

Aplicación de la Carta de Control NP en una Máquina Reencauchadora de Rodillos Industriales

Application of the NP Control Chart in an Industrial Roller Retreading Machine

DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/bilo.5.2.2023.08>

Fecha de Recepción: 09/11/2023. Fecha de Publicación: 14/11/2023

Laura Bernal-Barbosa

Estudiante Especialización em Gestión integral de la Calidad
lbernal6@cuc.edu.co

Laura Cervantes-Morales

Estudiante Especialización em Gestión integral de la Calidad
lcervant23@cuc.edu.co

Alex Saltarín-Otero

Estudiante Especialización em Gestión integral de la Calidad
asaltari@cuc.edu.co

Laura Rivera-Rojas

Docente Especialización em Gestión integral de la Calidad
lrivera8@cuc.edu.co

Como citar en IEEE este artículo: L. Bernal-Barbosa y Otros, «Aplicación de la Carta de Control NP en una Máquina Reencauchadora de Rodillos Industriales,» Boletín de Innovación, Logística y Operaciones, vol. 5, n° 2, pp. 90-102, 2023. Online. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/5457>

Resumen

En este estudio, se plantea la implementación de una carta de control, en una reencauchadora de rodillos industriales, con la intención de definir el tipo de carta a utilizar, para recopilar datos, determinar la capacidad del proceso y analizar resultados para verificar el estado del proceso. La metodología implementada es de corte transversal e implicó tomar 30 muestras de tamaño 10 durante un período de dos meses, en los cuales un operario identifica a partir de valoraciones cualitativas, los

rodillos que presentan el defecto tipo burbuja y alimenta una base de datos para llevar la trazabilidad de la incidencia de este, utilizando la "Carta np" y el software estadístico Minitab para el control de calidad y la estandarización de procesos. Por medio de estas herramientas, se obtuvieron resultados que permitieron estimar que el proceso estaba bajo control estadístico, pero su desempeño no era satisfactorio, ya que el 47% de los datos excedía la media esperada. Se observó alta variabilidad y ciclicidad, principalmente debido a la disminución de productos defectuosos, sin reflejar una mejora real. La capacidad del proceso se evaluó en un 75.3%, lo que indica que el proceso, no cumplió con los estándares requeridos generando así afectaciones tanto financieras como productivas, por ende, se sugiere la implementación de medidas correctivas o mejoramiento de los procesos, para finalmente mitigar la presencia de este tipo de defectos en el producto final.

Palabras clave: Carta de Control, Reencauchadora de rodillos industriales, Estandarización de procesos.

Abstract

In this study, the implementation of a control chart is proposed in an industrial roller retreading machine, with the intention of defining the type of chart to use, to collect data, determine the capacity of the process and analyze results to verify the state of the process. The methodology implemented is cross-sectional and involved taking 30 size 10 samples over a period of two months, in which an operator identifies, based on qualitative assessments, the rollers that present the bubble type defect and feeds a database to carry the traceability of the incidence of this, using the "NP Letter" and the Minitab statistical software for quality control and process standardization. Through these tools, results were obtained that allowed us to estimate that the process was under statistical control, but its performance was not satisfactory, since 47% of the data exceeded the expected average. High variability and cyclicity were observed, mainly due to the decrease in defective products, without reflecting a real improvement. The capacity of the process was evaluated at 75.3%, which indicates that the process did not meet the required standards, thus generating both financial and productive effects, therefore, the implementation of corrective measures or improvement of the processes is suggested, to finally mitigate the presence of this type of defects in the final product.

Keywords: Control chart, Industrial roller retreader, Process standardization.

