

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO
EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

IMPLEMENTATION OF A STATISTICAL PROCESS IN THE PRESS AREA OF METAL STAMPING

Ángel Adad Franco Baltazar ¹
María Blanca Becerra Rodríguez ²
Arturo Hernández Hernández ³
Roberto Zitzumbo Guzmán ⁴
Isabel Ernestina Navarro López ⁵

RESUMEN

La preocupación por el aseguramiento de calidad, es una constante para los fabricantes de automóviles, desde los tiempos en los que se comenzó la fabricación en serie de vehículos a motor. En un inicio sólo se inspeccionaban los productos adquiridos a los proveedores, pero con el aumento de la productividad derivada del crecimiento de la demanda, motivó en las empresas la necesidad de demostrar su capacidad para entregar productos según los requerimientos establecidos por los clientes.

En este trabajo se implementó un control estadístico del proceso en el área de estampado metálico (prensa), siendo un aspecto fundamental para la eficiencia de los procesos de manufactura en el sector automotriz. Este trabajo, pretende dar a conocer el desarrollo del proceso de control de calidad del área de estampado metálico dentro de una Original Equipment Manufacturer (OEM).

Un sistema de control estadístico ha permitido evaluar tendencias negativas antes de que una característica de calidad, salga de especificación o de sus límites de especificación, a lo largo del presente trabajo se describirá como mantener la pieza dentro de especificaciones mediante graficas X-R, algunos de los desafíos a enfrentar para cumplir con los requerimientos de los clientes, las soluciones implementadas para robustecer el proceso de producción y asegurar la calidad del producto son sus objetivos principales.

PALABRAS CLAVES: Control de Calidad, Industria Automotriz, Control Estadístico de Procesos.

Fecha de recepción: 15 de febrero, 2023.

Fecha de aceptación: 29 de marzo, 2023.

¹ Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México/IT de San Juan del Río (ITSJR)
angel.fb@sjuanrio.tecnm.mx

² Profesora-Investigadora del Tecnológico Nacional de México/IT de Querétaro (ITQ)
maria.br@queretaro.tecnm.mx

³ Profesor-Investigador de la Universidad Politécnica de Querétaro (UPQ) arturo.hernandez@upq.mx

⁴ Investigador de Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC) rzitzumb@ciatec.mx

⁵ Profesora-Investigadora del Tecnológico Nacional de México/IT de San Juan del Río (ITSJR)
isalopmx@yahoo.com.mx



IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

ABSTRACT

Concern for quality assurance has been a constant for automobile manufacturers since the time when mass production of motor vehicles began. Initially, only the products purchased from suppliers were inspected, but with the increase in productivity derived from the growth in demand, the companies needed to demonstrate their ability to deliver products according to the requirements established by customers.

In this work, a statistical control of the process was implemented in the metal stamping area (press), being a fundamental aspect for the efficiency of manufacturing processes in the automotive sector. This work aims to publicize the development of the quality control process of the metal stamping area within an Original Equipment Manufacturer (OEM).

A statistical control system has made it possible to evaluate negative trends before a quality characteristic goes out of specification or its specification limits, throughout this work it will be described how to keep the piece within specifications through X-R graphs, some of the challenges to face to meet customer requirements, the solutions implemented to strengthen the production process and ensure product quality are its main objectives.

KEYWORDS: Quality Control, Automotive Industry, Statistical Control Process.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se implementó un sistema de control estadístico de proceso en el área de estampado metálico (prensa) en la industria automotriz la cual mostró la solución de un problema a través de herramientas estadísticas en base a la gráfica X-R, obteniendo un resultado sustancioso del proceso de prensas.

La herramienta del Control Estadístico de Procesos (CEP), es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminados a la mejora. Millán (2013) en su trabajo planteo la necesidad que tenían las líneas de producción de ensamble de respaldos para automóviles de Volkswagen (VW) de aplicar el control estadístico para establecer, mantener el proceso a un nivel estable y aceptable de modo que aseguró la conformidad de los productos y sean aceptados por los clientes (VW), así como analizar el proceso productivo, recolectar información de mediciones necesarias para su respectivo análisis (planos, planes de control, información de ingeniería), determinar las variables de funcionalidad a controlar de acuerdo a la información recopilada.

Sandoval, Ugalde, Téllez y Vergara (2020), en su estudio de análisis estadístico en la aplicación de soldadura por arco de Tungsteno (GTAW), usando la herramienta del diseño de experimentos factorial completo, determinaron los parámetros eléctricos y funcionales para la aplicación de soldadura. En este trabajo se mostró con un análisis estadístico para la aplicación de soldadura de arco metálico con electrodo de tungsteno y gas inerte utilizada para determinar la velocidad de avance de la antorcha y la corriente de soldadura óptimos para lograr soldadura libre de defectos. Utilizaron un diagrama de Ishikawa que permitió la interpretación efectiva de la causa raíz de los defectos.

