución de problemas por varias razones:

1. **Identificación de Causas Raíz:** El Diagrama de Ishikawa es especialmente efectivo para identificar las causas raíz de un problema al desglosar los posibles factores que contribuyen a un efecto o problema específico. Permite una exploración exhaustiva de todas las posibles causas en lugar de abordar solo los síntomas.
2. **Organización Visual:** La estructura gráfica del diagrama facilita la visualización de cómo diferentes causas están relacionadas entre sí y cómo contribuyen al problema principal. Esto proporciona una comprensión clara de las posibles interrelaciones y la complejidad del problema.
3. **Enfoque Integral:** Abarca varias categorías de causas, como personas, procesos, materiales, equipos y entorno. Esta cobertura integral asegura que se consideren múltiples dimensiones del problema, evitando la omisión de factores relevantes.

4. **Facilita el Trabajo en Equipo:** Es una herramienta colaborativa que fomenta la participación activa de los miembros del equipo en la identificación y análisis de las causas del problema. Esto ayuda a obtener diferentes perspectivas y conocimientos, lo que puede llevar a una solución más completa y efectiva.
5. **Estructura de Pensamiento:** El diagrama guía el proceso de pensamiento al desglosar el problema en causas y subcausas. Esto ayuda a estructurar el análisis y evita que se pase por alto información crucial.
6. **Prevención de Problemas Futuros:** Al identificar y abordar las causas raíz, se pueden implementar soluciones que no solo resuelvan el problema actual, sino que también prevengan la recurrencia del mismo en el futuro.
7. **Facilita la Comunicación:** La representación visual clara y la estructura del diagrama facilitan la comunicación de los hallazgos y las estrategias de resolución a otros miembros del equipo y partes interesadas, ayudando a alinear esfuerzos y recursos.

Diagrama de Ishikawa es una herramienta efectiva para la solución de problemas porque proporciona una manera estructurada y visual de explorar todas las posibles causas de un problema, facilita el trabajo en equipo y la comunicación, y ayuda a identificar y abordar las causas raíz para evitar la recurrencia del problema.

Se describieron y compararon herramientas que pueden auxiliar desde distintas trincheras a la disminución de variabilidad en un proceso. Se resalta principalmente que la propuesta al inicio del manuscrito se cumple, dado que las herramientas propuestas, utilizadas en la metodología de este análisis mostraron, con base en la experiencia adquirida en la utilización de diversas herramientas de calidad y estadísticas ser superiores tanto en la aplicación, como el uso y comunicación de las mismas.

Criterio de medición

El criterio de medición establece la medida que utilizamos para evaluar las alternativas propuestas. El paso inicial fue elegir un problema a solucionar (casos de estudio) y justo después de ello vienen los criterios de medición, que ayudan a medir la eficacia e impacto del emprendimiento desarrollado. Los puntos que se deben tomar en cuenta en cualquier sistema de medición elegible son:

- Debe contar con un objetivo o plan específico; en nuestro caso, el objetivo específico es la reducción de variabilidad en un proceso de inyección de plástico (autopartes).
- Un medio para medir la actividad desarrollada; nuestra calificación propuesta se muestra en la Tabla 3:3, que fue creada en base a la experiencia obtenida mediante la aplicación de herramientas estadísticas empleadas al aplicar los casos de estudio.

Definir un criterio de medición es esencial para el correcto desarrollo del tema de investigación, ya que, para poder llevar a cabo los análisis y conclusiones, es necesario contar con una métrica que no beneficie ni opaque los resultados de una herramienta u otra por lo que para definir la evaluación se utilizó un criterio de puntuación 1-5 (de acuerdo a la experiencia que se tuvo al utilizarlas), desglosándose de la siguiente manera:

- 1 = Nada
- 2 = Poco
- 3 = Medianamente
- 4 = Suficiente
- 5 = Sobresaliente

Tabla 3.23.- Herramientas propuestas para la categoría “Generar/ ordenar ideas” en base a experiencia de aplicación.

Tabla 3.23 Grado de cumplimiento

Categoría		Grado de cumplimiento				
Generar / ordenar ideas	Herramienta	Facilidad de aplicación	Facilidad de lectura /comunicación	Facilidad de uso	Detección de causa raíz	Estabilidad de solución
	Criterio					
	Diagrama de Pareto	4	4	4	5	3
	Diagrama de Ishikawa	2	4	4	3	3
	Diagrama de variabilidad	4	3	4	3	3

Fuente: elaboración propia

III. RESULTADOS

Al analizar los problemas de sobrecubrimiento, defectos superficiales, variabilidad dimensional, distorsión o deformación, y variaciones en el color en una fábrica de inyección de plástico (autopartes) los resultados pueden ofrecer una visión clara sobre el impacto de estos problemas en el proceso de fabricación y en la calidad del producto.

1. Sobrerecubrimiento

Resultados:

- **Piezas defectuosas:** La falta de cobertura puede llevar a piezas con zonas débiles, mientras que el sobrerecubrimiento puede causar deformaciones y problemas en el ensamblaje.
- **Desperdicio de material:** El sobrerecubrimiento puede resultar en un uso ineficiente del material plástico, aumentando los costos de producción.

Para minimizar el sobrecubrimiento, es esencial ajustar y calibrar las máquinas de inyección. Mantener los moldes en buen estado y controlar el flujo del plástico puede mejorar la cobertura y la precisión en la producción de autopartes.

2. Defectos Superficiales

Resultados:

- **Apariencia comprometida:** Los defectos superficiales afectan la estética del producto, lo que puede ser inaceptable en la industria automotriz donde la apariencia es crucial.
- **Problemas de rendimiento:** Algunos defectos superficiales pueden comprometer la funcionalidad de las piezas, afectando su rendimiento en el vehículo.