Introducción

El caucho producido en Colombia es aprovechado principalmente por la pequeña y mediana industria conformada en su mayoría por industrias de autopartes, mangueras y pegantes, entre otros. [10] Aunque la industria de las vulcanizadoras es bastante variada, la mayoría de las organizaciones dedicadas a esta actividad económica se encuentran situadas en el interior del país, en las principales ciudades; dejando en la zona caribe del país solo unas cuantas, ya que el proceso conlleva ciertas afectaciones por el clima de dicha área del país. El interés de establecer una vigilancia rigurosa a los procesos realizados en las industrias ha permitido el desarrollo del control de calidad, al ser este de suma importancia ya que influye en gran medida en el nivel de productividad de las industrias, así como también en la minimización de costos al buscar reducir los reprocesos o cantidad de productos no conformes. Para establecer dicho control, esta rama ofrece diversas herramientas que permiten analizar los procesos e inferir el comportamiento de estos a través de muestras previamente tomadas, algunas de estas herramientas son las gráficas de control.

El siguiente artículo, se aplica la carta de control por atributos al proceso de reencauche en una empresa de rodillos industriales de la ciudad de Barranquilla, con el fin de analizar si este se encuentra bajo causas comunes de variación, así como también calcular la capacidad del proceso para determinar qué tan capaz está siendo este, además de establecer un plan de acción correspondiente al proceso seleccionado.

Revisión de la literatura

Gráfico de control Carta p: (proporción de defectuosos). En esta carta se muestran las variaciones en la fracción o proporción de artículos defectuosos por muestra o subgrupo. La carta p es ampliamente usada para evaluar el desempeño de una parte o de todo un proceso tomando en cuenta su variabilidad, con el propósito de detectar causas o cambios especiales en el proceso. Para aplicar esta carta de control es necesario seguir la siguiente estructura:

- De cada lote, embarque, pedido o parte de la producción, se toma una muestra o subgrupo de n_i artículos, que puede ser la totalidad o una parte de las piezas bajo análisis.
- Las n_i piezas de cada subgrupo son inspeccionadas y cada una es catalogada como defectuosa o no. Las características o atributos de calidad por los que una pieza es evaluada como defectuosa, pueden ser más de uno. Una vez determinados cuáles son los atributos bajo análisis, es preciso aplicar criterios y/o análisis bien definidos y estandarizados.
- Si de las n_i piezas del subgrupo i se encuentra que d_i son defectuosas (no pasan), entonces en la carta p se gráfica y se analiza la variación de la proporción p_i de unidades defectuosas por subgrupo según la fórmula (1):

$$p_i = d_i \cdot n_i \quad (1)$$

Para calcular los límites de control se parte del supuesto de que la cantidad de piezas defectuosas por subgrupo sigue una distribución binomial, y a partir de esto se aplica el mismo esquema general, el cual señala que los límites están dados por $\mu_w \pm 3\sigma_w$, que es la media o promedio más o menos tres desviaciones estándar del estadístico W que se grafica en la carta. Por lo tanto, en el caso que nos ocupa $W = p_i$. Así, de acuerdo con la distribución binomial se sabe que la media y la desviación estándar de una proporción están dadas, respectivamente, por la fórmula (2):

$$\mu_{p_i} = \bar{p} \text{ y } \sigma_{p_i} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2)$$

donde n es el tamaño de subgrupo y $\bar{p}$ es la proporción promedio de artículos defectuosos en el proceso. De acuerdo con esto, los límites de control de la carta p con tamaño de subgrupo constante, están dados por las fórmulas (3, 4, 5) [1] [2] :

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (3)$$

Límite de control superior

$$LC = \bar{p} \quad (4)$$

Límite central

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (5)$$

Límite de control inferior

Cuando el tamaño de subgrupo n no se mantiene constante a lo largo de las muestras se tienen dos alternativas: la primera es usar el tamaño promedio de subgrupo $\bar{n}$, en lugar de n . La segunda es construir una carta de control con límites variables que comentaremos más adelante. Si el promedio del proceso medido a través de $\bar{p}$ es desconocido, entonces será necesario estimarlo por medio de un estudio inicial.

Ahora bien, los límites de control reflejan la realidad del proceso. Por tanto, mientras la proporción de defectos se mantenga dentro de los límites de control y no haya ninguna tendencia u otro patrón especial, se deduce que el proceso funciona de manera constante, ya sea bien o mal, pero su desempeño se encuentra dentro de lo previsto. Dicho de otro modo, el proceso se encontraría bajo control, mientras que si la proporción se encuentra por fuera de los límites de control, se considera que el proceso se encuentra fuera de control [3] .