Cantú, Guardado y Illescas (2020), utilizaron las gráficas de control X-R, para monitorear la variabilidad del proceso y propiciar el control de cualquier característica de calidad. En este trabajo



IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

el elemento clave al utilizar las gráficas de control X-R, para el control estadístico del proceso y lograr la estabilidad del proceso.

Arboleda, Escobar y Salcedo (2015), en este trabajo estudiaron el proceso de soldadura de una empresa que realiza la unión de láminas de recubrimiento para vagones y/o contenedores utilizados para el transporte de distintos materiales, encontrando diversos factores que intervienen en la calidad de la unión de piezas destacando la intensidad de corriente y el nivel de limpieza de las piezas, como los factores más influyentes para ser controlables en el proceso. Se realizaron diversos análisis a través de gráficos por atributos tipo P, análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor y análisis de diseño de experimentos de un solo factor.

Una carta de control típica es una gráfica en el tiempo de una secuencia de valores de un estadístico dado. Permite distinguir entre causas de variación que se presentan a lo largo del tiempo Ramírez (2011). La variabilidad debida a causas comunes que pueden describirse mediante modelos aleatorios o la variabilidad debida a causas especiales que es posible explicarlas en términos de algún parámetro de operación en el proceso. En este estudio se presentó una metodología que incorporo el uso de una carta de control por atributos con doble muestreo.

Guamán (2019), realizo una investigación la cual se centró en la elaboración de un plan de control estadístico al ensamble de carrocerías en una empresa metalmecánica. La metodología se basó en la aplicación de técnicas estadísticas para evaluación de calidad en los procesos productivos, aplicadas a una muestra de diez carrocerías definidas mediante muestreo sistemático, además se utiliza el cálculo de índices de capacidad.

Bonilla (2018), en su estudio práctico exhaustivo de las principales herramientas estadísticas para la gestión de calidad y el mejoramiento de procesos en la producción. El principal objetivo fue incrementar la satisfacción del cliente mediante la mejora continua y la adición de valor en distintas etapas de producción.

En un estudio de control de calidad para un proceso de pintura automotriz bajo un entorno Lean Six Sigma Becerra (2020), se enfocó específicamente en las características críticas de calidad de un producto, no al producto en sí. Durante el desarrollo de este proyecto se mostró la solución de un problema a través de la implementación de conceptos y herramientas estadísticas en base a la metodología Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar (DMAIC).

JUSTIFICACIÓN.

El trabajo se realizó en una OEM, que se encuentra en la ciudad de Querétaro, dedicada al abastecimiento de componentes a las ensambladoras automotrices en el diseño y fabricación de piezas estampadas de metal, conjunto de soldadura modulares, estructurales y escudos para aplicaciones térmicas automotrices desde inicio a fin.

La problemática refiere en el departamento de calidad con el proceso de estampado metálico (prensas), ya que una pieza ha presentado problemas en el área de soldadura y ocasiona que las piezas no se posicionen correctamente al electrodo, obteniendo una pieza con problemas de rebaba, soldadura fría entre otros.

Por lo que se requiere de identificar y priorizar los problemas que más afectan a la pieza, y llevar un control estadístico en el proceso de estampado que influye en la fabricación del producto el cual debe ser estable, capaz y controlable.

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

Entre los beneficios importantes de este trabajo, son mejorar la calidad del producto a través de la eliminación o reducción del problema, evaluar tendencias negativas antes de que una característica se salga de especificación y de esa forma disminuir los paros de ajuste en la estación de trabajo.

METODOLOGÍA.

La metodología utilizada para la realización de este trabajo está basada en el pensamiento estadístico, filosofía de aprendizaje y acción que establece la necesidad de un análisis adecuado de los datos de un proceso, como una acción indispensable para mejorar su calidad (reducir su variabilidad) Gutiérrez y de la Vara (2009).