La solución pasa por un control exhaustivo del proceso de inyección y del material plástico. Implementar un sistema de inspección de calidad riguroso y realizar pruebas de control de calidad en cada etapa de la producción ayudará a reducir los defectos superficiales.

3. Variabilidad Dimensional

Resultados:

- **Problemas de ajuste:** La variabilidad en las dimensiones puede causar dificultades en el ensamblaje y el ajuste de las autopartes en el vehículo, llevando a fallos funcionales.
- **Aumento en rechazos y retrabajos:** Las piezas fuera de especificación pueden necesitar ser desechadas o retrabajadas, aumentando los costos y el tiempo de producción.

Es fundamental mejorar la precisión del diseño del molde y el control del proceso de inyección. Utilizar técnicas de control estadístico del proceso y realizar mantenimientos regulares a las máquinas y moldes puede ayudar a mantener la consistencia dimensional.

4. Distorsión o Deformación

Resultados:

- **Pérdida de precisión geométrica:** Las deformaciones pueden afectar la forma y el ajuste de las piezas, comprometiendo su funcionalidad y compatibilidad con otros componentes.
- **Problemas de calidad:** Las piezas deformadas pueden ser rechazadas en las inspecciones de calidad o necesitar ajustes adicionales.

Optimizar el enfriamiento del molde y ajustar el diseño para minimizar tensiones internas es clave para reducir la distorsión. Implementar controles rigurosos durante el enfriamiento y el proceso de fabricación ayudará a mantener la integridad geométrica de las piezas.

5. Variaciones en el Color

Resultados:

- **Incoherencia estética:** Las variaciones de color pueden afectar la apariencia general de las piezas, lo que es crítico en la industria automotriz donde la uniformidad es importante.
- **Problemas de calidad:** Los cambios de color pueden indicar problemas en el proceso de mezcla o en la aplicación de colorantes, afectando la percepción de calidad del producto.

Para controlar las variaciones en el color, es importante estandarizar y controlar el proceso de mezcla de pigmentos y el sistema de alimentación de color en la máquina

de inyección. Realizar pruebas y ajustes regulares ayudará a mantener la consistencia en el color de las autopartes.

V.CONCLUSIÓN

El proyecto tuvo como objetivo la implementación de técnicas de control estadístico en el área de calidad de una fábrica de inyección de plástico especializada en autopartes. El enfoque se centró en aplicar métodos estadísticos para mejorar la consistencia, reducir defectos y optimizar el proceso de producción de piezas plásticas utilizadas en la industria automotriz.

Logros:

1. Reducción de Defectos:

- **Medición:** Se observó una disminución significativa en la tasa de defectos superficiales, variabilidad dimensional, y distorsión de las piezas después de implementar el control estadístico.
- **Impacto:** Esto condujo a una mayor conformidad con las especificaciones del cliente y una reducción en los rechazos y retrabajos.

2. Mejora en la Consistencia Dimensional:

- **Medición:** La variabilidad dimensional de las autopartes se redujo notablemente mediante el uso de gráficos de control y análisis de capacidad del proceso.
- **Impacto:** Las piezas producidas mostraron una mayor precisión y un mejor ajuste en los ensamblajes, mejorando la calidad del producto final y reduciendo el número de ajustes necesarios.

3. Optimización del Proceso de Producción:

- **Medición:** La implementación de técnicas estadísticas permitió identificar y corregir variaciones en el proceso de inyección, incluyendo el control de temperatura, presión y tiempo de ciclo.
- **Impacto:** Esto resultó en un proceso de producción más estable y eficiente, con una reducción en los tiempos de ciclo y un mejor uso del material.

4. Variabilidad del Color:

- **Medición:** Se lograron mejoras en la consistencia del color de las piezas mediante la monitorización y ajuste de las variables del proceso de mezcla y aplicación de colorantes.
- **Impacto:** Las variaciones de color se minimizaron, asegurando una apariencia uniforme en las autopartes y cumpliendo con los estándares estéticos del mercado.

5. Capacitación y Cultura de Calidad:

- **Medición:** Se realizó una capacitación extensiva al personal en el uso de herramientas estadísticas y en la importancia del control de calidad.
- **Impacto:** Esto fomentó una cultura de calidad y una mayor conciencia sobre la importancia del control estadístico en la mejora continua del proceso.

Se puede concluir que la implementación de control estadístico en el área de calidad de la fábrica de inyección de plástico ha tenido un impacto positivo significativo en la

producción de autopartes. Los resultados indican mejoras claras en la reducción de defectos, la consistencia dimensional, y la uniformidad del color. Además, la optimización del proceso de producción ha llevado a una mayor eficiencia.

Recomendaciones:

- **Importancia del Monitoreo Continuo:** La vigilancia constante mediante gráficos de control y análisis de datos es crucial para identificar y corregir desviaciones antes de que se conviertan en problemas mayores.
- **Capacitación del Personal:** La formación del personal en el uso de herramientas estadísticas es fundamental para el éxito de la implementación del control estadístico y para fomentar una cultura de calidad.
- **Ajustes Proactivos:** La capacidad para realizar ajustes proactivos en el proceso en respuesta a los datos estadísticos permite una mejora continua y una mayor estabilidad en la producción.
- **Ampliación del Control Estadístico:** Continuar ampliando el uso del control estadístico a otras áreas del proceso de producción para maximizar los beneficios.
- **Revisión Periódica:** Implementar revisiones periódicas del sistema de control estadístico para adaptarse a cambios en el proceso y en las especificaciones del cliente.
- **Inversión en Tecnología:** Considerar la inversión en tecnología avanzada para el análisis de datos y la integración de sistemas de control estadístico en tiempo real.