Carta p con límites variables. Existen procesos en los que se aplica una carta p , donde el tamaño de subgrupo n_i es muy variable, debido a que está asociado con tamaños de lotes o alguna otra circunstancia que hace impráctico trabajar con el mismo tamaño de subgrupo como referencia. El problema en estos casos es que los límites de control dependen del valor de n_i , ya que un número pequeño de éste hace que los límites sean más amplios y viceversa: un valor grande de n_i hace que los límites de la carta p sean más estrechos. Para atender esta situación de n_i variable se tienen las siguientes tres alternativas:

Los límites están dados por la fórmula (6, 7) [1] [2]

$$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (6)$$

$$\text{Línea central} = \bar{p}$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (7)$$

Carta NP (número de defectuosos). En ocasiones, cuando el tamaño de subgrupo o muestra en las cartas p es constante, es más conveniente usar la carta np , en la que se grafica el número de defectuosos por subgrupo d_i , en lugar de la proporción. Los límites de control para la carta np se

obtienen estimando la media y la desviación estándar de d_i , que bajo el supuesto de distribución binomial están dadas por (8):

$$\mu_{d_i} = n\bar{p} \text{ y } \sigma_{d_i} = \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} \quad (8)$$

Donde n es el tamaño de subgrupo y p – es la proporción promedio de artículos defectuosos. De aquí que los límites de control de la carta $n\bar{p}$ estén dados por las fórmulas (9, 10, 11):

$$LCS = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$\text{Línea central} = n\bar{p}$$

$$LCI = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

(9, 10, 11)

Carta p frente a carta np . Si el tamaño del subgrupo es variable se tendrá que optar por la carta p , pero si el tamaño de subgrupo es constante estas cartas son la misma, salvo un cambio de escala. Por ejemplo, para convertir la carta np en una carta p , basta con dividir la escala entre el tamaño de muestra (120). De aquí que cuando se quieren analizar las variables del tipo pasa-no pasa en un proceso y se toman muestras de tamaño constante, el criterio para elegir entre la carta p y la np es según se prefiera entre proporción de defectuosos o número de defectuosos: en ocasiones se considera que el número de defectuosos ofrece una cuantificación más directa de la pérdida en dinero que se está teniendo en el proceso, lo cual lleva a preferir la carta np en la que no es necesario calcular la proporción en cada subgrupo. Por otra parte, con la carta p es más fácil evaluar en términos porcentuales el nivel de defectuosos en el proceso, pero es necesario recordar el tamaño del lote para tener una idea más precisa de la pérdida en que se está incurriendo.

Proceso de vulcanizado y reencauche. El proceso de reencauche es comúnmente conocido en la industria como el recubrimiento de un rodillo en caucho o silicona, según el requerimiento del cliente o la aplicación a realizar. Específicamente el proceso consta de limpiar completamente el eje del rodillo, retirando cualquier suciedad o elemento no deseado. Así mismo, de acuerdo a la aplicación que se especificada, se escoge el tipo de adhesivo para ser aplicado al eje. Mientras el alma del rodillo es limpiada, en el área de molineado, se realiza la mezcla química específica del material solicitado, teniendo presente el uso final del rodillo y los agentes químicos a los que estará expuesto, dado que esto puede determinar el color, dureza, resistencia a un solvente específico, resistencia al calor, resistencia al ozono, u otras especificaciones.

Una vez preparado el polímero, se procede a situarlo en el alma del eje. Se debe ejercer presión al caucho para afirmar la adhesión de éste al rodillo, esto se hace envolviendo una tela tipo reata y dejándola ajustada al mismo. Seguido a esto, el rodillo se pone en una autoclave, en la que por presión de vapor se derrite el caucho y se adhiere por completo al rodillo. Este proceso es el vulcanizado. El tiempo que va a durar el rodillo en la autoclave operando depende de la cantidad de rodillos que se metieron a vulcanizar, y la aplicación que se esté trabajando, ya que debido a que algunos cauchos tienen altas durezas es mayor el tiempo de vulcanizada que se requiere para que el polímero se derrita.

