CAPÍTULO XII

IMPLEMENTACIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES (X-R) POR EL MÉTODO R&R EN EL PROCESO DE CORTE

Felipe de Jesús Dorantes Benavidez.

Maestro en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México. Docente e Investigador del Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Estado de México-México. Correo electrónico: ing_fe_li_pe@hotmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1490-1873>.

Humberto Dorantes Benavidez.

Doctor en Ingeniería de Sistemas, Tecnológico Nacional de México. Docente e Investigador del Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Estado de México-México. Correo electrónico: humberto_ing11@yahoo.com.mx. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6145-0038>.

Marco Antonio Acosta Mendizábal.

Doctor en Ingeniería de Sistemas, Tecnológico Nacional de México. Docente e Investigador del Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Estado de México-México. Correo electrónico: domila1631@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7408-9808>.

Resumen

Actualmente en este mundo globalizado y altamente competitivo es necesario implementar en las empresas estrategias y métodos que permitan mejorar las condiciones de calidad de los productos, para conseguir esto se deben garantizar las características de calidad de los productos, a través de herramientas que permitan corregir y controlar el proceso. Los productos se pueden monitorear por atributos que son los defectos que presentan las piezas a fabricar o a través de variables que es todo lo medible de un producto, de manera muy particular este trabajo está centrado en el monitoreo del componente 4193. La investigación tecnológica es la escogida para abordar el problema que presenta esta pieza en la empresa y que más afecta a la organización y sus clientes es el incumplimiento de las variables de corte y tolerancia, para asegurar la conformidad del producto. Por lo tanto en este trabajo se desarrollaron gráficos de control X-barra-R aplicado en la empresa CMA Automotives S.A de C.V con el objetivo de conocer la variabilidad del proceso, se decide realizar un plan de muestreo que permita determinar el número de piezas a monitorear del componente 4193 y al mismo tiempo se realiza un estudio al sistema de medición por medio del método llamado repetibilidad y reproducibilidad (R&R), toda lectura de medida tomada por un instrumento de medición presenta dos tipos de errores: el

humano y el propio del instrumento, con las pruebas mencionadas anteriormente se pretende conocer si la empresa necesita capacitar al personal o en su defecto calibrar los instrumentos de medición, para proponer las mejoras necesarias en las áreas de oportunidad dentro de la empresa.

Palabras clave: especificaciones, gráficos de control, límites de control.

IMPLEMENTATION AND VALIDATION OF CONTROL CHARTS BY VARIABLES (X-R) BY THE R&R METHOD IN THE CUTTING PROCESS

Abstract

Currently in this globalized and highly competitive world, it is necessary to implement strategies and methods in companies that allow improving the quality conditions of the products, to achieve this, the quality characteristics of the products must be guaranteed, through quality tools that allow correct and control the process. Products can be monitored by attributes that are the defects that the parts to be manufactured or through variables that are all measurable of a product, in a very particular way this work is focused on the monitoring of component 4193. Technological research is the chosen to address the problem that this piece presents in the company and that most affects the organization, and its customers is the non-compliance of the cut-off and tolerance variables, to ensure product conformity. Therefore, in this work, X-bar-R control charts were developed applied in the company CMA Automotives SA de CV with the objective of knowing the variability of the process, it was decided to carry out a sampling plan that allows determining the number of parts to be monitor component 4193 and at the same time a study of the measurement system is carried out by means of the method called repeatability and reproducibility (R&R), every measurement reading taken by a measurement instrument presents two types of errors: human and the own of the instrument, with the aforementioned tests it is intended to know if the company needs to train the personnel or, failing that, to calibrate the measuring instruments, to propose the necessary improvements in the areas of opportunity within the company.

Keywords: control charts, control limits, specifications.

Introducción

En las industrias es común encontrar diversos procesos de tipo masivo, en el sentido de que se producen muchos artículos, piezas o componentes en un período corto de tiempo. Tal es el caso de: líneas de montaje, envasadoras, procesos de llenado, operaciones de soldadura en una línea de producción, moldeado de piezas de plástico, etc. Algunos de estos procesos se realizarán miles de operaciones al día, mientras que otros realizarán varias decenas o cientos.

En este sentido, la estadística juega un papel importante en todas las actividades empresariales relacionadas con la calidad, pues proporciona una amplia variedad de técnicas que se pueden aplicar en el control de la misma. (Castro et al., 2005). En la actualidad existen muchas herramientas que pueden ser utilizadas para las posibles mejoras y diagnósticos, pero una de las principales es el uso de técnicas estadísticas, que viene a lo largo de los años mejorando todo sistema operacional, además de permitir tornar los productos fabricados más competitivos (Hernández y Da Silva, 2016).

