

Control estadístico de procesos aplicado en una empresa de marroquinería

Leopoldo David Tapia-Torres, Jorge Max Novelo-Acosta, Yaret Viridiana Alonso-Rangel,
Mónica Gutiérrez- del Real

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de León. Av. Tecnológico S/N, Fraccionamiento Industrial Julián de Obregón, León Gto.

Resumen

La producción de artículos relacionados con el sector cuero-calzado representa una parte muy significativa de ingresos desde el punto de vista del producto interno bruto, así como una fuente importante de ingresos para varias familias en el estado de Guanajuato, México. El objetivo de este trabajo es aplicar el control estadístico de procesos en una empresa ubicada en Guanajuato mediante la utilización de estadística descriptiva, cartas de control, así como del análisis de capacidad en uno de los procesos considerados críticos en la fabricación de cinturones de piel, para finalmente realizar una serie de recomendaciones a la empresa misma con miras a incrementar la calidad de sus procesos productivos.

Abstract

The production of articles related to the leather-footwear sector represents a very significant part of income from the point of view of the gross domestic product as well as an important source of income for several families in the state of Guanajuato, Mexico. The aim of this work is to apply statistical control of processes in a company located in Guanajuato by using descriptive statistics, control charts as well as capability analysis in one of the processes considered critical in the manufacture of leather belts, to finally make a series of recommendations to the company in order to increase the quality of its production processes.

Palabras clave: Control estadístico del proceso, capacidad de proceso, estadística descriptiva, marroquinería, cartas de control.

Keywords: Statistical process control, process capability analysis, descriptive statistics, leather goods, control charts.

1. INTRODUCCIÓN

Los países de América Latina se han caracterizado por proveer materias primas desde el descubrimiento de América, vocación que no ha cambiado, a pesar de que algunos países, como México han logrado un avance empresarial e industrial, el cual aún conserva una dependencia hacia la exportación de productos de uso común. Dentro de dichos productos, se pueden considerar aquellos que agregan valor como los del sector del cuero y específicamente, los de la marroquinería [1].

Así mismo, cabe resaltar que tanto la industria del calzado como la marroquinería son muy importantes para el estado de Guanajuato y para los municipios de León, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón dado que estos municipios concentran el 80% de la producción nacional asociada con los productos de dicho sector [2]. Por otro lado, el sector cuero-calzado representa el 10% del PIB del estado de Guanajuato [3].

La ciudad de León Guanajuato se ha caracterizado desde hace varias décadas por su industria basada en el cuero, calzado y marroquinería. Es por esto y dada la importancia que representa económicamente para la ciudad este tipo de empresas, que se decidió abordar un problema en la industria de la marroquinería, especialmente en el proceso de fabricación del producto denominado del cinturón de vestir.

Con el transcurso de los años, la empresa donde se realizó este trabajo, ubicada en la ciudad de León, Guanajuato, fue abriéndose camino hasta llegar a penetrar mercados internacionales, especialmente a

Estados Unidos y Canadá, por lo que las exigencias en cuanto a la calidad del producto y volumen de producción fueron aumentando considerablemente. Es por esto que la empresa donde se llevó a cabo el presente trabajo, decidió actualizarse tecnológicamente, mediante la adquisición de maquinaria para sus procesos de fabricación. Sin embargo, la diversidad y la variabilidad en los procesos han causado que estos tengan sesgos importantes con respecto a las especificaciones de los procesos y los clientes.

La empresa estudiada se dedica a la fabricación de cinturones de piel, cuyo proceso se puede ver a continuación en la figura 1. En dicha figura se pueden observar el proceso general de fabricación de un cinturón de piel y además, se pueden identificar en los recuadros rojos aquellos procesos que agregan mayor valor o vista al producto. Estos procesos son el refilado y el respunte, que también son considerados como críticos en la manufactura del cinturón.