Cuando el rodillo ya esté vulcanizado se procede a ponerlo en un torno, quitarle la reata previamente puesta y rebajarlo dándole la medida solicitada por el cliente, con esto entrando ya al área de rectificado y acabado. Se ha determinado que en ciertas ocasiones cuando los rodillos salen del vulcanizado y se retira la reata, se logran observar diferentes tipos de defectos en la superficie.

Defectos. Dentro de reencauche de rodillos industriales se puede encontrar una gran variedad de defectos de alta o moderada gravedad, ya que algunos representan el reproceso al 100% u otros permiten hacer uso de la tolerancia que se establece desde un inicio en la negociación. Algunos de los defectos serían: burbujas, despegue, no cierre de la costura y marcación por la reata. La organización suministra información en donde se evidencia que el defecto con mayor incidencia y de mayor afectación es, la presencia de burbujas; siendo este el más costoso ya que requiere un reproceso total y el residuo generado en este proceso no es reutilizable, por ende, encárgese el costo del producto [4][5]. Las burbujas con pequeños espacios de aire que quedan entre el cuerpo del rodillo y la lámina de caucho, y finalmente afecta la superficie del recubrimiento, mostrando marcas o afectaciones, lo cual es inamisible en esta actividad económica.

Capacidad de proceso. La capacidad de un proceso para una variable se refleja en los valores en los que varía de manera natural, es decir, sin la influencia de causas atribuibles de variación. Tanto la mano de obra, las máquinas, los métodos, los materiales y el entorno tienen sus propias variaciones naturales, y la interacción de todas estas variaciones afectará y determinará la capacidad del proceso. Por lo tanto, la capacidad del proceso solo se puede evaluar cuando está bajo control, es decir, sin la presencia de causas atribuibles de variación. Conocer la capacidad del proceso permite determinar en qué medida cumple con las especificaciones, lo que brinda a la dirección la información necesaria para tomar decisiones. Por ejemplo, pueden decidir aceptar que el 8% de las unidades producidas estén fuera de las especificaciones, considerando las implicaciones comerciales y de costos que esto conlleva, o invertir en tecnologías y mejoras de proceso para reducir las variaciones y producir un producto más uniforme y vendible[6][7].

Un estudio de la capacidad del proceso proporciona una base estadística para evaluar la calidad. Por lo tanto, cuando no está claro en qué áreas del proceso de mejora se deben asignar recursos, esta evidencia establece las prioridades. Al evaluar proveedores, ayuda a definir criterios y comparar con la competencia, lo que facilita la formulación de estrategias y la explotación de ventajas competitivas. La realidad es que cada vez más compradores utilizan la capacidad del proceso de los proveedores como un factor importante en su decisión de compra[6][7].

Control estadístico de procesos. Según su definición, un proceso se considera estar bajo control estadístico cuando no hay causas asignables presentes. El Control Estadístico de Procesos implica analizar los datos generados por el proceso para detectar la presencia de causas atribuibles, lo cual se suele llevar a cabo mediante la creación de un gráfico específico conocido como Gráfico de Control. Cuando un proceso se encuentra bajo control estadístico, se vuelve factible hacer una estimación del rango en el que se ubicarán las características de las piezas fabricadas[8][9].

Para que tenga sentido emplear gráficos de control, el proceso debe tener un nivel de estabilidad suficiente que, aunque sea inherentemente aleatorio, permita cierto grado de predicción. En términos generales, un proceso caótico no es predecible y, por ende, no puede ser gestionado. En estos casos, los gráficos de control no son aplicables, y hablar de la capacidad del proceso carece de sentido. Un proceso de esta naturaleza debe ser examinado utilizando herramientas estadísticas más avanzadas hasta que se adquiera un conocimiento empírico suficiente para identificar y eliminar las causas de la falta de estabilidad[8][9].

