



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
PUEBLA**

COLEGIO DE INGENIERÍA QUÍMICA

**Control Estadísticos de Procesos por Atributos:
control de curvatura en piezas estéticas automotrices**

TESINA PRESENTADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

PRESENTA:

EDGAR RAMÍREZ FERNÁNDEZ

DIRECTORA-ASESORA: ROMANO RODRIGUEZ MARIA
MARGARITA VICTORIA

Entrega: Junio 2024

Índice

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción | 3 |
| Planteamiento del problema | 4 |
| Justificación | 6 |
| Objetivo general..... | 7 |
| Objetivos específicos..... | 7 |
| Hipótesis..... | 7 |
| Capítulo I: Antecedentes..... | 8 |
| a) Mejora continua..... | 10 |
| b) Control Estadístico de Procesos (CEP)..... | 11 |
| c) Producto y proceso | 13 |
| d) Control de procesos | 14 |
| e) Cartas de Control..... | 16 |
| f) Gráficos de control..... | 18 |
| g) Elementos de una gráfica de control | 19 |
| h) Gráfico de control u..... | 20 |
| i) Interpretación de la grafica de control | 21 |
| j) Error en la medición..... | 23 |
| k) Implementación | 23 |
| Capitulo II. Metodología..... | 25 |
| l) Análisis del problema | 25 |
| m) Análisis del proceso y propuesta del formato de trabajo en línea: | 27 |
| n) Propuesta de formato para el registro de curvatura (análisis y gráficos)..... | 29 |
| o) Reporte de curvatura | 29 |
| p) Plan de reacción | 32 |
| q) Gráfico de control..... | 34 |
| Capitulo III. Resultados y discusiones | 35 |
| r) Análisis de causa raíz y acciones correctivas..... | 36 |
| Conclusiones y recomendaciones | 38 |
| Referencias bibliográficas | 39 |

Introducción

La industria automotriz ha sido un pilar fundamental en la economía global durante décadas, proporcionando vehículos que son esenciales para la movilidad y el desarrollo de la sociedad moderna. En este contexto altamente competitivo, la calidad de los productos manufacturados se ha convertido en un factor determinante para el éxito de las empresas del sector. La búsqueda constante de la mejora en la calidad de los vehículos no solo garantiza la satisfacción de los clientes, sino que también aumenta la confiabilidad de los automóviles, reduce los costos de garantía y mejora la reputación de la marca.

El Control Estadístico de Procesos (SPC por sus siglas en inglés, Statistical Process Control) ha surgido como una herramienta invaluable en la gestión de la calidad en diversas industrias, incluida la automotriz. El SPC se basa en la aplicación de técnicas estadísticas para monitorear y controlar la variabilidad en los procesos de fabricación. Su implementación permite a las empresas identificar desviaciones y fluctuaciones en los procesos de producción en tiempo real, lo que a su vez facilita la toma de decisiones informadas para mejorar la consistencia y calidad de los productos.

Esta tesina se centra en analizar el papel del Control Estadístico de Procesos en la industria automotriz, explorando cómo esta metodología contribuye a optimizar la calidad de los vehículos y los procesos de fabricación. A lo largo de este estudio, se examinarán los conceptos fundamentales del SPC, sus diferentes herramientas y técnicas, así como su aplicación específica en la línea de producción automotriz. Además, se aborda un ejemplo concreto de su aplicación en una de las empresas automotrices emergentes, la cual ha implementado con éxito el SPC para mejorar la calidad de sus productos y aumentar así su competitividad en el mercado.

Planteamiento del problema

En el panorama económico actual, a nivel global existe una amplia competitividad dentro del mercado automotriz, esto debido a factores como la globalización, la expansión del mercado, la mejora de procesos, el avance tecnológico, técnicas estadísticas, inteligencia artificial, entre otros, lo cual ha llevado a una expansión abrupta del mercado productivo.

Basta con observar la cantidad de automóviles producidos a nivel mundial, cifra que asciende a 85 millones de unidades fabricadas tan solo en el 2022, de los cuales destacan empresas tales como Volkswagen, Toyota Motors, Ford Motors, entre otras. (Roa, 2023)

Solamente en México el mes de enero del año 2023 se produjeron 280,315 unidades y se exportaron 238,135 unidades. Esto nos da un amplio panorama de como la producción, ensamble, venta y compra de automóviles dentro del país es un pilar de la economía. (Zozaya, 2023)

Por ello, para los fabricantes prosperar en un clima económico tan demandante y competitivo es necesario crear productos y servicios más eficientes, esto con la idea de una mejora continua de dichos procesos.

Con el fin de asegurar dicha mejora es necesario tomar acciones que contemplen dichos escenarios dentro de los procesos productivos, debido a esto se ha optado cada vez más por el uso e implementación de “*Controles Estadísticos de Procesos*”. (2005)

El presente trabajo planea abordar la problemática del control estadístico de componentes para la mejora continua de procesos automotrices, este es un requerimiento de calidad de proveedores tales como DaimlerChrysler/Ford/General Motors, y bajo los auspicios de la Sociedad Americana para la Calidad (ASQ) y el Grupo de Acciones de la Industria Automotriz (AIAG).

Se hará enfoque en el proceso de ensamble automático de piezas estéticas para automóviles, tomando como datos, aquellos proporcionados por la línea de ensamble automático de

componentes base (PMMA) y componentes cromados, de una serie de referencias trabajadas en la planta.

El aspecto que se evaluará será la cantidad de piezas ensambladas que cumplen con el requerimiento “OK” en la medición de la curvatura a través de galgas, este proceso se describirá más adelante. Se analizará el proceso, se propondrá un formato de “*control de curvatura*” y una matriz de “*registro de curvatura*” y por último se recopilarán datos y se hará uso de una “*Grafica de Control*” para presentar los mismos, analizando la cantidad de piezas que cumplen o no cumplen con el criterio, su frecuencia, etc.

Justificación

Para prosperar en el clima económico actual, fabricantes automotrices, proveedores y organizaciones de distribución y venta deben estar dedicados al mejoramiento continuo. Se debe buscar constantemente formas más eficientes de fabricar productos y servicios. Estos productos y servicios deben continuar mejorando en valor. Se deben enfocar los esfuerzos a nuestros clientes, tanto internos y externos, y hacer de la satisfacción de los clientes un objetivo primario del negocio.

Para lograr esto, las organizaciones deben estar comprometidas con el mejoramiento y el uso de métodos efectivos.

Este trabajo define un método estadístico básico que pueden ser usado para lograr los requerimientos establecidos por el cliente, así como cumplir con los aspectos normativos impuestos por las organizaciones, además, presenta una herramienta de mejora continua de procesos que será implementada y desarrollada dentro de la organización.

Al controlar un proceso de producción se usarán modelos adecuados obteniendo, en consecuencia, una descripción eficiente del proceso y un buen pronóstico del número de piezas que no cumplen con las especificaciones de calidad.

Permitiendo detectar rápidamente cuando una causa especial de variación se presente en el proceso. Por otra parte, cuando se controla adecuadamente un proceso, la cantidad de piezas defectuosas generadas disminuye gradualmente conforme las causas especiales de variación son detectadas y eliminadas, incurriéndose, a su vez, en la reducción de otros desperdicios como las inspecciones al 100%, y los re-trabajos.

Cabe recalcar que todos los beneficios en materia de procesos y mejora continua implican que la empresa gane prestigio en el campo industrial. Esto, eventualmente, puede fortalecer la relación con los clientes vigentes y atraer nuevos.

Objetivo general

Implementar el control de procesos estadísticos a través de una carta de control junto con una gráfica de atributos, para evaluar el cumplimiento de curvatura de piezas ensambladas, utilizadas en la industria automotriz

Objetivos específicos

1. Análisis del proceso de control de curvatura de piezas ensambladas
2. Proponer e implementar una carta de control estadístico por atributos
3. Recopilación de datos reales.
4. Evaluación de datos y análisis de su comportamiento.

Hipótesis

El uso de una carta de control estadístico por atributos ayudará no solo a la recopilación e interpretación de datos, además ayudará a la mejora continua del proceso, trayendo consigo también el cumplimiento de los requerimientos establecidos por el cliente y por la norma.

Capítulo I: Antecedentes

La demanda de servicios y productos en la actualidad es más exigente, esto debido a la globalización y el libre mercado, esto lleva a que varias empresas se enfoquen cada vez más en una línea de producción eficiente, trayendo consigo un aumento en la producción, además que, la falta de componentes y los estragos causados por la pandemia traen consigo varios retos que la industria aún tiene que enfrentar.