Este capítulo tiene como objetivo utilizar las técnicas de Control Estadístico de Procesos (CEP), construyendo gráficos de control (XR), con el fin de prevenir y detectar los problemas cuando se producen cortes de tubo, sin esperar a que el proceso productivo haya concluido. El objetivo primordial es controlar características de calidad relacionadas con el proceso corte e identificar dichas variaciones durante el proceso (Castro et al., 2005).

Las cartas de control univariadas para variables se aplican a características de calidad que se miden en una escala numérica (X; R; S; Individuales). Las cartas de control univariadas para atributos se aplican a características de calidad de tipo discreto, esto es, requieren solamente un conteo asociado con la ocurrencia de un evento particular (p; np; c; u) (Gutiérrez, 2009).

Fundamentación teórica

Gráficos de Control

Los gráficos de control permiten conocer la variabilidad del proceso y su comportamiento en un tiempo determinado, también tomar la decisión de mejorar las condiciones de manufactura para aumentar la capacidad del real del proceso.

La teoría general de las gráficas de control fue creada por Shewhart, con el fin de monitorear el proceso de transformación de las materias primas en productos terminados los cuales pueden monitorearse con una distribución de probabilidad normal (Quintana et al., 2015).

Límites de Control

Se calculan a partir de la variación del estadístico (datos) que se representa en la carta. De esta forma, la clave está en establecer los límites para cubrir cierto porcentaje de la variación natural del proceso, pero se debe tener cuidado de que tal porcentaje sea el adecuado. Cuando un punto cae fuera de los límites de control, se le considera problemático; pero aun cuando caiga dentro de los límites de control, una tendencia o algún otro patrón sistemático puede servir para advertir que tal acción debe interpretarse a fin de evitar algún problema serio (Calidad de Vida y María, 2002).

Tipos de Gráficos de Control

Las características de calidad sobre las cuales se constituyen las cartas de control generalmente caen en dos categorías:

- Variables
- Atributos

Existen fundamentalmente dos tipos de gráficos de control: gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos. Utilizaremos los gráficos de control por variables cuando la característica a estudiar sea de tipo cuantitativo (intervalo o ratio), mientras que cuando la característica sea de tipo cualitativo (nominal u ordinal) utilizaremos los gráficos de control por atributos (Vilar, 2005).

Metodología

Este capítulo está enmarcado en una investigación tecnológica, que según Silva (2016), establece que posee un carácter práctico y concreto, es decir se plantean necesidades o problemas y a partir de allí se busca resolver la situación, buscando la transformación de los procesos, el material, entre otros, a través de una solución tecnológica, la misma puede considerarse una innovación tecnológica, por su parte Bello (2005), sostiene que este tipo de investigación “tendrá como finalidad solucionar problemas o situaciones que el conocimiento científico consolidado como tecnología demande” (p. 2). Es a través de ella que se abordó el objetivo de

investigación el cual fue utilizar las técnicas de Control Estadístico de Procesos (CEP), construyendo gráficos de control (XR), bajo la propuesta de la aplicación de la carta de control y monitoreo de la variabilidad del proceso, así como el tamaño de muestra y los diversos análisis consta de lo siguientes pasos:

- 1.- Plan de Muestreo
- 2.- Método X-barra-R

Plan de Muestreo

Se muestra los datos a utilizar para la creación del plan de muestreo, las técnicas de muestreo son un conjunto de técnicas estadísticas que estudian la forma de seleccionar una muestra representativa de la población, es decir, que represente lo más fielmente posible a la población a la que se pretende extrapolar o inferir los resultados de la investigación, asumiendo un error medible y determinado (Canal, 2006).

En la Tabla 1 y 2. Se muestran las características de calidad del proceso de corte que se van a estudiar las cuales son de tipo variable, es decir, pueden medirse con un instrumento de medición, para este estudio las lecturas de: corte y tolerancia de la parte 4193 se deben cumplir para asegurar la calidad del producto, es importante mencionar que la empresa busca cumplir con dichas características, es por esta razón que se dice monitorear dichas cualidades.

Tabla 1 .

Características de la Parte para Estudiar

Núm. de parte	Corte	Tolerancia	Rate/hora	Lote programado	Sistema de medición
4193	422mm	±0.5mm	800 pzas/hora	12800 pzas semanales	Checking Fixture de longitud variable GMP-080

Fuente: elaboración propia (2019).

Tabla 2.

Plan de Muestreo del Número de Parte 4193

Rate de Máquina	800
Tamaño del Lote Total	12800
Inicio	9:36:00
Días	5
Duración de la Corrida Total	16:00:00
Cantidad de Subgrupos	45

Fuente: elaboración propia (2019).