IV. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

En el presente proyecto se desarrollan diversas competencias clave las cuales se enlistan a continuación

Competencias Cognitivas

- **Análisis y Síntesis:** Capacidad para descomponer un problema complejo en sus componentes esenciales, identificar patrones, y sintetizar información relevante de diversas fuentes.
- **Pensamiento Crítico:** Habilidad para evaluar la validez de argumentos, identificar sesgos y falacias, y tomar decisiones basadas en evidencias.
- **Toma de Decisiones:** Competencia para evaluar diversas alternativas y seleccionar la más adecuada en función de los objetivos del proyecto.
- **Innovación y Creatividad:** Desarrollo de ideas originales y enfoques innovadores para resolver problemas en el ámbito de la administración.

Competencias Metodológicas

- **Diseño de Investigación:** Capacidad para estructurar un proyecto de investigación, definir objetivos claros, formular hipótesis, y seleccionar la metodología adecuada.
- **Gestión de Información:** Habilidad para buscar, recopilar, organizar y analizar información relevante para el proyecto, utilizando fuentes fiables y herramientas tecnológicas.
- **Aplicación de Técnicas Cuantitativas y Cualitativas:** Dominio de técnicas de análisis estadístico, encuestas, entrevistas, estudios de caso, y otras metodologías propias de la investigación en administración.
- **Redacción Académica:** Competencia en la escritura clara, concisa y estructurada de informes de investigación, artículos académicos, y tesis.

Competencias Técnicas

- **Uso de Herramientas Tecnológicas:** Habilidad para utilizar software especializado en análisis estadístico (como SPSS o R), gestión de bases de datos, simulaciones, y otras herramientas digitales.
- **Análisis Financiero:** Capacidad para interpretar estados financieros, realizar análisis de rentabilidad, y aplicar técnicas de valoración de empresas.
- **Gestión de Proyectos:** Competencia en la planificación, organización, y control de proyectos, incluyendo la gestión de recursos, tiempos, y riesgos.

Competencias Socioemocionales

- **Trabajo en Equipo:** Habilidad para colaborar eficazmente con otros investigadores, compartir conocimientos, y contribuir al logro de los objetivos comunes.
- **Comunicación Efectiva:** Competencia para presentar los resultados de la investigación de manera clara y persuasiva, tanto en informes escritos como en presentaciones orales.
- **Ética y Responsabilidad Social:** Sensibilidad hacia las implicaciones éticas de la investigación, incluyendo la integridad en la recopilación y análisis de datos, y la responsabilidad ante el impacto social de los hallazgos.
- **Gestión del Tiempo:** Habilidad para organizar y priorizar tareas, cumpliendo con los plazos establecidos y manejando eficientemente el tiempo.

Competencias Estratégicas

- **Visión Global:** Capacidad para comprender y contextualizar los problemas administrativos en un entorno global, considerando factores económicos, políticos, y sociales.
- **Adaptabilidad:** Habilidad para ajustarse a cambios en el entorno del proyecto, ya sea en términos de metodología, recursos, o objetivos.
- **Liderazgo:** Competencia para guiar equipos de investigación, tomar decisiones estratégicas, y fomentar un ambiente de colaboración y motivación.

V. REFERENCIAS

- Arango Serna, M. D., Campuzano Zapata, L. F., & Zapata Cortes, J. A. (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 14(27), 221-233.
- Arcila C. (2015). Diseño y Construcción de montacargas de elevación hidráulica. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Tomado de <https://core.ac.uk/download/pdf/71398889.pdf>
- Buendía Espinosa, A., (2007). El concepto de calidad:una construcción en la educación superior. REencuentro. Análisis de Problemas Universitarios, (50), 28-34.
- Burneo-Valarezo, S., Delgado Víctore, R., & Vérez, M. A. (2016). Estudio de factibilidad en el sistema de dirección por proyectos de inversión. Ingeniería Industrial, XXXVII(3), 305-312.

- Camacho, A., & Sánchez., B. I. (2010). Análisis sociocultural de la noción de variabilidad. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, RELIME, 13(4-I), 29-52.
- ChaparroS., E. A., & VargasN., J. A. (2000). Gráficos de control para la media de un proceso en poblaciones con distribución asimétrica. Revista Colombiana de Estadística, 23(2), 29-44.
- ClimentSerrano, S., (2004). Utilización y conocimiento de la herramientas de medición ysu relación con los costes de calidad en las empresas certificadasen la norma ISO 9000 de la Comunidad Valenciana. Estudios de Economía Aplicada, 22(2), 1-20.
- DELMAQ (2023). Cilindro para la inclinación del montacarga. Tomado de <https://delmaq.com.py/cilindro-para-la-inclinacion-del-montacarga/>
- Desarrollo ING (2023). Montacargas. Tomado de <https://www.desarrolloing.com.co/montacargas/>
- Duque Oliva, E. J., (2005). Revisión del concepto de calidad del servicio y sus modelos de medición. INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, 15(25), 64-80.
- Escobar Valencia, M., & Mosquera Guerrero, A. (2013). El marco conceptual relacionado con la calidad: una torre de Babel. Cuadernos de Administración, 29(50), 207-216.
- Gándara González, F. D., (2014). HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y EL TRABAJO EN EQUIPO PARA DISMINUIR LA REPROBACIÓN ESCOLAR. Conciencia Tecnológica, (48), 17-24.
- Gándara González, F. D., (2014). HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y EL TRABAJO EN EQUIPO PARA DISMINUIR LA REPROBACIÓN ESCOLAR. Conciencia Tecnológica, (48), 17-24.
- González Díaz, L., & Vidaud Quintana, I. (2009). Factores para evaluar la viabilidad de proyectos de conservación de edificaciones esenciales, no productivas, en zonas sísmicas. Ingeniería, 13(1), 25-39.