Específicamente, la industria automotriz enfrenta una alta demanda de autos a principios de año 2023, es más, «Los retos a los que se enfrenta la cadena de suministro y los temores a una recesión provocarán una recuperación prudente del mercado. Los consumidores se están retrayendo y la recuperación de los niveles de demanda de vehículos anterior a la pandemia parece difícil de conseguir. El inventario y la ayuda serán parámetros clave para calibrar la posible caída de la demanda», explica Chris Hopson (2023), responsable de previsión de ventas de vehículos ligeros en Norteamérica de S&P Global Mobility.

Es por ello que, para prosperar en el clima económico actual, fabricantes automotrices, proveedores y organizaciones de distribución y venta deben estar dedicados al mejoramiento continuo. Se debe buscar constantemente formas más eficientes de fabricar productos y servicios. Estos productos y servicios deben continuar mejorando en valor. Se deben enfocar los esfuerzos a los clientes, tanto internos y externos, y hacer de la satisfacción de los clientes un objetivo primario del negocio.

Para lograr esto, las organizaciones deben estar comprometidas con el mejoramiento y el uso de métodos efectivos.

Esto trae consigo que cualquier empresa base sus esfuerzos en la “*calidad*”, esto va más allá de la “belleza” de los productos, la calidad abarca no solo los aspectos estéticos, sino también, aspectos técnicos y de durabilidad, de hecho, **Deming, (1988)** determinó al concepto calidad como “ese grado predecible de uniformidad y fiabilidad a un bajo coste.” (pag. 34).

Este grado debe ajustarse a las necesidades del mercado. Según Deming la calidad no es otra cosa más que “una serie de cuestionamiento hacia una mejora continua”.

Cabe resaltar la importancia que tiene la calidad en la industria automotriz, esto debido a que, los automóviles han tenido un gran impacto en la vida de las personas: no solo permite que se muevan libremente, sino que incluso se han convertido en una parte importante del estilo de vida de las personas. Para ello, deben ser de calidad total, no sólo en cuanto a confort o diseño, sino más importante aún, en cuanto a seguridad en la conducción.

La calidad de un automóvil está estrechamente relacionada con las piezas de las que está hecho, incluida la forma en que encajan y funcionan juntas. Los fabricantes de automóviles actualmente producen solo un puñado de autopartes, la mayoría de las cuales provienen de proveedores externos. Como resultado, la industria establece algunos de los estándares de calidad más estrictos. El mejor ejemplo es la empresa automotriz Toyota, que se ha convertido en un referente de estándares de calidad entre las empresas manufactureras del mundo.

El estándar más importante para la industria de la automoción es el “*IATF 16949: 2016*”, creado por el International Automotive Task Force (IATF). Este certificado se otorga exclusivamente a aquellas empresas que cumplen estrictos requisitos relacionados no solo con la calidad de los productos en sí, sino también con la organización de la producción. La calidad de la gestión de todo el sistema, incluidos los procedimientos de control de calidad o respuesta a una situación de crisis, está sujetos a evaluación.

Por otra parte, un fabricante de automóviles con certificación IATF debe cooperar con toda una cadena de proveedores que cumplan el mismo estándar, ya que sus productos son parte de su propio proceso. Esta certificación es, por lo tanto, una garantía de que una determinada empresa no solo cumple con los requisitos del sistema de gestión de calidad, sino que también implementa de manera efectiva procesos de mejora continua, gracias a los cuales es capaz de: prevenir errores, mantener la repetibilidad de la calidad del producto y procedimiento, así como la continuidad de la producción.

Con esto en mente las empresas deben basar sus esfuerzos en alcanzar, producir y mantener, productos de calidad, e inclusive, ir mas haya y buscar la “*mejora continua*”.

a) Mejora continua

La mejora continua comprende tanto una filosofía como un sistema destinado a mejorar día a día el quehacer en materia: de niveles de calidad, productividad, costos, niveles de satisfacción, niveles de seguridad, tiempos totales de los diversos ciclos, tiempos de respuesta y grado de fiabilidad de los procesos.

La mejora continua es un proceso basado en el trabajo en equipo y orientado a la acción, que promulga que el camino de mejora hacia la perfección es propiedad y debe ser conducido por todos los individuos de la organización (Kaizen, 1986). Implica, tanto la implantación de un sistema como el aprendizaje continuo de la organización, el seguimiento de una filosofía de gestión, y la participación de todas las personas.

En la industria automotriz, la mejora continua busca prevenir defectos y la reducir pérdidas a lo largo de toda la cadena de suministro del sector de automoción, de tal forma que los proveedores puedan proporcionar componentes de calidad, manteniendo sus ventas competitivas y la confianza de sus clientes, buscando oportunidades para mejorar los procesos, estableciendo objetivos para optimizar, formas de trabajo más eficientes y el aprovechamiento de las auditorias para detectar asuntos o cuestiones dónde ir perfeccionando.

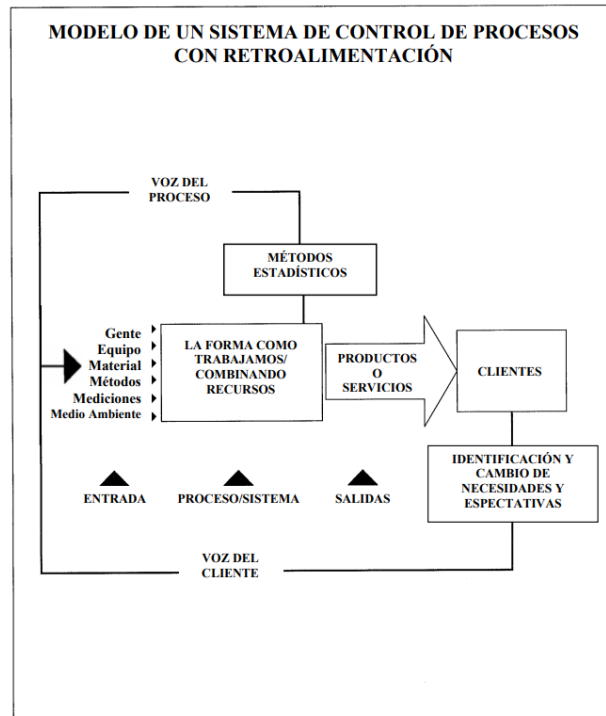
Una herramienta que permite evaluar y dentro de un ciclo determinar el modelo de mejora a seguir es el “*Control Estadístico de Procesos. (CEP).*”

b) Control Estadístico de Procesos (CEP)

Los sistemas de medición son críticos para análisis de datos y toma de decisiones, estos debieran ser bien entendidos antes de que datos del proceso sean recolectados. Cuando tales sistemas carecen de control estadístico o sus variaciones cuentan como una proporción substancial de la variación total en los datos del proceso, pueden tomarse decisiones inapropiadas.

El concepto básico de estudiar las variaciones y usar controles estadísticos para mejorar el desempeño pueden ser aplicadas en cualquier área. Tales áreas pueden ser en el área de producción en piso o en la oficina. Algunos ejemplos son máquinas (características de desempeño), mantenimiento de libros y documentación (porcentaje de errores), ventas brutas, análisis de desperdicio (proporciones de desperdicio), sistemas de computadoras (características de desempeño), administración de materiales (tiempos de tránsito), entre otros.

El control estadístico de procesos se refiere a la adopción de métodos y técnicas matemáticas de recopilación de información aplicada a los procesos de una organización, con la finalidad de evitar e identificar problemas relacionados al cumplimiento de especificaciones técnicas o de aspectos físicos, ayudando también a la toma de decisiones eficaces basado en datos fiables.



Fuente: Control estadístico de procesos SPC, 2005

Según el libro Control estadístico de procesos SPC del 2005 en estos sistemas de control destacan cuatro aspectos importantes:

- 1) El proceso: “combinación completa de proveedores, fabricantes, gente, equipo, materiales de entrada, métodos y medio ambiente que trabajan juntos para producir un resultado, y los clientes que usen dicho resultado”.
- 2) El desempeño: “determina los valores meta para aquellas características que resulten en la operación más productiva del proceso, y por tanto monitorear qué tan cerca o lejos estamos de los valores meta.”
- 3) Las acciones: “asegura la estabilidad y la variación de los resultados del proceso, determina que se mantengan dentro de límites aceptables, estas pueden ser: operacionales, del proceso o del diseño”
- 4) Los resultados: enfocado en la mejora continua y el análisis de datos, determina si las acciones tomadas previamente fueron adecuadas o no.

c) Producto y proceso

El primer paso para mejorar es entender la diferencia entre producto y proceso. Cada uno de estos términos debe ser descrito en forma individual y separadamente.