Satisfacción del cliente

El tiempo de entrega está relacionado con el tiempo de ciclo, que corresponde al tiempo que transcurre desde que el cliente inicia un pedido, el cual se transforma en requerimientos de materiales, órdenes de producción y de otras tareas, hasta que todo esto se convierte en un producto en las manos del cliente. De esta forma el tiempo de ciclo refleja en buena medida qué tan buena es la logística en la empresa (flujos de mercancías e información) y el tiempo que tardan las diferentes etapas del proceso. Se pensaba que calidad, precio y tiempo de entrega eran objetivos antagónicos, en el sentido de que se podía mejorar cualquiera de los tres sólo en detrimento de los otros dos. En algunas organizaciones se sigue creyendo que mejorar la calidad implica necesariamente un precio más alto y mayor tiempo de elaboración. Cuando se tiene mala calidad en las diferentes actividades hay equivocaciones y fallas de todo tipo Gutiérrez y de la Vara (2009), por ejemplo:

- Reproceso, desperdicios y retrasos en la producción.
- Pagar por elaborar productos malos.
- Paros y fallas en el proceso.
- Una inspección excesiva para tratar que los productos de mala calidad no salgan al mercado.
- Re inspección y eliminación de rechazo.

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

- Más capacitación, instrucciones y presión a los trabajadores.
- Gastos por fallas en el desempeño del producto y por devoluciones.
- Problemas con proveedores.
- Más servicios de garantía.
- Clientes insatisfechos y pérdidas de ventas.
- Problemas, diferencias y conflictos humanos en el interior de la empresa.

Por otra parte, al mejorar la forma en que se realizan todas las actividades se logra una reacción que genera importantes beneficios; por ejemplo, se reducen reproceso, errores, retrasos, desperdicios; asimismo, disminuye la devolución de productos, las visitas a causa de la garantía y las quejas de los clientes. Al disminuir las deficiencias se reducen los costos y se liberan recursos materiales y humanos que se pueden destinar a elaborar más productos, resolver otros problemas de calidad, reducir los tiempos de entrega o proporcionar un mejor servicio al cliente.

Costo de una mala calidad

El costo de la mala calidad es la pérdida anual monetaria de los productos y procesos que no logran sus objetivos de calidad. El costo de la mala calidad (COPQ, por sus siglas en inglés) recibe, apropiadamente, el nuevo nombre de costo por los procesos de mal desempeño (o COP3, por sus siglas en inglés y que se lee como COP al cubo). Esto es para enfatizar el hecho de que el costo de la mala calidad no se limita sólo a ésta, sino que es esencialmente el costo del incumplimiento aunado al mal desempeño de los procesos.

Las empresas estiman el costo de la mala calidad por diferentes razones:

1. Cuantificar la envergadura del problema de la calidad en lenguaje monetario mejora la comunicación entre los mandos medios y los superiores. En algunas empresas, la necesidad de mejorar la comunicación en temas relacionados con la calidad se ha convertido en un objetivo principal al embarcarse en un estudio de los costos de la mala calidad. Algunos directores dicen: "No necesitamos perder el tiempo en traducir los defectos en dólares. Nos damos cuenta de que la calidad es importante, y ya sabemos cuáles son los problemas principales". Pero, por lo general, cuando se realiza el estudio, estos directores se sorprenden por dos resultados. Primero, los costos por la calidad resultan ser mucho mayores de lo que habían pensado (en muchas industrias más del 20% de las ventas). Segundo, aunque la distribución de los costos de calidad confirma algunas de las áreas de problemas conocidas, también revela otras áreas problemáticas que no fueron reconocidas previamente.

2. Pueden identificarse las oportunidades principales para la reducción de costos. Los costos de la mala calidad no existen como una masa homogénea. En cambio, son el total de segmentos específicos, cada uno identificable con alguna causa concreta. Estos segmentos tienen diferente tamaño, y relativamente pocos de ellos cuentan para la mayoría de los costos. Una especialidad importante por producto de esta evaluación es la identificación de estos pocos segmentos vitales.

3. Se pueden identificar las oportunidades para reducir el descontento de los clientes y las amenazas asociadas a la posibilidad de venta del producto. Algunos costos de mala calidad son el resultado de las fallas de los productos después de la venta. En parte, estos costos son pagados por el fabricante en la forma de gastos por garantía, reclamaciones, etcétera. Pero, tanto si los costos son pagados por el fabricante como si no, las fallas se añaden a los costos de los clientes, debido al periodo de inactividad de máquinas y mano de obra y a otras formas de alteraciones.

El análisis de los costos del fabricante, complementados por la investigación de mercado de los costos de la mala calidad entre los clientes, pueden identificar las pocas áreas vitales de altos costos. Luego, estas áreas llevan a la identificación de los problemas.

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

4. Medir este costo proporciona un medio de evaluación del progreso de las actividades de mejora de la calidad y descubre los obstáculos a las mejoras.
5. Conocer el costo de la mala calidad (y de los otros tres elementos de evaluación) lleva al desarrollo de un plan estratégico de calidad que sea consistente con la organización general de los objetivos. Muchas organizaciones resumen los costos asociados con la calidad en cuatro categorías: fallas internas, fallas externas, evaluación y prevención.