- Hernández-Pedrerá, C., & Da Silva-Portofilipe, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Tecnología Química*, XXXVI(1), 130-145.
- Herrera Jiménez, R., (2006). EL CONCEPTO DE CALIDAD: UN MARCO CONCEPTUAL. *Ingeniería. Revista de la Universidad de Costa Rica*, 16(1), 107-121.
- Hurtado, A., Caldera, A., Milano, B., Ibarra, C., Díaz, A., Camacho, J., Villamizar, E., & Verde, O. (2017). Notas técnicas: análisis de datos bajo condiciones de repetibilidad. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 36(2), 40-43.
- Lara-Hernández, C., Melo-González, R., Herrera-Ruiz, D., & Valdez-Gómez, J. A. (2011). Control estadístico de procesos en tiempo real de un sistema de endulzamiento de gas amargo. *Metodología y resultados. Tecnología, Ciencia, Educación*, 26(2), 57-74.
- Logisnext (2024). Tipos de mástil de montacargas. Tomado de <https://www.logisnextamericas.com/es-mx/logisnext/resources/forklift-mast-types#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20M%C3%A1stil%20de,el%20conjunto%20híbrido%20del%20montacargas>.
- López Gumucio, R., (2005). LA CALIDAD TOTAL EN LA EMPRESA MODERNA. *PERSPECTIVAS*, 8(2), 67-81.
- Marín L., A., Hernández R., E., & Flores Q., J. (2016). METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE DATOS CUALITATIVOS EN INVESTIGACIONES ORIENTADAS AL APROVECHAMIENTO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 1(1), .
- Montaudon Tomás, C., (2010). Explorando la noción de calidad. *Acta Universitaria*, 20(2), 50-56.
- Montgomery, D. C. (2012). *Introduction to Statistical Quality Control* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Núñez-Colín, C. A., & Barrientos-Priego, A. F. (2006). Estimación de la variabilidad interna de muestras poblacionales, mediante análisis de componentes principales. *Interciencia*, 31(11), 802-806.
- Orlandoni Merli, G., (2010). Escalas de medición en Estadística. *Telos*, 12(2), 243-247.

- Orlandoni Merli, G., (2012). Gestión de la Calidad: Control Estadístico y Seis Sigma. Telos, 14(2), 269-274.
- Pierdant Rodríguez, A. I., & Rodríguez Franco, J. (2009). Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas X y R. Política y Cultura, (32), 151-169.
- Rendón-Macías, M. E., Villasís-Keeve, M. Á., & Miranda-Novales, M. G. (2016). Estadística descriptiva. Revista Alergia México, 63(4), 397-407.
- Rodriguez Alveal, F. E., Maldonado Fuentes, A. C., & Sandoval Rubilar, P. R. (2016). Comprensión de las medidas de tendencia central: un estudio comparativo en estudiantes de pedagogía en matemática en dos instituciones formadoras chilenas. Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior, 21(3), 929-952.
- Rodríguez Sabiote, C., Lorenzo Quiles, O., & Herrera Torres, L. (2005). Teoría y práctica del análisis de datos cualitativos. Proceso general y criterios de calidad. Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM, XV(2), 133-154.
- Romero Bermúdez, E., & Díaz Camacho, J. (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México), XL(3-4), 127-142.
- Sanabria Rangel, P. E., Romero Camargo, V. D., & Flórez Lizcano, C. I. (2014). El concepto de calidad en las organizaciones: una aproximación desde la complejidad. Universidad y Empresa, 16(27), 165-213.
- SÁNCHEZ RÍOS, H., CERCHIARO CEBALLOS, E., Y GUEVARA GUERRERO, M. (2013). CAMBIO Y VARIABILIDAD: UN MARCO DE REFERENCIA EN LOS ESTUDIOS SOBRE EL PRIMER AÑO DE VIDA. Acta Colombiana de Psicología, 16(1), 101-113.
- Santos De la Cruz, E., Rojas Lazo, O., Yenque Dedios, J., & Lavado Soto, A. (2005). Diseño y construcción de pistónHidráulico. Datos Industriales, 8(1), 13-17.
- Sarduy Domínguez, Y., (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. Revista Cubana de Salud Pública, 33(3), 0.

- State Compensation Insurance Fundation (2015). Manual de montacargas. Tomado de <https://content.statefundca.com/pdf/e22099.pdf>
- TapiaGranados, J. A., (2001). La estadística y el castellano. La terminología estadística en la nueva edición delDiccionario de uso del Español. Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas, (3), .
- Varela Loyola, J. A., Flores Ávila, E., & Tolamatl Michcol, J. (2010). Disminución de la Variación de un Proceso de Producción de Muebles con Seis Sigma. Conciencia Tecnológica, (40), 35-41.
- Vázquez del Llano, B., Rivera Espinosa, R., & Fernández Suárez, K. (2011). COMPORTAMIENTO DE LA VARIABILIDAD LONGITUDINAL DEL NÚMERO DE ESPORAS DE Glomus hoi-like INOCULADO EN Brachiaria decumbens EN DOS PERIODOS DIFERENTES. Cultivos Tropicales, 32(3), 5-10.
- Vicencio Miranda, A., (2007). La industria automotriz en México. Antecedentes, situaciónactual y perspectivas. Contaduría y Administración, (221), 211-248.
- Villar-Ledo, L., & Ledo-Ferre, M. C. (2016). Aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de indicadores. Ingeniería Industrial, XXXVII(2), 138-150.