El **producto** es el resultado de actividades y debe ser siempre un sustantivo. No deben incluir especificaciones o metas. El análisis del producto es reactivo, es decir actúa una vez que ocurrió el problema. El producto corresponde a las actividades requeridas para hacer el producto. (Barron, 2003)

El **proceso** siempre es un verbo. El análisis del proceso es pro-activo, actúa durante y anticipadamente a los problemas. (Barron, 2003)

“El componente clave para la mejora del producto es el proceso.” (Harrington, 1993)

En los procesos de producción no existen dos productos o características iguales, debido a que los parámetros subyacentes no son homogéneos en el tiempo. Estas diferencias pueden ser grandes o pequeñas, pero siempre están susceptibles a variación, la variación siempre está presente y es inevitable. Por ejemplo, la materia prima varía de lote en lote; el personal cambia de turno en turno y la maquinaria y el equipo se desgastan.

Por otra parte, la variación no es del todo impredecible. Podemos esperar que un manzano nos dé manzanas dentro de cierto rango de peso, color o tamaño, pero no que nos dé manzanas de 20 kilos ni tampoco que de peras o naranjas. Todo proceso tiene una variación esperada. Si de pronto nuestro árbol de manzanas diera manzanas de 20 kilos, peras o naranjas, podríamos estar seguros de que algo anormal ocurrió con nuestro árbol.

De igual forma, el control estadístico de procesos nos ayudara a identificar cuando la variación de un proceso es la esperada y cuando es una variación extraña. Hasta donde, en condiciones normales, podemos esperar que varíen nuestros procesos.

Las variables inducidas al proceso pueden ser causadas por dos tipos:

- Causas comunes: “este tipo de variabilidad no es posible atribuirla a alguna causa en particular; por lo que ha de describirse a través de modelos aleatorios.” (Ramírez, 2011)
- Causas especiales: “cuando es posible explicarla en términos de algún parámetro de operación del proceso.” (Ramírez, 2011)

Debido a que la variación es inevitable en todo proceso es necesario fijar “límites y tolerancias” por ejemplo; 60 kilómetros como la máxima velocidad, 18 años como la mínima edad para votar, etcétera.

La *tolerancia* es una variación máxima y mínima que estamos dispuestos a aceptar. Si solo tenemos un máximo o un mínimo, la tolerancia se llama límite.

Es necesario que nos demos a la tarea de determinar tolerancias que minimicen la suma de los costos de manufactura y de calidad. Por lo tanto, tenemos que estar seguros de que la variabilidad natural de nuestros procesos este controlada y dentro de especificación.

Si nuestros procesos no son capaces de cumplir en condiciones normales con las especificaciones, entonces estamos entregando constantemente productos con costos por arriba del óptimo.

Es por ello que se deben de evaluar y verificar todos los procesos, una vez definida nuestra tolerancia y con un entendimiento más concreto de las variaciones y como afectan a nuestros procesos o productos, es tiempo de pasar al control de los mismos.

d) Control de procesos

¿Qué es el control?, podemos definir a un sistema de control de procesos como un sistema que busca; “*desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor*” (Ishikawa, 1988)

Como tal, el objetivo del sistema de control de los procesos es *“hacer predicciones acerca del estado actual y futuro del proceso. Esto lleva a decisiones razonables económicamente acerca de acciones que afecten al proceso”* (Deming, 1994).

Estas decisiones requieren del balance de riesgos en la toma de acciones, cuando no se requieran acciones (sobre control) versus falla en la toma de acciones cuando son necesarias las acciones (mínimo control).

“El proceso primero debe ser llevado a control estadístico detectando y actuando sobre causas especiales de variación. Entonces su desempeño es predecible, y su habilidad para cumplir con las expectativas del cliente puede ser estimada. Estas son las bases para el mejoramiento continuo.” (Daimler, G.M. 2005)

Cada proceso puede ser clasificado en 4 casos:

Título: Casos de control estadístico

| | En-Control | Fuera-de-Control |
|---------------------|-------------------|-------------------------|
| Aceptable | Caso 1 | Caso 3 |
| No Aceptable | Caso 2 | Caso 4 |

Fuente: (“Control estadístico de procesos SPC” Daimler, G.M. 2005)

Para que sea aceptable, el proceso debe estar en un estado de control estadístico y la habilidad (variación por causas comunes) debe ser menor que la tolerancia. La situación ideal es tener un proceso en el **Caso 1** donde el proceso está en control estadístico y su habilidad para cumplir con los requerimientos de tolerancias es aceptable.

El sistema de control de procesos puede ser usado a la vez como una herramienta de evaluación, aunque el beneficio real de un sistema de control de procesos es notado cuando

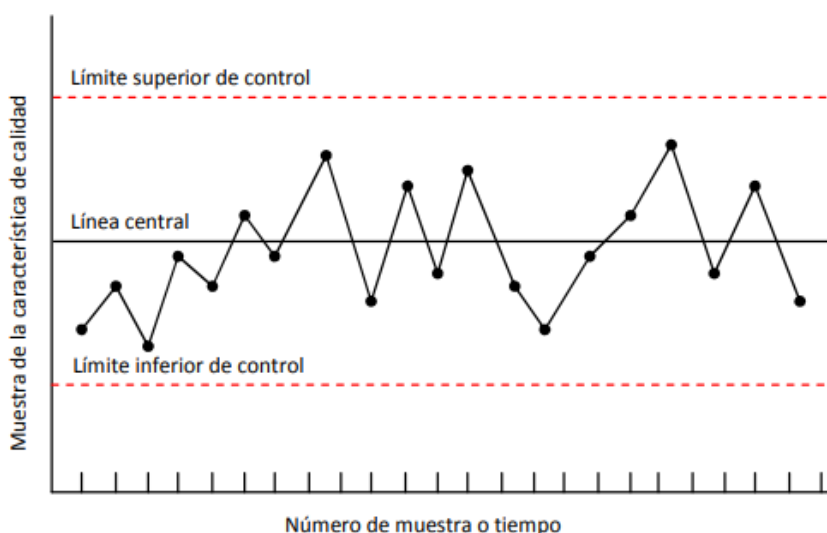
se use como una herramienta de aprendizaje continuo en lugar de una herramienta de cumplimiento.

Para un efectivo control de procesos es necesario una correcta administración de la variación en el proceso de producción, Los métodos estadísticos y probabilísticos basados en el tiempo ofrecen en sí métodos necesarios y suficientes para determinar si existen causas especiales. Aunque varias clases de métodos son útiles en esta tarea, el más versátil y robusto es el género de las *cartas de control*

e) Cartas de Control

Desarrolladas en la segunda década del siglo XX Walter Shewart y difundidas en el mundo por W. Edwards Deming, enfocando la atención hacia las causas especiales de variación cuando estas aparecen y reflejan la magnitud de la variación debida a las causas comunes, las cartas de control pueden llevar a las empresas a un proceso continuo de mejora.

Una carta de control consiste en una línea central que representa el valor promedio de la característica de calidad correspondiente al estado bajo control. Y dos líneas que representan los límites de control inferior y superior



Carta de control representativa (“Control estadístico de procesos” Ramírez. 2011)

Con base en información histórica representativa del proceso bajo control, llamada una base histórica de datos (BHD), en la Fase I, se ajusta una distribución de probabilidad, digamos

F_0 . En seguida se calculan los parámetros asociados a localización y a la dispersión de la distribución. El primer valor fija una línea central en la carta de control. Ambos valores se utilizan para calcular los límites de control.

En la Fase II, se toman muestras sucesivas en instantes a lo largo del tiempo (t_1), generalmente equiespaciadas, estas muestras siguen distribuciones de probabilidad (F_1) y se pretende contrastar las hipótesis:

$$H_0: F_1 = F_2 = \dots = F_k = F_0$$

$$H_1: F_s \neq F_r \text{ para algún } s \neq r$$

Los valores del estadístico de prueba son los puntos que se grafican en la carta de control. Un punto fuera de los límites de control puede indicar un cambio en la distribución de los datos y es razonable pensar que el proceso se salió de control estadístico, entonces debe investigarse la causa que lo provocó y tomar las medidas pertinentes para regresar el proceso al estado en control. Un punto graficado fuera de los límites de control es llamado una señal fuera de control. (Ramírez, 2011)

Como en cualquier prueba de hipótesis, al emplear una carta de control se pueden cometer los errores Tipo I y Tipo II.