Variabilidad

Se refiere a la diversidad de resultados de una variable o de un proceso, por ejemplo, en el caso de una muestra el tiempo promedio de espera fue de que existe variación, ya que un cliente esperó menos de un minuto (0.7) y otro fue atendido después de 18.1 minutos de espera, de aquí que una de las tareas clave del control estadístico de un proceso será no sólo conocer su tendencia central (media), sino también su variabilidad. Reducir la variación de los procesos es un objetivo clave del control estadístico y de Seis Sigma. Por lo tanto, es necesario entender los motivos de la variación, y para ello se parte de que en un proceso (industrial o administrativo) interactúan materiales, máquinas, mano de obra (gente), mediciones, medio ambiente y métodos. Estos seis elementos (las 6 M's) determinan de manera global todo proceso y cada uno aporta algo de la variabilidad y de la calidad de la salida del proceso Gutiérrez y de la Vara (2009).

Seis M's

En un proceso, cada una de las 6 M's tiene y aporta su propia variación; por ejemplo, los materiales no son idénticos, ni toda la gente tiene las mismas habilidades y entrenamiento. Por ello, será necesario conocer la variación de cada una de las 6 M y buscar reducirla Como se muestra en la **Figura 1**. Pero además es necesario monitorear de manera constante los procesos, ya que a través del tiempo ocurren cambios en las 6 M, como la llegada de un lote de material no adecuado o con características especiales, descuidos u olvidos de la gente, desajustes, desgaste de máquinas y herramientas. Debido a la posibilidad permanente de que ocurran estos cambios y desajustes, es necesario monitorear de manera constante y adecuada diferentes variables, que pueden ir desde características claves de los insumos, las condiciones de operación de los equipos, hasta las variables de salida de los diferentes procesos Evans (2003).



Figura 1. Las grandes 6 M's

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

En los esfuerzos permanentes que son necesarios realizar para mejorar la calidad y la productividad de un proceso, como lo contempla la estrategia Seis Sigma, resulta indispensable apoyarse en las técnicas y el pensamiento estadístico, ya que proporcionan metodologías que facilitan la planeación, el análisis y la toma de decisiones a través de:

- Identificar dónde, cómo, cuándo y con qué frecuencia se presentan los problemas (regularidad estadística).
- Analizar los datos procedentes de las guías clave del negocio, a fin de identificar las fuentes de variabilidad, analizar su estabilidad y pronosticar su desempeño.
- Detectar con rapidez, oportunidad y a bajo costo anomalías en los procesos y sistemas de medición (monitoreo eficaz).
- Ser objetivos en la planeación y toma de decisiones, y evitar frases como “yo siento”, “yo creo”, “mi experiencia” y el abuso de poder en la toma de decisiones.
- Expresar los hechos en forma de datos y evaluar de manera objetiva el impacto de acciones de mejora.
- Enfocarse a los hechos vitales; es decir, a los problemas y causas realmente importantes.
- Analizar de manera lógica, sistemática y ordenada la búsqueda de mejoras Gutiérrez y de la Vara (2009).

Aspectos fundamentales del pensamiento estadístico

Es una filosofía de aprendizaje y acción basada en tres principios: todo el trabajo ocurre en un sistema de procesos interconectados; la variación existe en todos los procesos, entender y reducir la variación son claves para el éxito. Pensar en forma estadística implica tomar información del proceso para conocerlo (aprendizaje), y también es actuar de acuerdo con este aprendizaje (acción).

En el primer principio del pensamiento estadístico se habla de procesos interconectados para enfatizar que los procesos no operan de manera aislada, más bien, interactúan con el resto del sistema. Por lo tanto, si no se toma en cuenta la manera en que se relaciona un proceso con el resto del sistema, la optimización de una de las partes puede tener un efecto desastroso para el resto del sistema.

El segundo principio reconoce que los resultados de todos los procesos son variables, y esto ya lo hemos justificado antes y quedará en evidencia a lo largo del libro.

El tercer principio es una de las razones y objetivos principales de esta obra: reducir la variabilidad hasta lograr el nivel de calidad Seis Sigma. El gran reto es que una empresa logre profundizar en la filosofía del pensamiento estadístico, ya que eso le ayudará a conocer la realidad (con variación), pero también le permitirá dirigir más adecuadamente sus esfuerzos de mejora Gutiérrez y de la Vara (2009).