VI. ANEXOS

Anexo 1

Tabla 3.7: Datos obtenidos de variables a analizar

VII.

TOTAL DE PIEZAS	SOBRERECUBRIEMIE NTO	DEFECTOS SUPERFICIAL ES	VARIABILID AD DIMENSION AL	DEFORMACI ON	VARIABILID AD DE COLOR
1	2.52	0.06	7.6	60.28	12.94
2	2.4	0.04	6.4	60.27	12.97
3	2.53	0.07	8	60.25	12.97
4	5.45	0.06	8	60.24	12.99
5	2.46	0.03	7.5	60.24	12.98
6	2.49	0.04	8	60.25	12.99
7	2.5	-0.01	8.4	60.27	13.04
8	2.44	0.03	8	60.29	13.06
9	2.79	0	8.5	60.22	13.01
10	2.62	0	8.3	60.23	13
11	2.6	-0.02	8.2	60.24	13
12	2.58	-0.01	8.2	60.22	13
13	2.62	-0.01	7.8	60.2	13
14	2.58	-0.02	7.2	60.22	13
15	2.71	-0.02	8	60.23	13.01
16	2.7	-0.01	7.8	60.25	13
17	2.63	-0.02	7.8	60.24	13
18	2.65	-0.03	7.4	60.22	13
19	2.65	-0.02	8.3	60.24	13.04

20	2.62	-0.02	8.5	60.26	13.03
21	2.49	-0.04	7.6	60.27	13.01
22	2.61	-0.03	7.8	60.28	13.01
23	2.6	-0.05	8.1	60.28	13.03
24	2.63	-0.03	7.6	60.26	13.03
25	2.52	-0.03	7.6	60.22	13.01
26	2.59	-0.01	7.3	60.24	13.01
27	2.61	-0.02	7	60.25	13
28	2.45	0.01	6.9	60.26	13
29	2.62	-0.02	6.8	60.26	13
30	2.68	0	7.2	60.22	13.1
31	2.65	-0.02	7.2	60.18	13.01
32	2.67	0.03	7.2	60.2	13.01
33	2.44	-0.02	6.3	60.14	12.98
34	2.56	0.04	7.4	60.2	12.86
35	2.57	-0.02	7.8	60.18	13.01
36	2.64	-0.03	6.1	60.14	13.08
37	2.37	-0.02	7.7	60.19	13.1
38	2.38	-0.03	6.6	60.18	13.01
39	1.22	0.08	7.8	60.18	12.87
40	1.21	0.09	6.7	60.19	12.86
41	2.3	0.05	7.6	60.18	13
42	2.19	0.08	7	60.19	13
43	-0.26	-0.1	6.6	60.2	13.01
44	-0.61	-0.08	5.9	60.2	13.02
45	2.02	0.06	8.2	60.22	13.02

46	1.43	0.06	7.8	60.22	13.02
47	2.34	0.05	7.3	60.24	12.99
48	2.52	0.04	7	60.23	12.99
49	1.93	0.07	8.5	60.24	13
50	2.52	0.04	8.1	60.25	12.99
51	2.54	0.02	7.9	60.24	13
52	2.59	0.02	7.7	60.26	12.99
53	2.58	0.04	6.9	60.21	13.03
54	2.49	0.03	6.6	60.22	13.11
55	2.27	0.02	6.9	60.22	13.09
56	2.42	0.04	7.6	60.23	13.01
57	2.55	0.04	6.1	60.17	12.87
58	2.56	0.04	7.1	60.2	13.09
59	2.27	0.01	7.5	60.2	13.02
60	2.36	0	7.5	60.24	13.03
61	2.46	0.03	7.5	60.13	13.02
62	2.32	0	6.6	60.19	13.03
63	2.5	-0.01	7.8	60.09	13.03
64	2.53	0.03	6.2	60.12	13.12
65	2.33	0.01	6.8	60.11	13.01
66	2.46	0.01	6.9	60.15	13.02
67	2.31	-0.01	6.7	60.2	13.03
68	2.7	0	6	60.19	13
69	2.45	0	6.2	60.63	12.88
70	2.4	0.01	6.7	60.51	13
71	2.36	0	6.1	60.19	13.02

72	2.16	0.03	6.2	60.11	13.01
73	2.54	0.01	7.4	60.1	13.01
74	2.34	0	7.7	60.15	13.02
75	2.49	-0.01	6.8	60.18	13.01
76	2.23	0.02	6.1	60.19	13.03
77	2.5	0.01	7	60.19	13.01
78	2.59	-0.01	6.7	60.17	13.03
79	2.5	0	7	60.17	13.08
80	2.54	0	6.5	60.18	13.09
81	2.22	0.01	7.3	60.23	13.01
82	2.33	-0.01	6.9	60.24	13.01
83	2.45	0.02	7.7	60.25	13.01
84	2.43	0.02	8.1	60.23	13
85	2.26	0.01	8	60.24	13
86	2.36	-0.01	8.3	60.22	13.01
87	2.5	0.01	8.1	60.26	13.01
88	2.39	0.01	7.7	60.25	13.01
89	2.43	0	6.8	60.25	13.01
90	2.46	0.01	8.2	60.24	13.01
91	2.56	0.01	7.5	60.26	13.01
92	2.52	0.01	8.2	60.24	13.01
93	2.7	0.02	7	60.23	13.02
94	2.55	0.02	6	60.25	13.03
95	2.57	0	7.1	60.26	13.1
96	2.57	0	6.9	60.21	13.1
97	2.69	-0.02	7.3	60.29	13.11