Metodología

La presente aplicación de un gráfico de control por atributos se realiza sobre el proceso de reencauche haciendo especial énfasis en el defecto tipo burbuja. Se recopila información de la base de datos de Producción de la empresa de rodillos, a partir de 30 muestras de tamaño 10 durante el período de dos meses. El registro del cual se toma la información incluye la identificación de los rodillos que presentaron burbujas al terminar el proceso de vulcanizado. Cada rodillo es analizado por un operario que determina si hay presencia de burbujas o no después del proceso catalogando al producto como defectuoso o no defectuoso. Siendo así, la carta que se usó para medir el control de calidad fue la “Carta np”, dado que el número de muestras es constante. Para poder aplicar el gráfico de control, se valida la normalidad de los datos con el uso del Software Minitab®. Por consiguiente, se deduce que el análisis de investigación del presente artículo es cuantitativo descriptivo de corte transversal. Los datos obtenidos en el formato se establecen en la Tabla I.

Tabla I

Resultado del Formato de Datos.

Muestra	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	No conformes
1	No	No	No	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	5
2	Si	No	Si	Si	No	No	No	No	No	No	3
3	No	No	Si	No	No	Si	Si	No	No	Si	4
4	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	1
5	No	No	No	No	Si	Si	No	Si	Si	No	4
6	No	No	Si	No	No	Si	No	Si	No	Si	4
7	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0
8	Si	No	No	No	No	No	Si	No	No	No	2
9	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	Si	No	6
10	Si	No	Si	No	Si	No	No	No	No	Si	4
11	No	No	No	No	No	No	Si	Si	No	No	2
12	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	1
13	No	No	No	No	No	Si	Si	No	No	No	2
14	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0
15	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	1
16	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	1

17	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	Si	2
18	Si	No	No	Si	No	No	No	No	No	Si	3
19	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	1
20	No	No	No	Si	No	No	Si	No	Si	No	3
21	No	No	Si	No	No	Si	No	Si	Si	Si	5
22	No	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	1
23	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No	1
24	No	No	No	Si	No	Si	No	Si	No	No	3
25	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	No	5
26	Si	Si	Si	No	Si	No	No	No	No	No	4
27	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si	2
28	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	No	1
29	No	No	No	No	No	Si	Si	Si	No	No	3
30	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	0
TOTAL											74

Nota: Recopilación de datos, presencia de defectos en los rodillos.

Se definió calcular los límites de control a partir de la información recopilada. Así mismo, calcular la capacidad de proceso y determinar si el proceso productivo de vulcanizado se encuentra o no bajo control.

Resultados

Al momento de recibir los datos por parte del operario, se hizo una prueba de normalidad con el fin de determinar si el número de productos defectuosos en cada muestra provenían de una población normal. Para determinarlo, se usó el software Minitab®, en el cual se registraron tres parámetros.

Parámetro 1. Elegir los datos “Individuales” en “Gráficas de Probabilidad”, ubicada en el menú de opciones.



Figura. 1 Parámetro primero para la prueba de normalidad en Minitab®.

Parámetro 2. Se seleccionó la columna de la cantidad de productos no conformes en “Variables de Gráfica” por cada muestra.

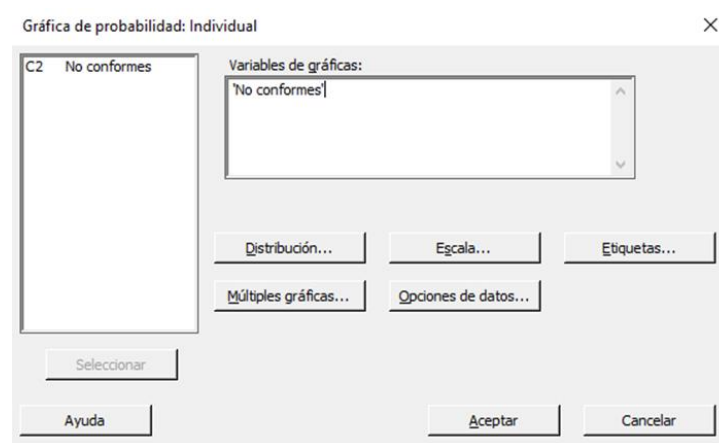


Figura. 2 Parámetro segundo para la prueba de normalidad en Minitab®.