Planes de Control

El Plan de Control o también conocido en inglés como Control Plan es una metodología documentada en el manual de APQP para ayudar en la manufactura de productos de calidad de acuerdo a los requerimientos del cliente. Esta metodología proporciona un enfoque estructurado para el diseño, selección e implementación de métodos de control con valor agregado para el sistema total. Es una

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

descripción escrita y resumida de los sistemas usados para minimizar la variación del producto y el proceso en cada etapa del mismo y que incluye las inspecciones de recibo, las áreas de material en proceso y material en salida. Proporciona una descripción escrita resumida de los sistemas utilizados para minimizar la variación en el proceso y en el producto. Debe considerarse sin embargo que el Plan de Control no reemplaza la información contenida en las instrucciones detalladas del operador. Vale la pena mencionar el Plan de Control al igual que el APQP, PPAP, AMEF, SPC y MSA son consideradas las Core Tools del sector automotriz y es un requisito de la especificación técnica ISO/TS 16949 Evans (2003).

Ayudas Visuales (guía de calidad)

En el desarrollo de este trabajo se elaboró lo que se llaman guías de calidad que son ayudas visuales para el operador, estas guías ayudan a llenar la instrucción de inspección y a liberar la parte (primera pieza/última pieza) Durán (1974).

Primera pieza – Es la primera parte producida aceptable dentro de la corrida de producción.

Última pieza – Es la última parte producida aceptable dentro de la corrida de producción.

Control y habilidad de los procesos

El sistema para el control de los procesos es una parte integral del sistema de administración global del negocio. 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. 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). Estos riesgos debieran manejarse, sin embargo, en el contexto de dos fuentes de variación-causas comunes y especiales.

Se dice que un proceso está operando en control estadístico cuando las fuentes de variación son sólo por causas comunes. Una función de un sistema de control de procesos, entonces, es ofrecer una señal estadística cuando causas especiales de variación se hagan presentes, y para evitar el ofrecer señales falsas cuando estas no estén presentes. Esto permite acciones apropiadas a tomar sobre dichas causas especiales (ya sea removerlas, o si son de beneficio, hacerlas permanentes).

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 (bueno/malo, estable/no estable, capaz/no capaz).

La **Habilidad del Proceso** es determinada por la variación que proviene de causas comunes. Generalmente representa el mejor desempeño del proceso mismo. Esto se demuestra cuando el proceso ha sido operado en un estado de control estadístico independientemente de las especificaciones.

Los clientes, internos y externos, están sin embargo típicamente más preocupados por el **Desempeño del Proceso**; esto es, el resultado global del proceso y como se relaciona con sus requerimientos (definidos por especificaciones), independientemente de la variación del proceso mismo.

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

En general, dado que un proceso en control estadístico puede ser descrito por una distribución predecible, la proporción de partes dentro de especificaciones puede estimarse de ésta distribución. Siempre y cuando el proceso se mantenga en control estadístico y no tenga un cambio en localización, dispersión y forma, continuaría produciendo la misma distribución de partes dentro de especificaciones.

Una vez que un proceso está en control estadístico, la primera acción sobre el proceso debiera ser localizar el proceso sobre una meta. Si la dispersión del proceso es inaceptable, esta estrategia permite un mínimo número de partes fuera de especificaciones a ser producidas. Acciones sobre el sistema para reducir la variación por causas comunes son generalmente requeridas para mejorar la

Habilidad del proceso (y sus resultados) de cumplir con especificaciones en forma consistente.

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.

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. Un proceso en el Caso 2 es el que está en control, pero cuenta con una variación excesiva por causas comunes, la cual debe ser reducida.

Un proceso en el Caso 3 cumple con los requerimientos de tolerancias, pero no está en control estadístico; debieran identificarse las causas especiales de variación y actuar sobre éstas. En el Caso 4, el proceso no está en control ni es aceptable. Tanto variaciones por causas comunes como especiales deben ser reducidas.

Índices de habilidad

C_p: Este es un índice de habilidad. Compara la habilidad del proceso con la variación máxima permitida como se indica por la tolerancia. Este índice ofrece una medida de que tan bien el proceso satisface los requerimientos de variabilidad, como se muestra en la **Ecuación 1**.

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad \text{Ec. 1}$$

C_p no es impactado por la localización del proceso. Este índice puede solo ser calculado para tolerancias de dos lados.

C_{pk}: este es un índice de habilidad. Toma en cuenta la localización del proceso, así como la habilidad. Para tolerancias bilaterales C_{pk} siempre será menor o igual a C_p.

$$C_{pk} \leq C_p$$

C_{pk} será igual a C_p sólo si el proceso está centrado.