- Error Tipo I: Rechazar la hipótesis nula siendo cierta.
- Error tipo II: Aceptar la hipótesis nula siendo falsa.

Cometer el **Error Tipo I** es equivalente a tener una señal fuera de control falsa, es decir, concluir que el proceso está fuera de control cuando no lo está. Si la tasa de falsas alarmas de una carta de control es alta, puede ocasionar un sobre ajuste del proceso.

Por otra parte, cometer el **Error Tipo II** implica concluir que el proceso está en control cuando no lo está. Esto, eventualmente, puede propiciar que piezas malas se tomen como buenas y sean enviadas al cliente. (Daimler, G.M. 2005)

Las cartas de control estadístico se clasifican de acuerdo con el tipo de la característica monitoreada:

- Cartas de Control por Variables: “se lleva el registro real de una característica, son medibles y alertan rápidamente sobre problemas de calidad.” (Daimler, G.M. 2005)
- Cartas de Control por Atributos: “no hay medición continua sobre una característica y sólo se desea mostrar si el material cumple con las especificaciones”. (Daimler, G.M. 2005)

Las cartas de control hacen uso de gráficos para representar los datos recopilados en los procesos, los más utilizados en la industria son graficas de Promedios (\bar{X}) y Rangos (R), Lecturas Individuales (I), Rangos Móviles (MR) y las gráficas basadas en datos de conteo o porcentaje (p , np , u , c). (Centeno, 2011)

f) Gráficos de control

Las graficas de control son representaciones de datos estadísticos, utilizados para analizar las variables en un proceso, ayudando a entender y tomar decisiones para la mejora continua.

Las gráficas de control pueden ser usadas para monitorear o evaluar un proceso. Existen básicamente dos tipos de gráficas de control, aquellas para datos de variables y para datos de atributos. El proceso mismo dicta qué tipo de gráfica de control usar. Si los datos derivados del proceso son de naturaleza discreta (ej., pasa/no pasa, aceptable/no aceptable) entonces una gráfica de tipo atributos sería usada. Si los datos derivados del proceso son de naturaleza continua (ej., diámetro, longitud) entonces una gráfica de tipo variables sería usada. (Centeno, 2011)

Apropiadamente aplicadas, las gráficas de control pueden:

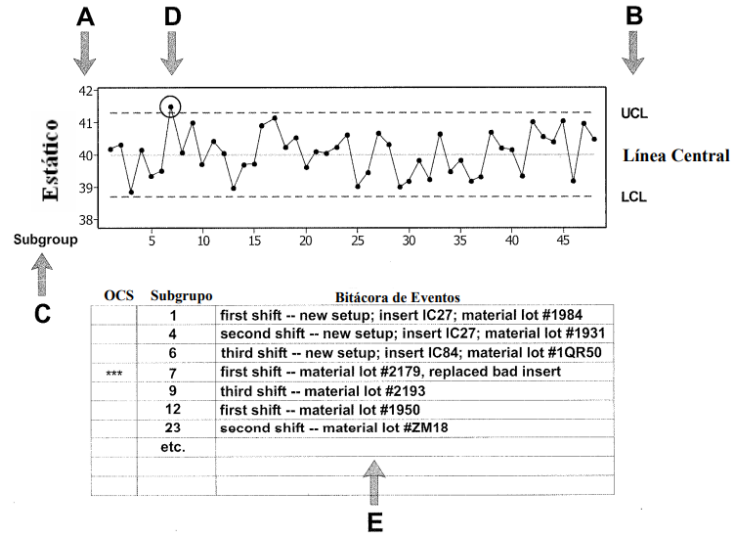
- Ser usadas por los operadores para control continuo de un proceso
- Ayudar a que el proceso trabaje en forma consistente y predecible

- Permitir que el proceso logre
 - Alta calidad
 - Bajo costo unitario
 - Alta habilidad efectiva
- Ofrecer un lenguaje común para tratar el desempeño del proceso
- Distinguir causas especiales de variación de las comunes, como una guía para acciones locales o acciones sobre el sistema.

g) Elementos de una gráfica de control

No existe una manera única de crear gráficas de control, sin embargo, cualquier formato es aceptable siempre y cuando contenga lo siguiente (Daimler, G.M. 2005):

- a) **Escala apropiada:** La escala debiera ser tal que la variación natural del proceso pueda ser fácilmente vista. Una escala que produzca una gráfica de control “estrecha” no permite análisis ni control del proceso mismo.
- b) **UCL (Upper Control Limit), LCL (Lower Control Limit):** La habilidad de determinar indicadores que den señales de causas especiales en las gráficas de control requiere que los límites de control se basen en una distribución muestral.
- b) **Línea central:** La gráfica de control requiere de una línea central basada en la distribución muestral, a fin de permitir la determinación de patrones no aleatorios que den señales de causas especiales.
- c) **Tiempo:** Manteniendo la secuencia en la cual los datos son recolectados ofrece indicaciones de “cuándo” ocurre una causa especial y si dicha causa está orientada en el tiempo.
- d) **Valores fuera de control:** Puntos graficados que estén fuera de control estadístico debieran estar identificados en la gráfica de control. Para control del proceso, el análisis de causas especiales y su identificación debiera ocurrir conforme cada muestra es graficada, así como revisiones periódicas de la gráfica de control como un todo para patrones no aleatorios.
- e) **Bitácora:** Además de la recolección, graficado y análisis de datos, información de soporte adicional debiera ser recolectada. Esta información debiera incluir fuentes potenciales de variación, así como acciones tomadas para resolver señales fuera de control.



Elementos de los gráficos de control (“Control estadístico de procesos SPC” Daimler, G.M. 2005)

h) Gráfico de control u

Esta carta de control se utiliza para monitorear el número promedio de defectos por unidad. Puede emplearse tanto con muestras de tamaño constante como variable. Sin embargo, es más común su uso cuando el tamaño de muestra no es constante. (Ramírez, 2011)

Sea c_i , el número total de defectos en la i -ésima muestra de tamaño n_i , el número promedio de defectos por unidad puede calcularse de la siguiente forma:

$$u_i = \frac{c_i}{n_i}$$

Fórmula 1 (“Control estadístico de procesos por atributos” 2011)

La variable c_i es una variable Poisson de parámetro $\lambda = n_i u$, donde u es el número promedio de defectos por unidad.

Para construir la carta U, es necesario definir los parámetros de la misma. Si se tienen m muestras preliminares y u_1, u_2, \dots, u_m es el número de defectos por unidad en cada muestra, entonces el estimador del número promedio por unidad es:

$$\bar{u} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m u_i$$

Fórmula 2 (“Control estadístico de procesos por atributos” 2011)

Los parámetros de la carta U se definen a continuación:

$$UCL = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LC = \bar{u}$$

$$LCL = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Fórmula 3 (“Control estadístico de procesos por atributos” 2011)

donde \bar{u} es el número promedio de defectos por unidad.

De acuerdo con el “Manual de Control Estadístico de procesos” del 2005, la grafica de control u se usa para:

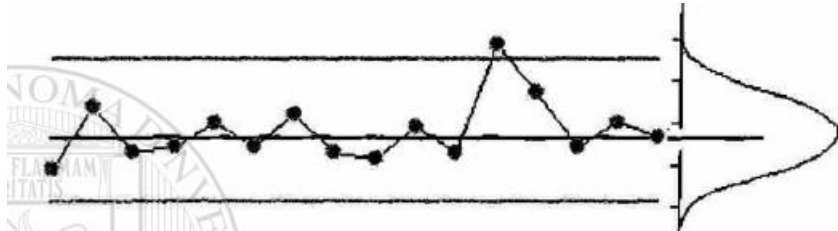
- Decisiones de Aceptación/Rechazo con número variable o constante de artículos por unidad
 - Proporciones de calidad para una designación especificada
 - Número promedio (proporción) de no conformidades por unidad
 - Número promedio (proporción) de artículos dentro de una ó más categorías
- Decisiones de Juicio
 - Número promedio (proporción) de artículos dentro de una o más categorías
 - Número promedio (proporción) de artículos arriba (o abajo) de un valor inicial por unidad.

i) Interpretación de la grafica de control

Las gráficas de control ayudan a agrupar la información y son de mucha ayuda al momento de monitorear los procesos, debido a esto es necesario tener una correcta interpretación de las mismas, básicamente considerando tres criterios (Barron, 2003):

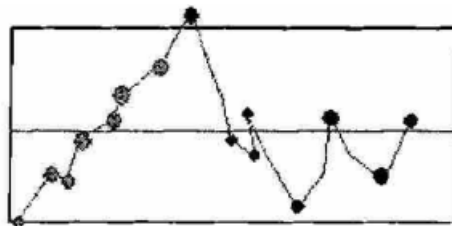
- **Puntos fuera de los límites de control:** Son puntos que se encuentran por arriba del límite superior de control o por debajo del límite inferior de control. Por lo

general nos dan evidencia de que existe alguna situación anormal en nuestro proceso. Debemos de tratar de identificar cuáles son las causas que lo ocasionan para evitar que se sigan presentando en el futuro y documentarlas. Siempre que se presente un PFLC se recomienda revisar los cálculos antes de tomar acciones correctivas y algo muy importante, no sobre accionar.