98	2.49	0	6.3	60.28	13.01
99	2.63	0	8.2	60.27	13.01
100	2.57	0	7.7	60.26	13
101	2.55	0	7.7	60.25	13.01
102	2.58	-0.02	7.9	60.27	13.01
103	2.57	0.01	8.2	60.26	13.01
104	2.61	-0.02	7.9	60.26	13.01
105	2.28	0	7.3	60.27	13.01
106	2.28	0.01	7.4	60.25	13.01
107	2.3	0.02	6.4	60.25	13.06
108	2.29	0	6.3	60.26	13.05
109	2.23	0.02	6.7	60.26	13.01
110	2.16	0	7.2	60.26	13.05
111	2.22	0.03	7.3	60.1	13.02
112	2.49	0.02	7.8	60.09	13.02
113	2.36	0	7.5	60.2	13.02
114	2.38	0.01	7.9	60.19	13.02
115	2.38	0.01	7.3	60.1	13.03
116	2.12	0.01	7.1	60.07	13.02
117	2.55	0	4.4	60.29	13
118	2.54	-0.01	5.3	60.32	13
119	1.84	-0.03	8.5	60.31	13.02
120	1.41	-0.03	7.3	60.3	13.02
121	1.61	-0.02	7.1	60.27	13.02
122	1.58	-0.02	7.9	60.26	13.02
123	2.41	-0.05	7.4	60.27	13.01

124	2.5	-0.05	7.7	60.26	13.01
125	2.14	-0.03	6.3	60.31	13.01
126	1.97	-0.03	7.3	60.3	13.02
127	2.15	-0.03	4.4	60.29	13.02
128	2.38	-0.03	6.3	60.31	13
129	2.32	-0.04	6.7	60.3	13.03
130	2.46	-0.04	6.2	60.31	13.03
131	2.33	-0.05	7.4	60.12	13.02
132	2.46	-0.04	6.8	59.8	13.02
133	2.46	-0.05	7.1	60.12	13.03
134	2.61	-0.04	6.7	59.8	13.03
135	2.55	-0.03	6.3	60.18	12.99
136	2.64	-0.04	6.3	60.3	12.99
137	0.74	-0.05	6.3	60.28	13.03
138	0.03	-0.06	6.3	60.29	12.99
139	2.65	-0.03	6.3	60.25	13.08
140	2.43	-0.03	5.8	60.27	12.99
141	2.61	-0.03	6.5	60.21	12.99
142	2.63	-0.04	6.1	60.22	12.99
143	2.32	-0.03	7.6	60.25	13.01
144	2.42	-0.04	7.4	60.24	13.01
145	2.16	-0.03	7.9	60.21	13.01
146	2.25	-0.04	7	60.24	13.01
147	2.29	-0.04	6	60.29	12.99
148	2.35	-0.03	6.3	60.24	13
149	2.66	-0.03	6.9	60.22	12.85

150	2.56	-0.04	6	60.24	12.85
151	2.51	-0.02	6.7	60.25	12.86
152	2.53	-0.01	6.8	60.28	13
153	2.54	-0.04	7.2	60.22	13.01
154	2.48	-0.04	7	60.29	13.01
155	2.4	-0.05	6.8	60.25	12.99
156	2.4	-0.05	7.5	60.26	13
157	2.37	-0.06	7.8	60.23	12.99
158	2.46	-0.04	7.7	60.26	13
159	2.41	-0.05	7.9	60.24	13.01
160	2.31	-0.03	7.1	60.26	13
161	2.4	-0.03	7.5	60.29	13.01
162	2.52	-0.03	6.8	60.26	13.01
163	2.5	-0.05	7.2	60.27	13.01
164	2.5	-0.05	7.6	60.25	13.01
165	2.19	-0.03	7.4	60.28	13
166	2.55	-0.04	7.5	60.29	13
167	1.79	0.01	6.6	60.23	13
168	2.55	-0.02	7	60.28	12.99
169	2.54	-0.04	6.1	60.23	12.99
170	2.54	-0.04	6.7	60.21	13
171	1.41	-0.03	6.1	60.23	12.99
172	2.51	-0.03	7	60.21	12.99
173	2.37	-0.04	6.2	60.24	13
174	2.43	-0.04	6.2	60.25	13
175	2.51	-0.04	5.1	60.17	12.99

176	1.87	0	6.6	60.15	12.98
177	2.54	-0.05	7	60.18	12.98
178	2.48	-0.04	6.3	60.17	12.97
179	2.27	-0.01	6.8	60.25	13.03
180	2.3	-0.02	6.7	60.26	13.01
181	2.36	-0.03	5.2	60.25	13.03
182	2.4	-0.02	3.7	60.23	13.02
183	2.41	0.03	4.5	60.2	13.02
184	2.5	-0.02	4.2	60.22	12.87
185	2.5	-0.03	5.1	60.25	13.03
186	2.42	-0.03	4.1	60.26	13.02
187	2.49	-0.02	7.5	60.24	13.02
188	2.51	-0.03	8	60.26	13.01
189	2.47	-0.04	6.5	60.23	13.02
190	2.63	-0.03	7.4	60.2	13.02
191	2.52	-0.03	7.2	60.22	13.01
192	2.45	-0.06	6.5	60.25	13.1
193	2.44	0	7.7	60.38	13.01
194	2.23	0	6.6	60.31	13.01
195	2.45	-0.02	5.9	60.24	13.02
196	2.52	-0.01	6.3	60.22	13.02
197	2.36	-0.01	7.7	60.24	13.01
198	2.22	0.01	6.2	60.25	13.02
199	2.49	-0.01	7.1	60.24	13.02
200	2.49	-0.01	7.7	60.2	13.02
201	2.41	0	6.4	60.24	13.01