C_{pk} se calcula como el valor mínimo de CPU ó CPL como se muestra en la **Ecuación 2**:

$$C_{pk} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \quad \text{Ec. 2}$$

C_{pk} y C_p debieran ser siempre evaluados y analizados en conjunto.

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

Un valor de C_p significativamente mayor que su correspondiente C_{pk} indica oportunidad del mejoramiento para el centrado del proceso.

Identificación de la línea central y límites de control de la gráfica de control

Para apoyar en el análisis gráfico de los estadísticos de control graficados, se dibujan líneas que indiquen un estimativo de la localización (línea central) y los límites de control del estadístico de control en la gráfica.

En general, para establecer una gráfica de control se calculan:

- La Línea Central.
- El Límite Superior de Control (LSC u UCL).
- El Límite Inferior de Control (LIC ó LCL).

DESARROLLO DEL ESTUDIO.

Introducción a la propuesta de control estadístico

Para implementar la propuesta del control estadístico en las piezas defectuosas fue necesario analizar y conocer los procesos que se llevan a cabo en el área de prensas, desde la liberación de una pieza hasta el proceso de las piezas no conforme, se identificó que la empresa no tenía una herramienta estadística que permitiera monitorear el proceso de las piezas, ni verificar que estas cumplan con los requerimientos específicos del cliente. Siendo esta la principal oportunidad de mejora para implementar un control estadístico.

Estudio de campo

Después se realizó una investigación de “Campo”, para identificar las oportunidades de mejora dentro del proceso de prensas, en los diferentes turnos, donde se encontraron varios puntos de oportunidad de mejora. Se dio inicio durante la primera jornada del primer turno, que empieza a las 6:30 am - 2:30 pm, en este turno se mostró un proceso aplicado de manera detallada.

La primera actividad fue revisar la documentación necesaria para asegurar la calidad del proceso; a través de un diagrama de flujo, Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) de proceso, plan de control, ayuda visual (guía de calidad) e Instrucción de inspección.

La mayoría de estos documentos son elaborados en la plataforma (Aqua Pro).

Se hizo el monitoreo de 14 componentes críticos para el control estadístico.

Elaboración de un diagrama de flujo del proceso de estampado.

Se elaboró un AMEF del proceso de estampado con las diferentes áreas de la empresa entre ellas (ingeniería, mantenimiento, calidad y producción).

Plan de control por parte del área de calidad que sirvió como base para elaborar las instrucciones de inspección.

La instrucción de inspección, herramienta importante para controlar el proceso, en ella se definieron las características del proceso y producto, que se quiere evaluar y controlar, también se establecieron las frecuencias de inspección. Es importante recalcar que para un uso efectivo de la instrucción de inspección esta tiene que ir de la mano con una efectiva capacitación. Cabe mencionar

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

que también la instrucción de inspección forma parte del proceso de liberación de la parte que es impresa y proporcionada por los líderes de producción a los operadores. Esta se trabaja en conjunto con la guía de calidad ya que se inspecciona y se verifican los pasos a seguir para la liberación de las piezas.

Las ayudas visuales (guías de calidad), estas van a la par con la instrucción de inspección para liberar una pieza ya que es necesario que el personal a cargo tenga conocimientos previos del proceso y el uso correcto del dispositivo de control.

Formato de control estadístico, en esta etapa ya se contaba con un dispositivo de control con la capacidad de evaluar indicadores de control estadístico (SPC's) de caratula digital.

Se elaboró una plantilla en EXCEL para que los operarios e ingenieros capturen los datos. La frecuencia de inspección está definida en la instrucción de inspección cada hora, cada número de parte debe evaluar sus SPC's dependiendo las características que se mencionan en las hojas de instrucción y guías de calidad.

Para esta plantilla se siguieron los lineamientos por el Grupo de Acción de la Industria Automotriz (AIAG) segunda edición, aquí se muestran gráficas individuales para cada SPC y tienen un apartado para evaluar la habilidad del proceso; Cp mide la capacidad potencial de un proceso y el Cpk indicador de la habilidad del proceso en base a la variación presente de cada subgrupo del conjunto de datos (Cp y Cpk) por cada SPC. Y de esta forma poder controlar mejor el proceso e identificar en que parte se está teniendo más variación y problemas con el electrodo. Además de obtener el porcentaje de las piezas que defectuosas y las piezas que no cumplen con las especificaciones que el cliente solicita.

Los registros que se realizaron de forma manual, se colocaron en las hojas de instrucción, en la parte de los límites las tolerancias que pide el cliente para la pieza de acuerdo al dibujo, lo que ayuda a que de manera automática se calcule el Cp, Cpk, Z1 y Z2, con esto se detecta la tendencia de los SPC's antes de que salgan de los límites de control y de esta forma monitorear el proceso de manera más eficiente.