Fuente: Barron, 2003, Pag 74 “Punto fuera de control”

- **Tendencias:** 7 o más datos consecutivos que tienen una dirección hacia arriba o hacia abajo. Las tendencias nos dan evidencia suficiente para concluir que el próximo dato seguirá la misma dirección que los anteriores.



Fuente: Barron, 2003, Pag 74 “Tendencias”

- **Corridas:** 7 o más datos consecutivos que están por arriba o por debajo de la línea promedio.



Fuente: Barron, 2003, Pag 74 “Corridas”

j) Error en la medición

Un error en medición se la diferencia entre una condición actual y la estimación de esa condición basada en una o varias mediciones. Esa diferencia entre lo que algo mide y lo que nos dice que mide. (Barron, 2003)

Un sistema de medición se dice que es exacto y preciso si en promedio el valor a medir es el mismo que el verdadero. La diferencia entre el promedio y el valor real se le conoce como sesgo. Cuando hablamos de un proceso de atributos, la exactitud se refiere a la capacidad del sistema de llegar a un acuerdo con respecto a los estándares de inspección. Por lo general, la precisión se controla mediante la calibración y documentación.

Es por ello que es necesario que un sistema de medición tenga repetibilidad y reproducibilidad (Barron, 2003):

- **Repetibilidad:** cuando se produce el mismo resultado al medir varias veces el mismo artículo.
- **Reproducibilidad:** Cuando diferentes personas utilizan el mismo sistema de medición y se obtienen los mismos resultados.

Cuando los resultados obtenidos por un sistema de medición son iguales a través del tiempo, se dice que este tiene estabilidad. Es necesario, sin embargo, estar conscientes de que la estabilidad de un sistema está cambiando constantemente a través del tiempo, por lo que debemos garantizar que nuestro sistema sea estable en cualquier momento. (Barron, 2003)

k) Implementación

Debido a que las graficas de control son procesos estadísticos complejos, y no solo graficas ligadas a procesos, es necesario llevar una correcta implementación de estas con la finalidad de conocer el proceso y tomar decisiones acertadas al momento de modificar o mejorar los procesos, evitando una mejora innecesaria, consumiendo así recursos o, en caso contrario, no cumpliendo con los objetivos de la mejora planteada afectando así el proceso.

Por ello en el presente trabajo se presenta el siguiente cronograma:

| Actividades | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|
| Análisis del problema | | | | | | |
| Análisis del proceso y propuesta del formato de trabajo en línea. | | | | | | |
| Propuesta de formato para el registro de curvatura (análisis y gráficos) | | | | | | |
| Análisis de los resultados y propuestas de mejora continua | | | | | | |

Fuente: Propia, "Cronograma de actividades"

Capítulo II. Metodología

Este trabajo define un método estadístico básico que pueden ser usado para lograr los requerimientos establecidos por el cliente, así como cumplir con los aspectos normativos impuestos por las organizaciones, presentando así, una herramienta de mejora continua que será implementada y desarrollada dentro de la organización.

Al controlar un proceso de producción se usarán modelos adecuados obteniendo, en consecuencia, una descripción eficiente del flujo operativo y un buen pronóstico del número de piezas que no cumplen con las especificaciones de calidad.

Permitiendo detectar rápidamente cuando una causa especial de variación se presente en el proceso. Por otra parte, cuando se controla adecuadamente un proceso, la cantidad de piezas defectuosas generadas disminuye gradualmente conforme las causas especiales de variación son detectadas y eliminadas, incurriéndose, a su vez, en la reducción de otros desperdicios como las inspecciones al 100%, y los re-trabajos.

Cabe recalcar que todos los beneficios en materia de procesos y mejora continua implican que la empresa gane prestigio en el campo industrial. Esto, eventualmente, puede fortalecer la relación con los clientes vigentes y atraer nuevos.

Por ello se busca implementar el control de procesos estadísticos a través de una carta de control junto con una gráfica de atributos, para evaluar el cumplimiento de curvatura de piezas ensambladas, utilizadas en la industria automotriz

I) Análisis del problema

Durante el proceso de ensamble de piezas estéticas automotrices, ubicado en la nave 1, se encuentran distintos tipos de piezas ensambladas como "*Producto Terminado*" las cuales tienen que cumplir con estándares específicos, estos determinados por la normatividad, como lo es la IATF, o por el cliente.

Estos parámetros dependen también de la línea, las cuales se dividen en:

- **202-206:** Ensamble manual de piezas, esta línea no cuenta con equipo de soldadura o de ensamble automatizado, todo lo realiza el operador de manera manual, entre las actividades que realiza se encuentran: inspección de piezas, corte, colocación de doble cara y film azul, y por último empaquetado correcto de la caja.
- **302-306:** Clipado; en esta línea se utiliza un sistema de presión automático de piezas ensambladas, este cuenta con parámetros específicos, mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo y es utilizado por los operadores. En esta línea de procesos, las actividades desarrolladas son; piezas, corte, clipado colocación de doble cara y film azul, y por último empaquetado correcto de la caja.
- **402-406:** Soldadura por ultrasonido; en esta línea de proceso se utiliza una máquina de soldadura ultrasónica “*METAL SONIC*” para fijar las partes cromadas con la base plástica (PMMA), en esta etapa del proceso es necesario el correcto uso del EPP adecuado (tapones de oídos, guantes y gafas), dicha maquina también cuenta con parámetros específicos que se revisan al arranque de cada turno, así como en los controles volante (“auditorias” del proceso que realiza el departamento de calidad de manera diaria y aleatoria). En esta línea las actividades son; inspección de componentes, corte, soldadura, colocación de doble cara y film azul, y por último empaquetado correcto de la caja.

Una vez identificadas las distintas líneas y su función, es necesario destacar cuales son los parámetros que se deben revisar en cada una de estas, entre ellos permea el “*control de curvatura*” dicho control se lleva a cabo con una base especial otorgada por cliente, así como el uso de galgas para verificar la condición de la pieza.

El proceso de verificación y la frecuencia con la que se toma la muestra está determinado por la documentación interna, dicha información se encuentra a la disposición de los operadores en su “*Plan de Control*”, dicho plan se encuentra en la intranet del

corporativo; para tener acceso a dicha información, el operador cuenta con una tableta en la estación de trabajo, así evitando el uso de papel y facilitando el acceso y distribución de la información importante relacionado a su área de trabajo (alertas, pautas o modificaciones)

Actualmente a pesar de que se cuenta con los documentos de control de curvatura por parte del corporativo, en la línea de proceso no existe un control y registro de dichos muestreos, el proceso actual de medición de curvatura es meramente empírico, es decir, a pesar de tener un estándar, los operadores no cuentan con un correcto conocimiento acerca del porqué, como y para que se toma este registro.

Al entrevistar al personal operativo encargado de las distintas líneas de proceso, algunos comentaron no saber cómo tomar dichas mediciones, además, aquellos que si lo sabían no cumplían de manera adecuada con el proceso ya establecido, denotando que, no solo es ineficiente la manera en la que se distribuyó dicha información, sino que, es necesario estandarizar y llevar un mejor control de ese aspecto a evaluar.

Además, se identifica la falta de una capacitación en el control específico y medición de la curvatura de las piezas, dicha capacitación deberá ser impartida a todo el personal, nuevo o ya contratado, para asegurar que el producto final cuente con las especificaciones correctas y el mismo no sea desechado como “Scrap”, generando más pérdidas al ser ya un Producto Terminado.

m) Análisis del proceso y propuesta del formato de trabajo en línea:

En el proceso para comenzar la producción, el operador verifica la referencia que se está corriendo, esto se ubica en la orden de fabricación proporcionada por el departamento de logística.