202	2.51	-0.01	7.2	60.25	13.02
203	1.98	0.01	6.1	60.24	13.03
204	1.84	0	6.5	60.25	13.01
205	2.28	-0.01	8.1	60.24	13.02
206	2.28	-0.01	7	60.25	13.02
207	2.31	-0.01	7.5	60.24	13.01
208	2.46	-0.01	7	60.25	13.01
209	2.4	-0.02	7.1	60.24	13.01
210	2.33	-0.01	7.1	60.24	13.01
211	2.2	0	7	60.18	13.12
212	2.06	0.01	6.7	60.22	13.1
213	1.14	0.01	4.7	60.19	13.12
214	1.33	0.05	7	60.25	13.11
215	2.06	0.02	6.5	60.19	13.02
216	2.48	0	6.4	60.19	13.04
217	2.55	0	5.5	60.26	13.07
218	2.33	0	5.9	60.21	13.05
219	2.31	-0.02	7.4	60.25	13
220	2.09	-0.02	7	60.26	13.01
221	2.21	0	8	60.25	13.02
222	2.29	0	8	60.24	13.01
223	2.42	0.01	7.1	60.24	13.02
224	2.35	0	7.1	60.27	13.01
225	2.38	0.02	6.4	60.25	13.01
226	2.36	0	6.6	60.27	13.01
227	2.42	0.01	6	60.21	13.02

228	2.33	0	6.3	60.26	13.02
229	2.47	0.01	6.5	60.26	13.01
230	2.35	0.01	6.9	60.24	13
231	2.23	0.01	6.5	60.24	13.02
232	2.33	0	6.9	60.25	13.02
233	2.37	0	6.2	60.37	13.05
234	2.37	0	6.1	60.29	13.07
235	1.51	-0.01	6.5	60.24	13.06
236	2.35	0	6.4	60.3	13.08
237	2.15	0	6.8	60.3	13.01
238	2.18	0	6.7	60.31	13
239	2.29	0	6.4	60.29	13.01
240	2.2	0.01	6.9	60.28	13.01
241	2.28	0.02	6.9	60.26	13.06
242	1.89	0.02	7.2	60.28	13.04
243	2.5	0.01	6.6	60.27	13.02
244	2.52	0.01	7.3	60.26	13.02
245	2.39	0	6.8	60.22	13.04
246	2.35	0	6.2	60.25	13.04
247	2.41	0	6.4	60.32	13.02
248	2.21	-0.01	5.3	60.33	13.02
249	0.61	0.08	6.3	60.61	13.02
250	0.13	-0.05	6.6	60.62	12.88
251	2.37	-0.02	6.8	60.06	13.02
252	2.22	-0.01	6.7	60.32	13.02
253	2.35	-0.02	6.7	60.21	13.06

254	2.41	-0.02	7.1	60.28	13.07
255	2.34	0.01	6.9	60.24	13.03
256	2.37	-0.02	6.8	60.26	13.03
257	2.27	-0.03	6.4	60.28	13.02
258	2.37	-0.01	5.9	60.27	13.03
259	-1.13	-0.67	9.5	60.25	13.01
260	-1.21	-0.73	8.3	60.22	13.02
261	2.3	0	8.2	60.25	13.02
262	2.31	0	7.5	60.23	13.02
263	2.31	-0.01	8.6	60.27	13.01
264	2.32	-0.01	8.5	60.28	13.02
265	2.43	-0.01	6.4	60.22	13.02
266	2.09	-0.02	6.4	60.23	13.01
267	2.38	-0.02	7.2	60.24	13.03
268	2.19	-0.01	7.2	60.26	13.02
269	2.44	-0.02	7.9	60.26	13.02
270	2.44	-0.02	7.9	60.26	13.02
271	2.48	0	7.8	60.26	13.02
272	2.44	-0.03	7.9	60.25	13.02
273	2.11	0.01	7.1	60.24	13.01
274	2.13	0	5.8	60.22	13.01
275	2.42	-0.01	4	60.22	13.02
276	2.4	-0.03	4.2	60.2	13.02
277	2.22	-0.03	3.4	60.27	13.02
278	2.39	-0.03	3.9	60.22	13.02
279	2.13	-0.02	7.2	60.24	13.04

280	2.18	-0.02	7.3	60.25	13.04
281	2.29	-0.01	7.2	60.21	13.01
282	2.19	-0.01	7.7	60.26	13.02
283	2.43	-0.01	7.1	60.25	13
284	2.41	0	8.4	60.26	13
285	2.32	-0.01	8	60.24	13.01
286	2.37	-0.01	8.7	60.23	13
287	2.08	-0.01	8.2	60.26	13.01
288	1.74	-0.01	7.4	60.24	13
289	2.58	-0.01	7.8	60.25	13.01
290	2.42	-0.01	7.4	60.25	13.01
291	2.34	-0.02	7.8	60.27	13.02
292	2.4	-0.02	6.1	60.29	13.02
293	2.43	0	6.7	60.28	13.03
294	2.4	0.01	6.6	60.3	13.02
295	2.27	0.01	6.9	60.28	13.02
296	2.39	0	6.5	60.28	13.01
297	2.52	-0.02	6.5	60.27	13.01
298	2.46	-0.02	6.8	60.26	13.01
299	2.37	-0.01	6.7	60.26	13.02
300	2.41	-0.01	6.8	60.28	13.01
301	2.45	-0.01	6.4	20.26	13.01
302	2.13	0	6.5	20.28	13.02
303	2.49	-0.02	6.8	20.28	13.01
304	2.46	0	6.1	20.28	13.01
305	2.6	0.01	5.6	20.22	13