Se capacito a los operarios, técnicos e ingenieros de calidad para la liberación de las partes, se les enseñó a cómo llenar correctamente las instrucciones de inspección, se les enseñó a cómo interpretar la guía de calidad y como usar la nueva herramienta para llevar el control estadístico.

Implementación del control estadístico

Como ejemplo de las diversas graficas que se obtuvieron del área de prensas se muestra en la **Figura 2** y la **Tabla 1**.

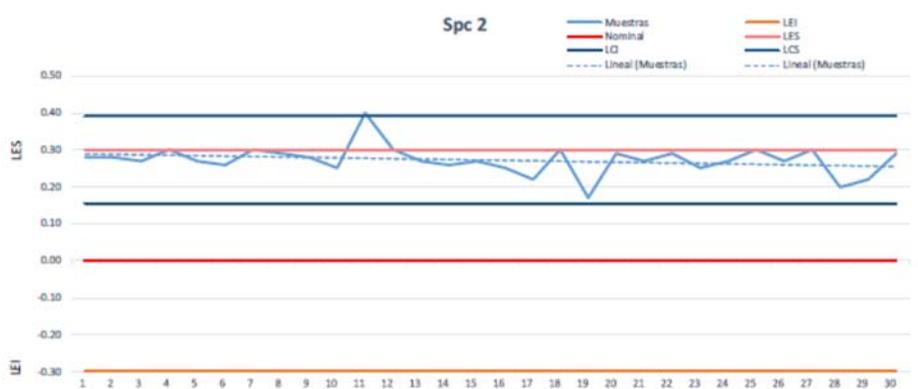


Figura 2. Control estadístico SPC2

**IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO
 EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO**

Tabla 1. Monitoreo de SPC's

SCP1	Cp= 1.02	Cpk= 1.87	Z1=71.3% defectuosos	Z2=28.71% buenos
SCP2	Cp= 2.33	Cpk= 0.871	Z1=0.4% defectuosos	Z2=99.55% buenos
SCP3	Cp= 2.76	Cpk= 0.237	Z1=23.9% defectuosos	Z2=76.10% buenos
SCP4	Cp= 1.35	Cpk= 0.239	Z1=76.3% defectuosos	Z2=23.7% buenos
SCP5	Cp= 3.88	Cpk= 1.992	Z1=0% defectuosos	Z2=100% buenos

Como se puede observar en la gráfica de control, la mayoría de los SPC's se encuentran fuera de los límites de especificación del cliente, siendo este el problema principal para el área de soldadura, ya que el electrodo no identifica correctamente las piezas, provocando problemas de soldadura fría o rebaba, además de que la plantilla del EXCEL arroja que los Cpk's de las piezas no se encuentran de manera favorable al dar datos negativos, lo que significa que el proceso no se encuentra centrado por lo que, es necesario hacerle un ajuste para cumplir con los requerimientos y de esta manera disminuir los paros de ajuste, retrabajos, scrap o amonestaciones del cliente.

RESULTADOS.

Después de hacer los ajustes necesarios y monitoreo de las prensas para alinear el proceso, se observa que el control estadístico apoyo de manera favorable generando que Cp y Cpk fueran positivos, como se muestra en la **Figura 3** y la **Tabla 2**.



Figura 3. Ejemplo de SPC

Para SPC1, donde cp es de 3.43 y Cpk es de 1.6, Z1 es 0% de defectuosos y Z2 es 100 de producto bueno, como se muestra en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Monitoreo despues de la implementación de SPC

SCP1	Cp= 3.43	Cpk= 1.6	Z1=0% defectuosos	Z2=100% buenos
SCP2	Cp= 5.25	Cpk= 1.5	Z1=0% defectuosos	Z2=100% buenos
SCP3	Cp= 5.49	Cpk= 1.07	Z1=0.1% defectuosos	Z2=99.93% buenos
SCP4	Cp= 3.30	Cpk= 1.04	Z1=0.1% defectuosos	Z2=99.91% buenos
SCP5	Cp= 3.28	Cpk= 1.59	Z1=0% defectuosos	Z2=100% buenos



IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

Después de mostrarse los resultados del control estadístico, se dio a conocer a los diferentes departamentos la causa raíz de la problemática, para que se hagan los ajustes necesarios en las prensas con su respectivo troquel para centrar el proceso y verificar que los SPC's estén dentro de los límites de especificación, haciendo una hoja de servicio para el ajuste las piezas.