Una vez identificada la referencia, el encargado del almacén otorga los componentes necesarios para comenzar con la producción, el encargado del área productiva conocido como “Auxiliar De Procesos” o ADP verifica el material junto con el Auxiliar de Almacén,

asegurándose que sea correcto, vengan las cantidades necesarias para la producción de ese turno y que no cuente con defectos o venga dañado.

Posteriormente el operador realiza su “*Checklist de arranque*” en el cual evalúa si la estación de trabajo se encuentra en óptimas condiciones para iniciar la producción, evaluando aspectos como la limpieza, equipos calibrados, personal completo, entre otros.

Una vez verificada la estación de trabajo, se comienza la producción, siendo la primera pieza producida y que cumple con los estándares de calidad la “*Pieza de arranque*” pieza la cual es utilizada como parámetro de medición para asegurar los estándares del turno, también se le entrega una “*Pieza Patrón*” por parte de calidad, la cual sirve como referencia del estándar admisible para dicha referencia.

Una vez liberada la línea se comienza la producción en serie, el proceso actualmente menciona que para el control de curvatura se hace uso de la plantilla específica de la referencia a evaluar, así como de una galga con diferentes medidas, primero el operador toma la pieza a evaluar y la coloca en la platilla, verificando que sea de la referencia a evaluar, posteriormente utiliza la galga y dependiendo de lo que indique la instrucción de trabajo (ubicada en la “*Ficha Estándar de Operaciones*”) se realiza el muestro, en caso de ser OK, se pasa a la siguiente estación, en caso contrario se sigue el proceso de “*Producto NO Conforme*” el cual menciona, en grandes rasgos que la pieza se desecha en el contenedor de Scrap (contenedor rojo) ubicado en la estación de trabajo. La frecuencia y tamaño del muestreo lo determina la instrucción de trabajo y este es variable dependiendo de la referencia.

Al analizar el proceso, se identifica que el muestreo es variable dependiendo de la referencia, además que la instrucción de trabajo no es clara al momento de realizar el muestreo, es por ello que se propone estandarizar el muestreo de piezas, los motivos por los cuales se realiza el muestreo y los estándares que se deben seguir para los mismos, además de esto, la información se registra en una base de datos para su posterior análisis, al igual se planea realizar una capacitación a todo el personal operativo en línea.

n) Propuesta de formato para el registro de curvatura (análisis y gráficos)

Al analizar los procesos se identificó que, al no haber un registro llenado por el operador, calidad no cuenta con información relevante para analizar los defectos, al ser el departamento encargado del control de calidad, el uso de información estadística, base de datos de Scrap, defectos, PT, etc., ayuda mucho a la toma de decisiones y análisis de incidencias, tanto internas como externas, así como un control adecuado del sistema de gestión.

Por ello, se propone el uso de SPC a través de una carta de control estadístico por atributos “u”, esto con la finalidad de llevar un monitoreo adecuado y de cumplir con los requisitos específicos de la norma (ASQ), el control de dicho formato será llevado por el Auditor de Calidad, encargado de filtrar y llenar la base de datos, además que el análisis será utilizado para la toma de decisiones en cuanto a reclamaciones a proveedor.

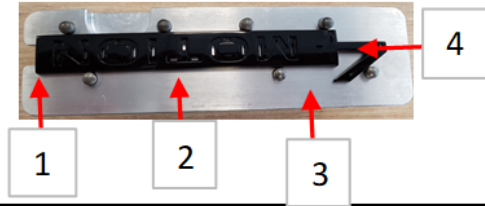
o) Reporte de curvatura

El formato (*“Reporte de curvatura”*) se manejará por referencia e incluirá un apoyo visual (fotografía) en el cual se identifican las áreas donde se realizará la medición de la pieza, la OF (Orden de Fabricación), la denominación, fecha, hora, motivo por el cual se realiza el reporte, número del operador, número de cavidades, puntos a evaluar, el número de galga que se debe utilizar y el plan de reacción en caso de “Producto NO conforme”.

| | | | | | |
|-------------|--------------|---------------|---------------------------|--------|-------------------------|
| REFERENCIA: | 2GJ853675A-B | DENOMINACIÓN: | VW316MX BASE 4MOTION TRAS | OF | |
| FECHA: | 17/06/2023 | HORA: | 11:52:16 | Motivo | No de control OPERARIO: |

ESPECIFICACIONES E IMAGEN DEL COMPONENTE

| No Punto | Medida de la GALGA |
|----------|--------------------|
| Punto 1 | 0.30 mm |
| Punto 2 | 0.30 mm |
| Punto 3 | 0.30 mm |
| Punto 4 | 0.30 mm |
| Punto 5 | NA |



RESULTADOS DEL ENSAYO

| No cavidad | PUNTOS A MEDIR (Indicar OK / NOK) | | | | Resultado de ensayo | Observaciones |
|--------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------------|
| Total de cavidades | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 | | |
| 2 | | | | | | |
| Cavidad 1 | | | | | | |
| Cavidad 2 | | | | | | |
| Cavidad 3 | | | | | | |
| Cavidad 4 | | | | | | |

PLAN DE REACCION

En caso de un resultado de ensayo RECHAZADO, registrar la no conformidad en "FM-06-03-I Verificación diaria de piezas inyectadas" y documentar las acciones correctivas en el mismo:

A) Retirar la pieza, colocarla nuevamente en la plantilla y volver a verificar los puntos de curvatura
 B) En caso de volver a obtener un resultado rechazado, tomar una nueva muestra y evaluarla
 C) En caso de obtener nuevamente un resultado rechazado, informar al área responsable para intervenir la maquina, hasta obtener un resultado aprobado todas las verificaciones deben ser documentadas en este documento.

*TODAS LAS PIEZAS EVALUADAS CON RESULTADOS RECHAZADOS DEBERAN SER TRATADAS CONFORME AL PROCEDIMIENTO "CONTROL DE MATERIAL NO CONFORME P-14-01"

El dueño de dicho formato será el departamento de calidad, los cuales estarán encargados de proporcionar dicho formato a producción. Además, en el control volante llevado por el Auditor de Calidad en conjunto con el Auxiliar De Producción, se verificará el correcto llenado del formato.

Debido a que no existe una base de datos para el control de curvatura, se propuso el siguiente formato, el cual se llena de forma automática:

| REGISTRO DE CURVATURA | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------|----|------------------|---------------|------------|--------------|-------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|------------------|---------------|--------|
| Fecha | Hora de control | OF | Motivo de ensayo | No de control | Referencia | Denominación | Número de cavidad | Puntos a verificar | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 | Resultado ensayo | Observaciones | Semana |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

Además de esto, el formato cuenta con los “*Criterios de Aceptación de Curvatura*” documento interno que especifica a detalle el proceso y criterios a evaluar durante las pruebas, el cual es un documento proporcionado por el corporativo.

CRITERIO DE ACEPTACIÓN CURVATURA

| | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------|--|-----------|-----------------------------------------|
| PC DEL QUE PROCEDE: | | PC 1200 | | | |
| DENOMINACIÓN: | | VW316MX BASE 4MOTION TRAS | | | |
| REFERENCIA: | | 2GJ853675A-BEM / 2GJ853675A-B | | | |
| MOLDE: | | 8682496 | | | |
| CARACTERISTA | | - | | | |
| REALIZAR EL CONTROL EN LA PIEZA: | | | | | |
| INYECTADA | X | ALUMINIO | | SOLDADA | |
| CROMADA | | ALUMINIO SERIGRAFIADO | | PINTADA | |
| GRABADA | | ACERO | | CLIPADA | |
| GRABADA LÁSER | | ACERO SERIGRAFIADO | | ESMALTADA | |
| | | | | | TERMOCROMADA |
| | | | | | PIEZA FINAL |
| | | | | | TERMOCROMADA TRAS APLICACIÓN TAPE |
| | | | | | METALIZADO (PVD) |
| DESCRIPCION: | | | | | |
| 1.Colocación del útil de referencia 8682453.UC.A1 en el puesto para realizar el control. | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> En posición invertida (el emblema /lettering se ve/lee al revés una vez colocada en el útil). | | | | | |
| <input type="checkbox"/> En posición normal (el emblema/ lettering una vez colocado sobre el útil se ve/lee al derecho tal y como va colocada en el coche). | | | | | |