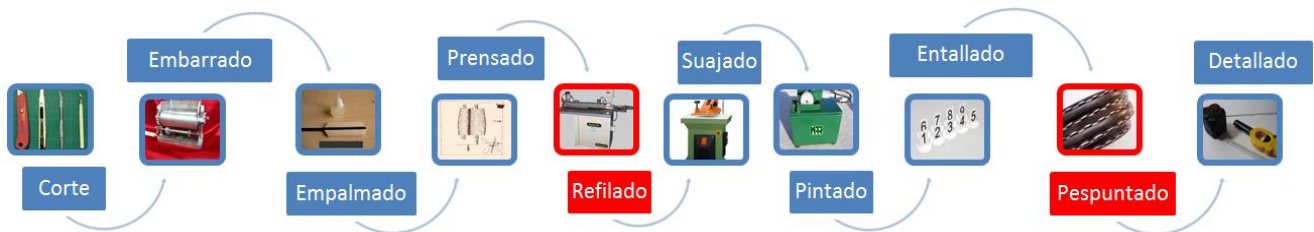


Figura 1. Proceso de fabricación de un cinturón de piel.

El propósito de este trabajo fue aplicar el control estadístico en el proceso de fabricación de cinturones en una empresa marroquinera con la finalidad de reducir la cantidad de productos no conformes en los procesos críticos, siendo estos aquellos que agregan más valor al producto y a la vez generan una gran cantidad de productos defectuosos por la complejidad de proceso mismo.

Este trabajo es relevante dado que muestra el impacto que tiene la mala calidad en el producto terminado, hablando de partes por millón que no cumplen las especificación, además, muestra de forma muy clara y sintética cómo aplicar las herramientas de estadística descriptiva y del control estadístico de proceso en la industria de la marroquinería, específica en la fabricación de cinturones.

Así mismo, se interpreta de forma muy clara, precisa y práctica cada uno de los resultados obtenidos con la aplicación de las herramientas del control estadístico de procesos.

2. METODOLOGÍA

En el presente trabajo se utilizaron herramientas de control estadístico de proceso y de estadística descriptiva para el análisis e interpretación de los datos. La metodología utilizada se muestra a continuación.

- **Etapa 1:** Identificación y selección de la característica crítica a analizar.
- **Etapa 2:** Determinación del tamaño de la muestra.
- **Etapa 3:** Recolección de datos.
- **Etapa 4:** Análisis del proceso mediante estadística descriptiva.
- **Etapa 5:** Elaboración y análisis de las cartas de control.
- **Etapa 6:** Determinación y análisis de la capacidad y centrado del proceso.
- **Etapa 7:** Conclusiones y recomendaciones.

En la primera etapa se identificaron la minoría de procesos para fabricar un cinturón que a su vez, generaban la mayoría de defectos contabilizados en el producto terminado al realizar una inspección

final. Aquí se utilizó un análisis de Pareto. Para realizar este diagrama se inspeccionó mediante una hoja de verificación o de chequeo y de forma aleatoria un total de 345 cinturones de la producción del último mes, para poder estratificar las causas de los defectos. Para determinar este tamaño de muestra se utilizó la tabla sugerida por [4] en la cual se consideró un nivel de confianza del 95%, un margen de error de muestreo del $\pm 5\%$ y una proporción del 0.50 al desconocerse las proporciones de los tipos de defectos que se buscan calcular. La amplitud de la población fue calculada a partir de la producción media de cinturones obtenida en un mes que oscila entre 2000 y 2500, escogiéndose este último valor como amplitud de la población para dar mayor confianza al estudio.

En la segunda etapa se determinó el tamaño de la muestra requerida para calcular la proporción de cinturones cuya dimensión estaba fuera de las especificaciones del proceso.

Posteriormente, en la etapa tres, se procedió a la recolección de los datos. Para esto, se midió el grosor del cinturón en la parte donde se coloca la hebilla. Estas mediciones fueron realizadas con un vernier de tipo digital marca “cen-tech”. Se escogió este vernier para tener mediciones rápidas y con precisión de centésimas de milímetro (mm). La empresa en cuestión, fabrica 113 cinturones diarios en promedio.

Después, en la etapa cuatro, se realizó un análisis de estadística descriptiva para determinar si los datos provenían de una distribución normal y poder proceder con la elaboración de cartas de control y con el cálculo de los índices de capacidad y de centrado del proceso.