Una vez definidas las características de calidad del proceso de corte, es necesario tomar las muestras de las piezas a monitorear, por lo tanto los criterios para el plan de muestreo de la parte 4193 y su cantidad máxima de subgrupos es de 45, es importante mencionar que la cantidad de muestras se ajusta al plan de muestreo propuesto por la empresa, por lo que en este caso el plan de cumple con el máximo de subgrupos y su frecuencia se ajusta a 0:21:20 minutos por subgrupo como se puede observar en la Tabla 3:

Tabla 3.

Plan de Muestreo del Número de Parte 4193

Tamaño de Lote/Oía	2560
Subgrupos/Día	9
Tamaño de Subgrupos	S
Frecuencia	0:21:20
Duración de la Corrida /Día	3:12:00
Término de la Corrida	12:48:00

Fuente: elaboración propia (2019).

Método X-barra-R

Una vez determinado el plan de muestreo se procede a realizar el estudio al sistema de medición por medio del método llamado repetibilidad y reproducibilidad (R&R), toda lectura de

medida tomada por un instrumento de medición presenta dos tipos de errores el humano y el del propio instrumento, con las pruebas mencionadas anteriormente se pretende conocer si la empresa necesita capacitar al personal o en su defecto calibrar los instrumentos. Es importante definir a la repetibilidad como la variación del instrumento considerando una parte y un operador. La reproducibilidad es la variación entre operadores midiendo una parte (Ucan, 2003). En la Figura 1 se muestran los datos recogidos para el estudio de la parte 4193.

Figura 1.

Plan de Muestreo del Número de Parte 4193.

	C1	C2-T	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
Orden/Comida	Operadores	Partes	Mediciones																
1	1 A	1	422.22																
2	2 A	2	422.25																
3	3 A	3	422.28																
4	4 A	4	422.19																
5	5 A	5	422.18																
6	6 A	6	422.27																
7	7 A	7	422.25																
8	8 A	8	422.22																
9	9 A	9	422.19																
10	10 A	10	422.23																
11	11 B	1	422.21																
12	12 B	2	422.25																
13	13 B	3	422.28																
14	14 B	4	422.19																
15	15 B	5	422.18																
16	16 B	6	422.27																
17	17 B	7	422.25																

Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 2.

Hoja para Análisis del Sistema de Medición

Part No. & Name:		Gage Name:		Date:						
4193/Tube Formed		vernier de profundidades		31/05/2018						
Characteristic:		Gage Number:		Performed By:						
Length		15101863		J. Martin Martinez						
Specifications:		Gage Type:								
422 ± 0,3mm		variables								
Appraiser/Tral #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	422.22	422.25	422.28	422.19	422.18	422.27	422.25	422.22	422.19	422.23
B	422.22	422.25	422.28	422.19	422.18	422.27	422.25	422.22	422.19	422.23
C	422.22	422.25	422.28	422.19	422.18	422.27	422.25	422.22	422.19	422.23

Fuente: elaboración propia (2019).

En la Figura 2 se observa la elaboración de la hoja para el análisis del sistema de medición R&R. Se obtienen los datos de una muestra de 10 piezas medidas en la misma posición, por tres operadores 3 veces, obteniendo así un total de 90 mediciones para su posterior análisis.

La hoja se elaboró en el software Minitab 17.1, clasificando los datos en filas, los cuales son:

- Orden de corrida: mediciones consecutivas.
- Operadores: operadores que realizaron las mediciones.
- Partes: piezas medidas en la misma posición.
- Mediciones: lecturas de las mediciones.

Resultados y discusión

Análisis del Sistema de Medición Método X-barra-R

En la Figura 3 se muestra el porcentaje de contribución y porcentaje de variación del estudio de las características de calidad de corte y el porcentaje de la tolerancia, lo que mide este porcentaje es la Repetibilidad y la Reproducibilidad, la interacción de las partes y el porcentaje total de variación del estudio. Como se aprecia el porcentaje de parte a parte es mayor, lo que significa que lo que más afecta al sistema de medición es la variación de los cortes de las piezas.

Figura 3.

Porcentaje de R&R.

Fuente: elaboración propia (2020).

En la Figura 4 se observa el gráfico de rangos que representa la dispersión en las mediciones de los cortes de la pieza 4193 por operador, en este ejemplo los operadores son: A, B, C y se observa que la dispersión es bastante, lo que indica que las partes tienen mucha variación.

Figura 4.

Gráfica de Rangos R&R

Fuente: elaboración propia (2020).

En la Figura 5 se presenta la media de los cortes y tolerancias de las piezas 4193 y sus mediciones por operador. En la gráfica se aprecia que las medias se comportan casi igual lo que significa que la variación entre las medidas es muy baja, lo que es bueno, ya que esto quiere decir que los operadores miden adecuadamente los cortes de las piezas, esto también se observa en la gráfica de componentes de variación, ya que la Reproducibilidad es baja.

Figura 5.

Gráfico de Medias R&R

Fuente: elaboración propia (2020).