Los presentes formatos se encuentran en un solo libro de Excel el cual se comparte con el encargado de la línea (ADP), existiendo un formato por cada referencia a evaluar, dicho formato se realizó con la intención de ser intuitivo y fácil de llenar, es por ello que se implementó un código Macros, el cual hace más sencilla la labor de capturar y recopilar la información, dicho código llena de manera automática la base de datos y el operador únicamente se preocupa por llenar los espacios de color gris.

```

Sub Guardar_click()

    Sheets("BD").Visible = True
    Sheets("BD").Select
    ActiveSheet.Unprotect Password:="Calidad.2023"

    'Insertar 4 lineas nuevas

    Worksheets("BD").Range("A5").EntireRow.Insert
    Worksheets("BD").Range("A5").EntireRow.Insert
    Worksheets("BD").Range("A5").EntireRow.Insert
    Worksheets("BD").Range("A5").EntireRow.Insert

    'Insertar valores

    'Fecha en 4 líneas
    Worksheets("BD").Range("A5") = Worksheets("Curvatura").Range("D5")
    Worksheets("BD").Range("A6") = Worksheets("Curvatura").Range("D5")
    Worksheets("BD").Range("A7") = Worksheets("Curvatura").Range("D5")
    Worksheets("BD").Range("A8") = Worksheets("Curvatura").Range("D5")

    'Hora en 4 líneas
    Worksheets("BD").Range("C5") = Worksheets("Curvatura").Range("M3")
    Worksheets("BD").Range("C6") = Worksheets("Curvatura").Range("M3")
    Worksheets("BD").Range("C7") = Worksheets("Curvatura").Range("M3")
    Worksheets("BD").Range("C8") = Worksheets("Curvatura").Range("M3")

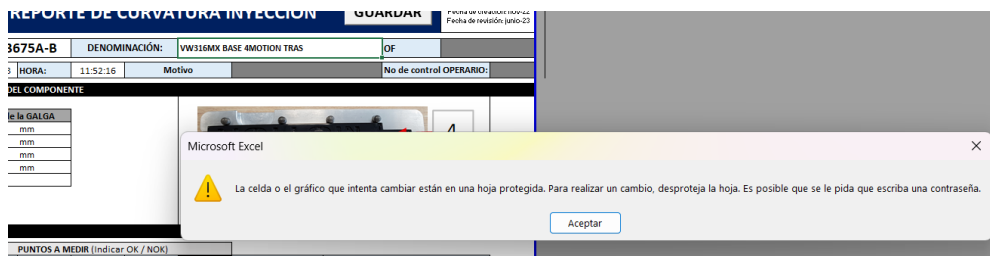
    'OF en 4 líneas
    Worksheets("BD").Range("B5") = Worksheets("Curvatura").Range("F5")
    Worksheets("BD").Range("B6") = Worksheets("Curvatura").Range("F5")
    Worksheets("BD").Range("B7") = Worksheets("Curvatura").Range("F5")
    Worksheets("BD").Range("B8") = Worksheets("Curvatura").Range("F5")

    'Motivo en 4 puntos
    Worksheets("BD").Range("D5") = Worksheets("Curvatura").Range("I5")
    Worksheets("BD").Range("D6") = Worksheets("Curvatura").Range("I5")
    Worksheets("BD").Range("D7") = Worksheets("Curvatura").Range("I5")
    Worksheets("BD").Range("D8") = Worksheets("Curvatura").Range("I5")

    'Numero de control en 4 puntos

```

Además de esto y por temas de seguridad, las hojas se encuentran protegidas con una contraseña que solo conoce el departamento de calidad, evitando así que la información sea alterada o borrada, asegurando que la misma es confiable y real.



p) Plan de reacción

En caso de un resultado de ensayo RECHAZADO, registrar la no conformidad en "FM-06-03-1 Verificación diaria de piezas inyectadas" y documentar las acciones correctivas en el mismo:

- 1) Retirar la pieza, colocarla nuevamente en la plantilla y volver a verificar los puntos de curvatura.

q) Gráfico de control

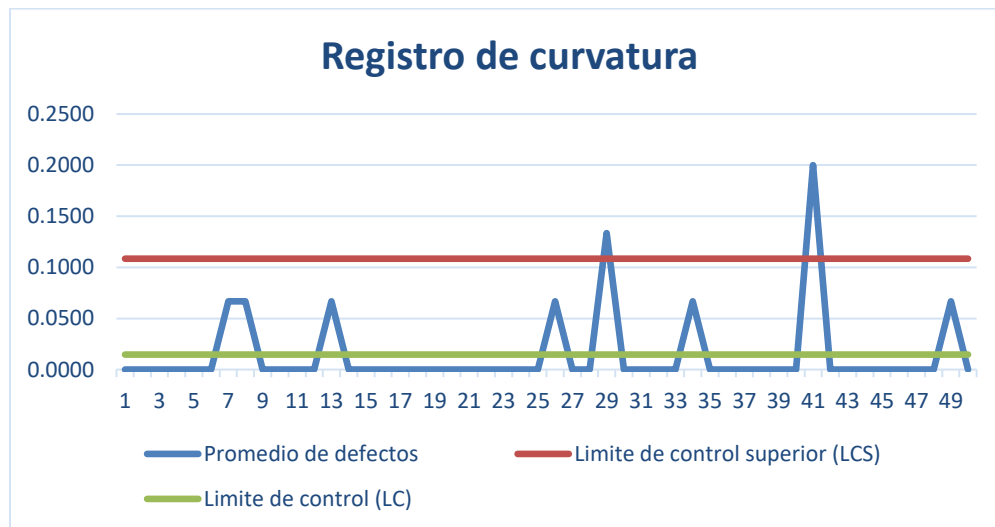
Para el grafico de control se tomó en cuenta un muestreo de 50 piezas de una sola referencia, esto por razones de tiempo y para simplificar y enfocar los resultados de este trabajo

La referencia fue la **2GJ853675A-B** con denominación **VW316MX BASE 4MOTION TRAS.**

Para generar el grafico de control por atributos “u” fue necesario tratar con los datos de la siguiente manera:

| | A | B | C | D | E | F |
|---|---------------------------|------------------------------|------------|----------------------|----------------------------------|------------------------|
| 1 | REGISTRO CURVATURA | | | | | |
| 2 | # de muestra | Cantidad de piezas revisadas | Piezas NOK | Promedio de defectos | Limite de control superior (LCS) | Limite de control (LC) |
| 3 | 1 | 15 | 0 | 0.0000 | 0.108474982 | 0.0147 |
| 4 | 2 | 15 | 0 | 0.0000 | 0.108474982 | 0.0147 |
| 5 | 3 | 15 | 0 | 0.0000 | 0.108474982 | 0.0147 |

Se registro el número de muestra, la cantidad de piezas inspeccionadas y la cantidad de defectos encontrados, con ello se calcula el promedio de defectos, el cual es cero ya que la cantidad de defectos encontrados fue muy pequeña, se calculan los limites necesarios y se grafica; quedando de la siguiente manera:



Fuente: Propia, Registro de curvatura

En 50 mediciones recopiladas entre la fecha de 03/04/2023 hasta el 09/06/2023, se evaluaron 750 piezas de las cuales; se obtuvieron 739 piezas OK y 11 piezas NOK dando un promedio de defectos del 1.47%.

Capitulo III. Resultados y discusiones

Como todo proceso que forma parte de un sistema de gestión, es necesario evaluar los resultados obtenidos durante el proceso, es por ello que se planea llevar un muestreo de 750 piezas evaluadas en un periodo de 3/04/2023 al 9/06/2023, de la referencia 2GJ853675A DPJ denominada como VW Placa 4MOTION trasera VW316MX, esto buscando siempre la mejora continua.

El control de curvatura se evalúa por parte de auditor y el encargado del Sistema de Gestión.

Como ya se menciona con anterioridad en 50 mediciones recopiladas entre la fecha de 03/04/2023 hasta el 09/06/2023, se evaluaron 750 piezas de las cuales; se obtuvieron 739 piezas OK y 11 piezas NOK dando un promedio de defectos del 1.47%.

Entre las piezas evaluadas como “No conformes” podemos encontrar las siguientes observaciones:

| RESULTADO MEDICION OK/NOK | PROBLEMA DETECTADO |
|---------------------------|-----------------------|
| 1 | FALLA EN LA MEDICION |
| 1 | FALLA EN LA MEDICION |
| 1 | OPERADOR NUEVO |
| 1 | ARRANQUE |
| 2 | FALLA EN EL MOLDE |
| 1 | ARRANQUE |
| 3 | CAVIDAD 2 NOK EVALUAR |
| 1 | ARRANQUE |

Ahora analizaremos las razones de la obtención de piezas NOK:

Entre los motivos podemos ver que al ser un proceso realizado por operadores poco experimentados o en procedimiento de capacitación, las mediciones no se realizaban de manera adecuada.