En la etapa cinco, se elaboraron diversas cartas de control para estudiar la estabilidad del proceso crítico identificado en la etapa uno.

Luego, en la etapa seis, se procedió a realizar los cálculos de la capacidad del proceso, así como de su centrado para determinar qué tan capaz era el proceso seleccionado en la etapa uno para cumplir con las especificaciones del proceso mismo.

Finalmente, en la etapa siete, se realizó un análisis e interpretación final de todos los resultados obtenidos para hacer sugerencias a la empresa. Así mismo, se realiza una serie de conclusiones y recomendaciones a la organización donde se realizó el presente trabajo.

3. RESULTADOS

El siguiente diagrama de Pareto (figura 2) asociado a la etapa 1 nos muestra que dos de los diez procesos analizados en la fabricación del cinturón (20%), generan el 62% de los defectos observados en los 345 cinturones inspeccionados como producto terminado. De estos dos procesos, se escogió el refilado dado que la característica de calidad de dicho proceso, se puede medir y analizar mediante herramientas de estadística descriptiva y de control estadístico de proceso, mientras que la característica de calidad del pespunte es una variable cualitativa más difícil de medir cuantitativamente y de analizar mediante las herramientas ya mencionadas.

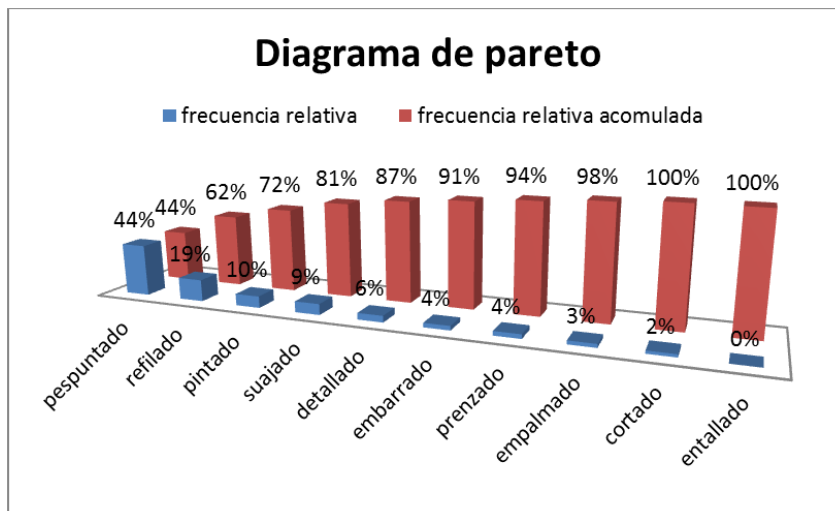


Figura 2. Diagrama de Pareto de los procesos de fabricación de un cinturón.

Etapa 2: Para comenzar el análisis del proceso de refilado, se sugiere [5] tomar al menos de 20 a 30 subgrupos con 4 a 5 observaciones cada uno. Es preferible tomar la medición de cada subgrupo en un periodo corto y después tomar otro subgrupo 30 minutos después [6], por tal motivo, se decidió tomar 20 muestras (subgrupos) de 4 observaciones. En total se tomaron 4 subgrupos por día, durante cinco semanas distintas, es decir $n = 80$ mediciones en total. Posteriormente se calculó el tamaño de la muestra n' (n prima) con la siguiente fórmula:

$$n' = \frac{(Z^2_{\alpha/2}) \hat{p}(1 - \hat{p})}{E^2} = 72.99 \text{ observaciones,}$$

Donde:

$Z_{\alpha/2}$ = Valor de la distribución normal (Z), para tener un nivel de confianza del 95%.

$Z_{\alpha/2} = 1.96$

\hat{p} = Proporción de cinturones cuya dimensión medida está fuera del intervalo [39mm, 41mm].

$\hat{p} = X/n = (\# \text{ de cinturones cuya dimensión está fuera del intervalo } [39\text{mm}, 41\text{mm}] / \# \text{ de observaciones en la muestra piloto.}$

$\hat{p} = X/n = 4/80 = 0.05$ (5%)

E = Error de muestreo = 5%.