Parámetro 3. En la sección de “Distribución...” se eligió la distribución normal.

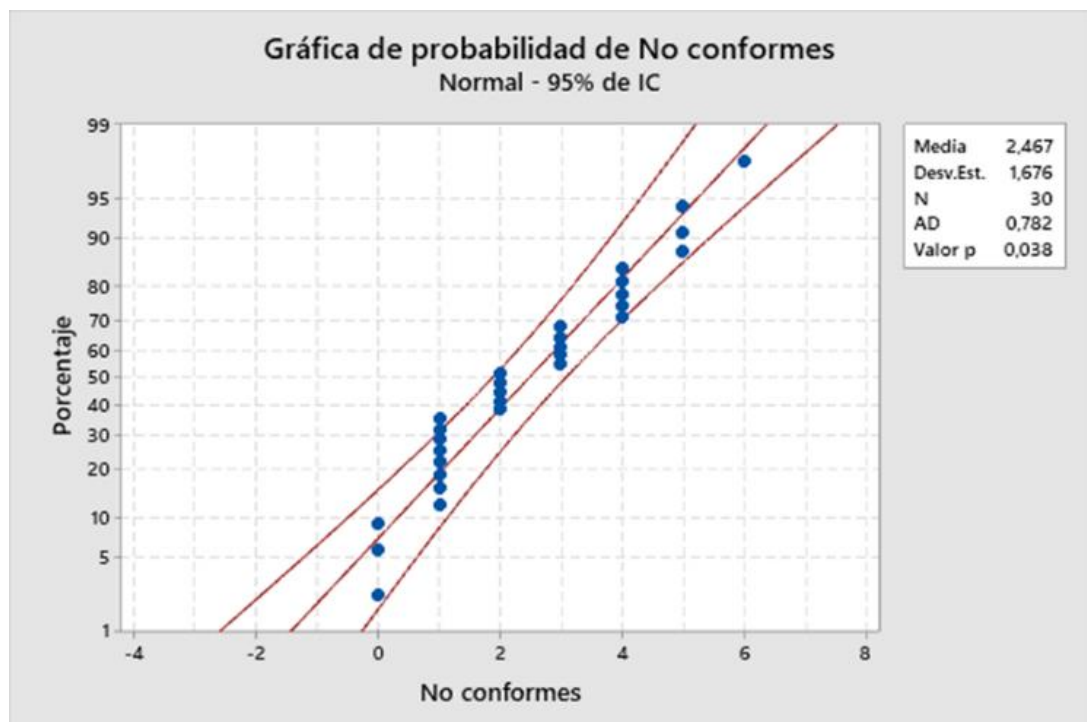


Figura. 3 Gráfico de distribución normal en Minitab®.

La gráfica resultante muestra una línea de tendencia central en la cual los datos deben estar ubicados sobre ella. Sin embargo, es notable que no todos los datos lo están. Por tanto, el P- value (Valor P) al ser mayor o igual a 0.01, en este caso 0,038 indica que los datos siguen una distribución normal.

Después de confirmar la normalidad de los datos, se organizaron los datos obtenidos de la formación de burbujas en el proceso de vulcanizado y se organizó la proporción de cada muestra, dividiendo los productos no conformes con respecto al tamaño de la muestra lo cual reposa en la Tabla II.

Tabla II. Organización y Proporción de los Datos

Muestra	Tamaño	No conformes	Proporción
1	10	5	0,5
2	10	3	0,3
3	10	4	0,4
4	10	1	0,1
5	10	4	0,4
6	10	4	0,4
7	10	0	0
8	10	2	0,2
9	10	6	0,6
10	10	4	0,4
11	10	2	0,2
12	10	1	0,1
13	10	2	0,2
14	10	0	0
15	10	1	0,1
16	10	1	0,1
17	10	2	0,2
18	10	3	0,3
19	10	1	0,1
20	10	3	0,3
21	10	5	0,5
22	10	1	0,1
23	10	1	0,1
24	10	3	0,3
25	10	5	0,5
26	10	4	0,4
27	10	2	0,2
28	10	1	0,1
29	10	3	0,3
30	10	0	0