Otro de los motivos mas repetidos fue por temas de “*Arranque*”, esto debido que durante este procesos, se hacen ajustes para alcanzar la repetitividad de las piezas inyectadas, estos ajustes se realizan durante la primer media hora de arranque, tiempo en el cual las piezas NO son consideradas como Scrap, pero, hay ocasiones en que la maquina sufre alguna avería, por ello es necesario volver a liberar el procesos y una vez más, se obtiene piezas de arranque, estas piezas, YA son consideradas como Scrap, debido a la naturaleza del proceso.

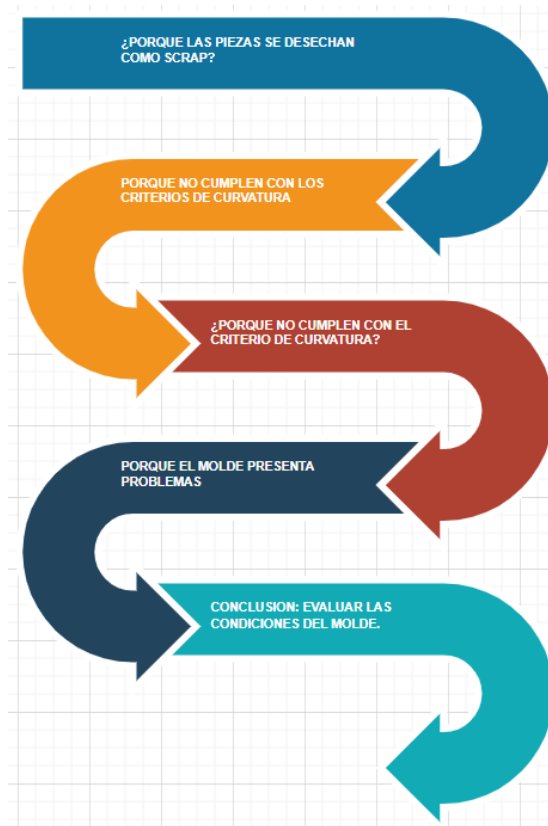
El problema de “*falla en el molde*” y “*Cavidad 2 NOK*”, fueron temas particulares de los cuales se realizó un análisis 8D’s por ello se evalúan por separado.

r) Análisis de causa raíz y acciones correctivas

Durante el proceso de evaluación de la pieza plástica, se idéntico que las piezas evaluadas no cumplían con los requisitos establecidos de calidad, por ello se realizó un análisis de causa raíz, primero se utilizó un modelo de 4M Y 5WHYS, esto para encontrar la causa que originaba la variación en el proceso, esto se logro al reunir un equipo multidisciplinario entre los principales departamentos interesados, entre ellos se incluyo a logística, producción, ingeniería, inyección y calidad, se agendo una reunión y a base de lluvia de ideas se fueron descartando aquellas variables que no influían en el proceso, esto con el proceso de 4M:

- Material
- Maquina
- Método
- Mano de obra

A través de preguntas relacionadas a cada una de las M, se determino que el problema estaba en la Maquina; posteriormente se utilizó la metodología de 5WHY’S:



Fuente: Propia, Análisis 5W del problema

Una vez encontrada la causa raíz, el equipo multidisciplinario procedió a establecer acciones correctivas a través de una lluvia de ideas; gracias a ello se establecieron las siguientes:

- Cronograma de mantenimiento de molde – Encargado: Inyección
- Análisis de los próximos LOTES – Encargado: Calidad

Posteriormente se evaluaron los LOTES producidos posterior mantenimiento del molde y no se encontró problemas relacionados al molde. Concluyendo que las acciones correctivas aplicadas durante el proceso de 8D’S fueron efectivas, cerrando así la incidencia.

Como lo marca el proceso de “*Incidencias Internas*” se llenó el formato de 8D’S y se agregó al indicador relacionado.

Conclusiones y recomendaciones

A lo largo del trabajo se pudo cumplir los objetivos y comprobar la hipótesis, la cual va enfocada a la evaluación de piezas decorativas para autos y el control estadístico por apariencia. Esto debido a que se generó e implementó un método útil para la línea de procesos, método el cual no solo cumplen con las especificaciones del cliente, también, con los aspectos normativos mencionados anteriormente.

No solo se implementó un formato de control, además, se capacito a los operadores en el control y evaluación de criterios nuevos y necesarios para cumplir con los objetivos de calidad.

Presentando así una mejora evidente dentro del proceso, permitiendo identificar los problemas que afectarían el proceso productivo, antes de que si impacto sea mayor, reduciendo así el % de Scrap en comparación con los meses anteriores y manteniéndolo dentro de objetivos, sienta este un máximo de 2% en comparación con el acumulado del mes de junio que fue de 0.53%.

El proyecto se mantendrá ahora como un estándar debido a los beneficios que este presentó durante las pruebas piloto que se realizaron sobre la referencia evaluada y sobre la verificación de la eficacia, esto evaluado como ya se mencionó con los porcentajes de Scrap obtenidos a lo largo del último mes.

Además, se abre la posibilidad de adaptar dicho control en futuros proyectos no solo de la línea de inyección o ensamble, también en los procesos productivos de cromado de piezas plásticas, pintura, etc. Esto debido a la flexibilidad de la carta de control establecida, permitiendo así controlar aspectos de cualquier proceso y permitiendo la identificación de problemas, implementando los métodos y formatos ya mencionados, dando paso a la mejora continua de los procesos.

Referencias bibliográficas

1. Roa, M. M. (2023, March 27). La producción mundial de vehículos aumentó un 6% en 2022. Statista Infografías. [https://es.statista.com/grafico/29579/evolucion-anual-del-numero-de-vehiculos-producidos-a-nivel-mundial/#:~:text=La%20fabricaci%C3%B3n%20mundial%20de%20veh%C3%ADculos,Constructores%20de%20Autom%C3%B3viles%20\(OICA\).](https://es.statista.com/grafico/29579/evolucion-anual-del-numero-de-vehiculos-producidos-a-nivel-mundial/#:~:text=La%20fabricaci%C3%B3n%20mundial%20de%20veh%C3%ADculos,Constructores%20de%20Autom%C3%B3viles%20(OICA).)
10. Grant, E.L. and. Leavenworth, R.S. (1980). Statistical Quality Control, 7th ed., McGraw-Hill, Inc.
11. General Motors Corporation (1991). Key Characteristics Designation System, GM-1805 QN
12. Freund, J.E. and Williams, F.J. (1966). Dictionary/Outline of Basic Statistics, Reprint. Originally published: McGraw-Hill, New York. Dover edition 1991.
13. Johnson, N.L. (1949). "Systems of Frequency Curves Generated by Methods of
14. Keats, J.B. and Montgomery D. C. (1991). Statistical Process Control in Manufacturing, ASQ Quality Press, Milwaukee, WI.
15. Kourti, T., MacGregor, J.F. (1996). "Multivariate SPC Methods for Process and Product Monitoring", Journal of Quality Technology, Vol. 28, No. 4.
16. Mason, R.I. and Young, J.C. (2001). "Implementing Multivariate Statistical Process Control Using Hotelling's T2 Statistic", Quality Progress.
17. Barron Francisco (2003) "IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO (GRAFICAS DE CONTROL) EN EL ARTE DE CORTE DE ENSAMBLES" Universidad Autónoma de Nuevo León.
2. Zozaya, J. (2023). 2023: año de grandes oportunidades para el sector automotriz en México. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/2023-ano-de-grandes-oportunidades-para-el-sector-automotriz-en-mexico/>
3. Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors Corporation 2005. CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS PROCESOS (SPC) 2005 Segunda edición.
4. Ramírez E. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS POR ATRIBUTOS: Caso ZF Sachs, corporación mexicana de investigación en materiales. Saltillo 2005

5. Trejo, M. Cartas de Control. 2013.
7. Pérez. E., Selles M., Gisbert V., LOS GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS, área de innovación y desarrollo Junio 2012.
8. Benneyan JC, Lloyd RC, Plsek PE. Statistical process control as a tool for research and healdcare improvement. Qual Saf Health Care 2003; 12: 458-464
9. Mustafa AM, Rodríguez NL, Chauvet S. [Internet]. Control de Calidad: Cartas de Control por variables. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología NOA 2002. Secretaría de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Catamarca
Translation," Biometrika, Vol 36, pp. 149-176.