Por tal motivo, ya no fue necesario tomar observaciones adicionales, pues se habían tomado 80, suficientes en nuestro estudio para tener un error de muestreo máximo del 5%, con un nivel de confianza del 95%.

La tabla 1, contiene el resultado de las mediciones (Etapa 3) del ancho de los cinturones en el área de la hebilla. Estas mediciones fueron obtenidas con un vernier de tipo digital marca “cen-tech”. Así mismo, se procedió a cuantificar la proporción de cintos que se encontraban fuera de las especificaciones de calidad en cada subgrupo y en promedio.

Subgrupo	Observación (mm de ancho)				No. cintos fuera de esp.	Proporción del subgpo.
	I	II	III	IV		
1	39.28	39.58	40.21	40.52	0.00	0.00
2	40.46	40.38	40.61	39.16	0.00	0.00
3	40.58	40.34	40.09	40.14	0.00	0.00
4	39.27	39.49	39.40	39.46	0.00	0.00
5	39.00	40.32	39.34	40.38	1.00	0.25
6	39.65	40.16	40.02	41.06	1.00	0.25
7	40.03	40.32	40.75	39.73	0.00	0.00
8	39.86	39.55	40.15	40.26	0.00	0.00
9	40.05	39.89	39.96	39.84	0.00	0.00
10	39.44	39.80	40.47	39.98	0.00	0.00
11	39.83	39.46	40.46	39.25	0.00	0.00
12	39.82	40.04	39.74	39.45	0.00	0.00
13	41.02	40.24	40.50	39.59	1.00	0.25
14	39.48	39.72	39.87	39.80	0.00	0.00
15	40.37	39.61	39.03	39.89	0.00	0.00
16	40.73	40.44	40.64	39.89	0.00	0.00
17	39.91	39.45	39.83	39.63	0.00	0.00
18	39.73	39.71	39.54	39.10	0.00	0.00
19	40.36	40.28	40.23	40.04	0.00	0.00
20	39.96	39.83	38.99	39.30	1.00	0.25
Proporción Promedio de defectuosos					0.05	

Tabla 1. Mediciones del grosor de los cinturones.

El análisis de estadística descriptiva de la etapa 5, arroja los siguientes resultados (tabla 2) que nos permiten verificar la validez de los datos para aplicar las herramientas de control estadístico de proceso, al verificar el supuesto de normalidad.

ESTADÍSTICO	FÓRMULA	RESULTADO	INTERPRETACION
Numero de Datos	n	80	NO NECESARIA
Promedio	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$	39.922	Es cercano al valor objetivo N = 40
Desviación Estándar	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$	0.47425	El promedio de las desviaciones de cada dato con respecto al valor central es de 0.47425 mm
Coefficiente de Variación	$CV = \frac{(S)}{\bar{X}} \times 100\%$	1.19 %	La desviación estándar es tan solo el 1.19% del valor central.
Sesgo (Coeficiente de asimetría)	$\frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$	0.11856	Como la curtosis y el sesgo estandarizado caen dentro del rango de (-2,+2)
Curtosis	$\frac{n(n+1) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$	-0.47247	Los datos siguen una distribución normal y si podemos aplicar herramientas de control estadístico de proceso bajo supuesto de normalidad.
Sesgo Estándar	$\frac{\text{Sesgo}}{\sqrt{\frac{6}{n}}}$	0.43291	
Curtosis Estándar	$\frac{\text{curtosis}}{\sqrt{\frac{24}{n}}}$	-0.86261654	

Tabla 2. Resultados del análisis de estadística descriptiva.

Para la etapa cinco, se utilizaron los datos obtenidos en la etapa tres para realizar las siguientes cartas de control realizadas en el software Statgraphics. La tabla 3 nos ayuda a entender e interpretar correctamente las zonas verde, amarilla y roja de pre-control que se presentan en algunas de las gráficas de control, así como los puntos que caen en cada una de dichas zonas.