306	2.48	0	5.7	20.23	13
307	2.38	-0.02	7.5	60.26	13.02
308	2.23	0.02	7.9	60.25	13.01
309	2.35	-0.01	6.8	60.24	13.02
310	2.32	-0.01	6.7	60.26	13.01
311	2.33	-0.01	6.8	60.25	13.01
312	2.34	0	6.8	60.24	13.01
313	2.44	0	6.1	60.25	13.02
314	2.46	0.02	6.1	60.24	13.03
315	2.49	0	6.3	60.19	13.03
316	2.54	-0.01	6.1	60.23	13.01
317	2.48	0.02	6.4	60.25	13.01
318	2.53	0	6.1	60.25	13
319	1.94	0.02	7.4	60.26	12.04
320	2.47	0	8.2	60.27	12.03
321	2.42	0	7.5	60.25	13.01
322	1.82	0	6.8	60.24	13.01
323	2.37	0.01	7.4	60.25	13.02
324	2	0	7.1	60.26	13.01
325	2.59	-0.01	7	60.25	13.01
326	2.34	-0.01	8	60.26	13.02
327	2.57	0.01	6.7	60.24	13.01
328	2.15	0.03	7	60.26	13.01
329	2.57	0.02	6.6	60.26	13.02
330	2.58	0	6.7	60.25	13.01
331	2.34	0	7	60.24	13.05

332	2.23	0	7.7	60.24	13.06
333	2.49	-0.02	4.6	60.25	13.08
334	2.36	0.01	6.8	60.24	13.06
335	2.3	0.01	6.5	60.25	13.05
336	2.3	0.01	5.5	60.3	13.06
337	2.18	0.01	6.5	60.24	13.01
338	2.47	0.01	6.4	60.25	13.02
339	2.23	0	6.4	60.27	12.87
340	2.47	0.02	6	60.22	13.1
341	2.6	0	5.7	60.2	13.01
342	2.16	0	6.1	60.25	13.01
343	2.52	0	8.3	60.26	13.03
344	0.52	-0.01	7.3	60.24	13.03
345	2.47	-0.01	6.6	60.25	13.05
346	2.45	-0.01	8.1	60.26	13.05
347	2.23	-0.01	9.1	60.24	13.05
348	2.19	0.01	7.3	60.25	13.05
349	2.35	0	7.1	60.24	13.01
350	2.54	0	7.8	60.27	13.02
351	2.43	0.01	6.6	60.28	13
352	2.34	0	6.9	60.27	12.99
353	2.12	0	7	60.23	12.99
354	2.09	0.01	6.6	60.25	13
355	2.28	0	7.9	60.25	13.04
356	2.41	0	7.6	60.25	13.03
357	2.52	0	6.8	60.26	13

358	2.57	0	7.8	60.24	13
359	2.96	0	7	60.24	13.01
360	2.59	0.01	6.4	60.26	13
361	2.44	-0.02	7.5	60.18	12.99
362	2.5	0.01	7.4	60.26	13
363	2.53	-0.01	6	60.21	12.99
364	2.64	0	6.9	60.22	12.99
365	2.48	-0.01	5.8	60.2	13
366	2.53	0.02	6.2	60.24	12.99
367	2.61	0	5.8	60.22	13.03
368	2.56	0	5.4	60.24	13.02
369	2.6	0.01	7	60.24	12.99
370	2.55	0	6.3	60.23	12.99
371	2.57	0.01	6.8	60.24	13.01
372	2.6	0.01	6.7	60.22	13.01
373	2.67	0.02	5.3	60.18	13.03
374	2.56	-0.01	5.9	60.23	13.02
375	2.58	-0.01	6.2	60.2	13.01

TOTAL DE PIEZAS DEFECTUOSAS	370	2	366	12	2
TOTAL DE PIEZAS BUENAS	5	373	9	363	373

TOTAL	375	375	375	375	375
-------	-----	-----	-----	-----	-----

Anexo 2

Tabla 3.8 Sobrecubrimeinto M, M, M

SOBRECUBRIMIENTO	
MEDIA	2.32597333
MEDIANA	2.42
MODA	2.52

Tabla 3.9 Var. Dimensional M, M, M

VAR. DIMENSIONAL	
MEDIA	6.93013333
MEDIANA	7
MODA	6.8

Tabla 3.10 Deformación M, M, M

DEFORMACION	
MEDIA	59.6
MEDIANA	60.24
MODA	60.24

Tabla 3.11 Def. Superficiales M, M, M

DEF. SUPERFIALES	
MEDIA	-0.00904
MEDIANA	0
MODA	0

Tabla 3.12 Var. De Color M, M, M

VAR. DE COLOR	
MEDIA	13.0090933
MEDIANA	13.01
MODA	13.01

Anexo 3

Tabla 3.15 Datos para graficar

DATOS PARA GRAFICAR (no imprimir)																											
X Media	6.84	7.38	7.84	7.32	6.52	5.2	7.88	7.9	6.82	6.86	6.28	6.92	6.42	6.84	7.16	7	6.52	6.16	6.8	7.88	7	7.12	6.72	6.14	6.18		
Rango	0.4	3.6	2.2	15	3.9	3.9	13	13	17	0.3	12	22	0.7	2.1	0.7	14	3.1	1	2.6	2	13	14	17	16	15		
X bar bar	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85	6.85		
UCL	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88		
LCL	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82		
R bar	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78		
UCL Rango	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77	3.77		
LSE	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40		
LIE	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40		