Nota: Datos organizados para la aplicación del método carta de control np. Una vez obtenida la proporción de cada muestra, se halló el promedio de estas

$$\bar{p} = 0.247 (12)$$

Luego, se hallaron los límites de control: Para el límite superior:

$$LCS: n\bar{p} + 3 * \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} : (10)(0,247) + 3\sqrt{(10)(0,247)(1 - 0,247)} = 6,56 \quad (13)$$

Para el límite central:

$$LC: n\bar{p} : (10)(0,247) = 2,47 \quad (13)$$

Para el límite inferior:

$$LCI: n\bar{p} - 3 * \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})} : (10)(0,247) - 3\sqrt{(10)(0,247)(1 - 0,247)} = -1.62 \quad (14)$$

Donde n es el tamaño de las muestras (en este es constante) y P barra es el promedio de la proporción de las unidades no conformes. Se obtuvo que el límite inferior es negativo, por tanto, es cero puesto que el mínimo de conformidades para las muestras tomadas no puede ser menor a cero. En Excel se hallaron los límites individuales para cada muestra con el fin de organizar correctamente los datos en el gráfico se establecen en la Tabla III.

Tabla III Límites de Control del Proceso

<i>Límite</i>	<i>Control Superior, LCS</i>	<i>Central, LC</i>	<i>Control inferior, LCI</i>
<i>Especificación</i>	<i>0</i>	<i>2,47</i>	<i>6,56</i>

Nota: Valores calculados para los límites de control.

Por último, se usaron las columnas “No conformes”, “LCS”, “LCI” Y “LC” para construir el gráfico de control:

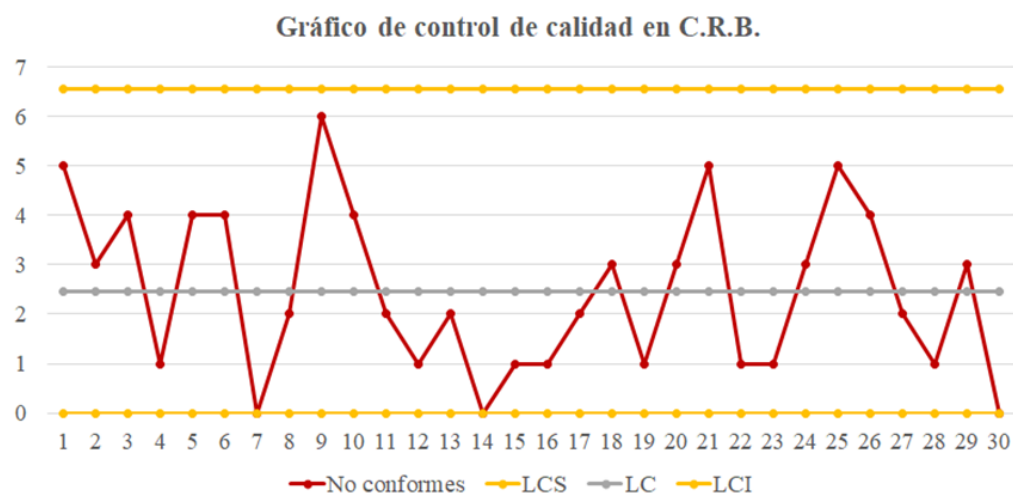


Figura. 4 Gráfico de control de calidad del proceso de reencauche de los rodillos.

Una vez realizado el gráfico de control correspondiente a la carta np se procede a calcular la capacidad para el proceso de reencauche.

$$C_p = 1 - \bar{p} \quad (15)$$

$$C_p = 1 - 0,247 \quad (16)$$

$$C_p = 0,753 \quad \therefore \quad C_p = 75,3\% \quad (17, 18)$$

Aplicando los métodos anteriormente descritos, se puede analizar que el proceso se encuentra dentro de los límites de control, por tanto, se puede inferir que el proceso está bajo control estadístico (está estable), sin embargo, su desempeño no es satisfactorio puesto que el 47% de los datos que corresponden a 14 muestras de las 30, se encuentran por encima de la media de errores esperada.