Las hojas de servicio se han utilizado como evidencia para registrar los problemas que tienen cada preña o área donde se requiere mejorar o ajustar parámetros de la pieza. Los técnicos o ingenieros solicitantes deben informar con evidencias el motivo del porque está solicitando el ajuste. En este caso se tomaron los controles estadísticos para demostrar que los 5 procesos no se encuentran centrados y que los SPC's están fuera de los límites especificados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Al finalizar este trabajo, se identificó que dentro del área de prensas se tenía una gran oportunidad de mejorar el proceso y comunicación con los operadores para el monitoreo de las piezas, al solucionarse esta problemática se reducirá el número de paros técnicos por ajuste, alertas de calidad y de forma sustancial las quejas de los clientes.

Con la implementación del control estadístico, se apoyará a monitorear y prevenir errores en las piezas para evitar que las piezas estén fuera de los límites de especificación, esto ayudará a los técnicos e ingenieros a controlar de mejor forma el proceso y cumplir con los estándares de calidad.

Se logró identificar la problemática desde raíz, además de comprender todas y cada una de las actividades que se realizan en el departamento de calidad.

Como recomendación a este trabajo sería que se siga monitoreando las piezas con el control estadístico, asegurarse que el operador, técnico o ingeniero, estén capacitados para el uso de la herramienta, tener un plan de control para saber cada cuando deberá hacerse una revisión de los procesos y trabajar en equipo para cualquier tipo de ajuste.

Por último, se puede constatar que la herramienta de un control estadístico es muy importante como clave a un proceso de fabricación como el área de prensas y que se puede aplicar a muchos otros procesos para evitar que las piezas salgan de los límites de especificación que marcan los clientes. Otros beneficios que se logran con esta herramienta son: Reducción de la variación y los desperdicios, Mejora de la calidad de los productos, Identificación de las características del producto, proceso y los métodos de control para las fuentes de variación (variables de entrada), que causan variación en las características del producto (variables de salida), Satisfacción del cliente, al enfocarse a las características del producto y del proceso que son importantes y Aseguramiento y comunicación entre las áreas de planeación, implementación y control.

IMPLEMENTACION DE UN PROCESO ESTADÍSTICO EN EL AREA DE ESTAMPADO METÁLICO

REFERENCIAS.

Arboleda, J., Escobar, F., Salcedo, B. (2015). *Estudio de mejora del proceso de soldadura de soldame del valle S.A.S a partir de análisis y diseño de experimentos*. Revista Colección Académica de Ciencias Estratégicas. 2(2). 42-52.

Becerra, M., Franco, A., Hernández, A., López, I. Ríos, L. (2020). Control de calidad para un proceso de pintura automotriz bajo un entorno Lean Six Sigma. Revista Multidisciplinas de la Ingeniería. VIII(12). 133-144.

Bonilla, G. (2018). *Estudio y uso de herramientas estadísticas para la mejora en el control de procesos y calidad*. Para obtener el título de Ingeniero Electrónico Industrial y Automática. Presento en la Universidad Politécnica de Catalunya Barcelona TECH. Barcelona. 1-163.

Cantú, J., Guardado, M., Illescas, G. (2020). *Monitoreo de la variabilidad del proceso mediante gráficas X-R, una guía de aplicación estadística*. Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad. 7(14). 1-15.

Durán, J. (1974). *Manual de control de calidad*. Editorial Reverte S. A.

Evans, J. (2003). *Administración y control de la calidad*. International Thomson Editores.

Guamán, F. (2019). *Control estadístico de calidad en el ensamble de carrocerías en Pico Sánchez Cía. LTDA*. Para obtener el título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización. Presento en la Universidad Técnica de Ambato. En la Facultad de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones e Industrial. Ecuador. 1-200.

Gutiérrez, H., de la Vara, R. (2009). *Control estadístico de calidad*. Segunda edición. Mc Graw Hill. 1-482.

Millán, V. (2013). *Aplicación del control estadístico en las líneas de Volkswagen*. Para obtener el grado de Maestro en Gestión de la Calidad, presento en la Facultad de Estadística e Informática, Xalapa, Veracruz, México. 1-74.

Ramírez, E. (2011). *Control estadístico de procesos por atributos: caso ZF Sachs*. Para obtener el grado de Maestro en Ciencia y Tecnología en la Especialidad de ingeniería Industrial y de Manufactura, presento al Programa Interdisciplinario en Ciencia y Tecnología (SEDE) Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A de C.V. Saltillo, Coahuila, México. 1-83.

Sandoval, T., Ugalde, L., Téllez, A., Vergara, H. (2020). *Análisis estadístico en aplicación de soldadura GTAW usando diseño de experimentos factorial completo*. Revista Soldagem & Inspeção. 1-10.