En la Figura 6 se observa que la variación de las partes es grande, ya que el comportamiento del gráfico es cíclico (por encima y por debajo de la media), aunque también se observa que la distribución de los puntos en las mediciones es muy pareja, esto significa que la Reproducibilidad es baja, pero la variación de las partes es alta.

Figura 6.

Gráfico de Mediciones por Partes

Fuente: elaboración propia (2020).

Como se puede observar en la Figura 7 esta grafica representa la desviación en las medidas de los operadores, y se observa que las mediciones de los cortes y tolerancias a cumplir están por debajo de la media y que el operador A está por encima del operador B y C, el operador C es el más bajo, por consiguiente, la variación de la Reproducibilidad es causada por el operador A y C.

Figura 7. Gráfico de Mediciones por Operadores

Fuente: elaboración propia (2020)

Discusión

Como se muestra en el análisis de los datos se puede decir que los errores que existen para dar cumplimiento con los cortes de y tolerancias de la pieza 4193 se encuentra en los instrumentos de medición, ya que ellos dificultan cumplir con los cortes de dicho componente, en los estudios realizados de las pruebas de repetibilidad y reproducibilidad, se puede observar en las Figuras 3, 4 y 5 las medidas no se cumplen, pues según los estudios de reproducibilidad, los errores que cometen los instrumentos de medición que se debe a falta de calibración y/o mantenimiento, las mediciones no se están cumpliendo con la pieza 4193, lo que está generando un problema con la calidad de las piezas, por otra parte las Figura 6 muestra una división de mediciones por partes es decir las medidas de las piezas tienen variaciones algunas piezas son grandes y otras pequeñas lo que hace suponer el error en las lecturas está en la de medición, y la Figura 7, por su parte, muestra las mediciones tomadas por los operadores, mostrando que las medidas de las piezas no cumplen con las características de calidad.

Conclusiones

Se cumple con el objetivo de la investigación en este trabajo, ya que se permite visualizar la variabilidad del proceso e identificar a través de las pruebas de repetibilidad y reproducibilidad las áreas de oportunidad que se presentan en la pieza 4193, este caso los gráficos de control X-barra-R, permiten conocer las características de calidad a mejorar, los métodos utilizados en el plan de muestreo permiten definir adecuadamente, la carta de control, que en este caso se demuestra que los errores de los cortes y las tolerancias del componente 4193 es presentado por la falta de calibración de los instrumentos de medición y no es ocasionado por el factor humano; por lo tanto se solicita a la empresa brindar de mejores herramientas a su personal para asegurar la calidad de sus productos, esto no es nuevo ya que en muchas industrias en México, del ramo de manufactura, se necesita de equipo e instrumentos adecuados que ayuden a mejorar la buenas prácticas de manufactura.

Referencias

Bello, F. (2006). Reflexión: La Investigación Tecnológica o cuando la solución es el problema.

Revista FACES. Universidad de Carabobo. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/faces/revista/a6n13/6-13-3.pdf>

Calidad de Vida, S., y María, A. (2002). *Congreso Regional de Ciencia y Tecnología NOA 2002*. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología Producciones Científicas. Sección: Salud y Calidad de Vida.

Canal, N. (2006). *Neus Canal Díaz*. https://www.mendeley.com/catalogue/929cde49-d6bc-33fbutm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B52bbf51e-00f9-477b-b1e1-bac407827f1d%7D.

Castro, C. H., Blanco, P., y Abad, A. J. (2005). Aplicación de los gráficos de control en el análisis de la calidad textil. En *Pecvnia : Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, Universidad de León (Vol. 1, Número 1). <http://revpubli.unileon.es/ojs/index.php/Pecvnia/article/view/744>.

Gutiérrez, H. (2009). (PDF) H. Gutiérrez Pulido R. de la Vara Salazar. *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. McGraw Hill (2009) (1) | Ronald Peña - Academia.edu.

Hernández, C., y Da Silva, F. (2016). *Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852016000100010&script=sci_arttext&tlng=pt.

Quintana, A. E., Pisani, M. V., y Casal, R. N. (2015). Desempeño de cartas de control estadístico con límites bilaterales de probabilidad para monitorear procesos Weibull en mantenimiento. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(1), 143–156. [https://doi.org/10.1016/s1405-7743\(15\)72115-3](https://doi.org/10.1016/s1405-7743(15)72115-3).

Silva, E. (2016). Investigación tecnológica. Concepto metodología en la ciencias de la ingeniería. *Revista electrónica de ciencia y tecnología*. Vol 1, No. 2, pp. 80-96

Ucan, L. (2003). *Implementing Six Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods* Second

Edition.

Vilar, J. F. (2005). *Control estadístico de los procesos (SPC)* - José Francisco Vilar Barrio - Google Libros.