Al calcular la capacidad del proceso arroja un resultado de 75,3% lo que nos indica que el proceso de reencauche no está siendo capaz, aunque se encuentre bajo control estadístico ya que su capacidad es inferior a 99.73% equivalente a un Cp de 1.

Conclusiones

Una vez realizado el estudio y análisis correspondiente a las cartas de control en la empresa de rodillos se evidencia la gran aplicabilidad de las herramientas estadísticas en procesos productivos de la realidad, permitiendo así inferir el comportamiento del proceso de reencauche de rodillos industriales a partir de una muestra tomada de éstos. Se evidenció la estabilidad del proceso al encontrarse en presencia de causas comunes de variación estando dentro de los límites de control, sin embargo, al realizarse el gráfico se observa una gran variabilidad encontrando datos muy dispersos de la media, además se determina que el proceso no es capaz ya que su Cpi arrojó un resultado 0,753.

A partir de lo mencionado anteriormente se sugiere diseñar un plan de acción que tenga como finalidad reducir la presencia del defecto tipo burbuja, sugiriendo a la empresa generar la implementación de una mejora de procesos haciendo uso de nuevas tecnologías tales como máquinas extrusoras de caucho, siendo estas una de las elecciones que minimiza o elimina por completo la presencia de este tipo de defectos, además de ser una opción para estandarizar el proceso y volverlo un poco más automatizado, reduciendo así la presencia del error humano; esto iría de la mano de la capacitación del personal para hacer uso de dichas máquinas. Esto representaría un alza en las ganancias al reducir el costo y riesgo de producción, la implementación de una máquina de este tipo generaría un reintegro de la inversión en cuestión de 2-4 meses, aumentando la rapidez del proceso y asegurando un mejoramiento en la calidad el producto, esto podría atraer mayor clientela aumentando consecuentemente los ingresos de la organización.

Se debe destacar que en la literatura se encuentra reducida la información relacionada con el proceso de vulcanización y los defectos en la producción de rodillos de caucho, por tanto, se podría aplicar otras herramientas de calidad como causa-efecto o diagrama de Pareto para seguir desarrollando temáticas relacionadas en esta industria.

Referencias

- [1] Pereira Paulo, Seghatchian Jerard, Caldeira Beatriz, Xavier Sandra, de Sousa Gracinda, Statistical control of the production of blood components by control charts of attribute to improve quality characteristics and to comply with

- current specifications, Transfusion and Apheresis Science. Volume 57, Issue 2, 2018, Pages 285-290, ISSN 1473-0502, doi: 10.1016/j.transci.2018.04.009.
- [2] Gutiérrez H., De la vara R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigmas. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.
 - [3] Hernández-Pedrerá, Carlos, Da Silva-Portofilipe Filipe. Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. Tecnología Química. 2016, XXXVI(1), 130-145. ISSN: 0041-8420, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543786011>
 - [4] Martínez, Ciro. (2007). Control de calidad en la Industria del Caucho I Parte. Informador Técnico. 71. 18. Doi: 10.23850/22565035.776.
 - [5] X. Huang, N. Bao, Y. Zhao, P. Xu, and E. She, “Analysis of Rubber Roller Coating and Influence of Rubber Roller Characteristics on the Coating Thickness,” E3S Web of Conferences, vol. 406. EDP Sciences, p. 01031, 2023. doi: 10.1051/e3sconf/202340601031.
 - [6] Mejía Echeverry, O. (2013). Capacidad de proceso.
 - [7] Cruz, G. C., & Medina, M. A. R. (2014). Propuesta para evaluar la capacidad de procesos de manufactura multivariados. Revista Ingeniería Industrial, 13(2).
 - [8] Rojas, A. R. F. (2006). Control estadístico de procesos. Madrid: universidad pontificia icai.
 - [9] Carro, R., & González Gómez, D. A. (2012). Control estadístico de procesos.3
 - [10] Sánchez, FABRICACIÓN DE PRODUCTOS