Color de la Zona	Probabilidad de que caiga un punto en la zona	Puntos que esperamos caigan en la zona, teniendo el proceso en control estadístico	Probabilidad acumulada de las zonas
VERDE (parte central)	86.64% (zona central)	86 de 100 puntos	86.84%
AMARILLO	13.08% (6.54% x 2 extremos)	13 de 100 puntos	99.72%
ROJO	0.27% (0.135% x 2 extremos)	2.7 en 1,000 puntos o 27 en 10,000	99.99%

Tabla 3. Zonas de una carta de control.

En la gráfica (X-R) [Figura 3], podemos ver que solo hay dos puntos en la zona amarilla y el resto en la zona verde. Esto implica que no hay cambios significativos en la media del proceso, por lo que la gráfica indica que el proceso se encuentra estable y en control estadístico.

Por otra parte, en la gráfica (S) [Figura 4] se observa que todos los puntos están en la zona verde. Esto significa que no hay cambios significativos en la magnitud de la variación del proceso, por lo que la gráfica indica que el proceso se encuentra estable y en control estadístico.

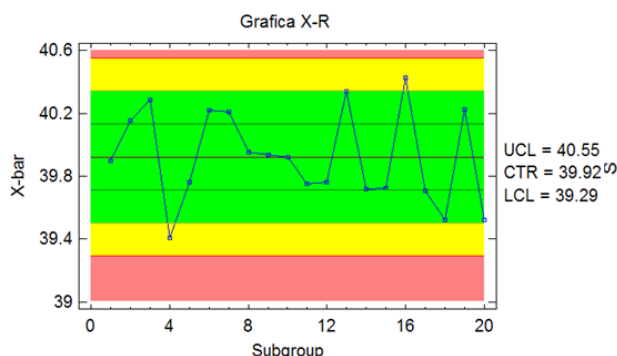


Figura 3. Carta de Control de Medias y Rangos(X-R).

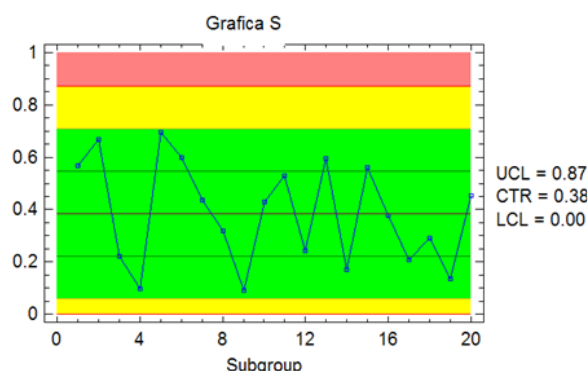


Figura 4. Carta de Control de Desviaciones (S).

Similarmente, en la gráfica (X-S) [Figura 5], se puede verificar que solo hay dos puntos en la zona amarilla y que el resto de los puntos están en la zona verde. Esto significa que no hay cambios significativos en la magnitud de la variación del proceso con respecto al valor central (media), por lo que la gráfica indica que el proceso se encuentra estable y en control estadístico.

La gráfica de proporciones o gráfica p [Figura 6] muestra que todos los puntos están en la zona verde. Esto significa que no hay cambios significativos en la proporción de defectuosos del proceso con respecto a la proporción media en cada uno de los subgrupos, por lo que la gráfica indica que el proceso se encuentra estable y en control estadístico.

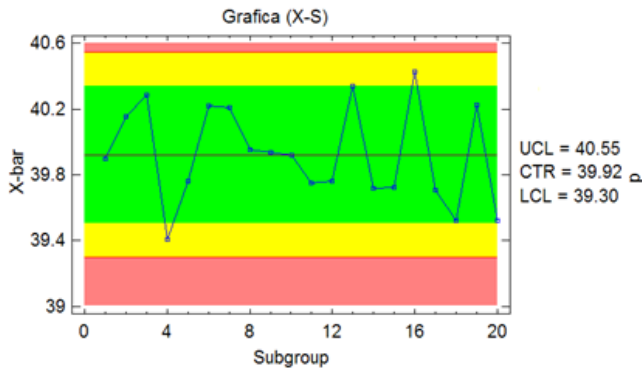


Figura 5. Carta de Control de Medias y Desviaciones (X-S).

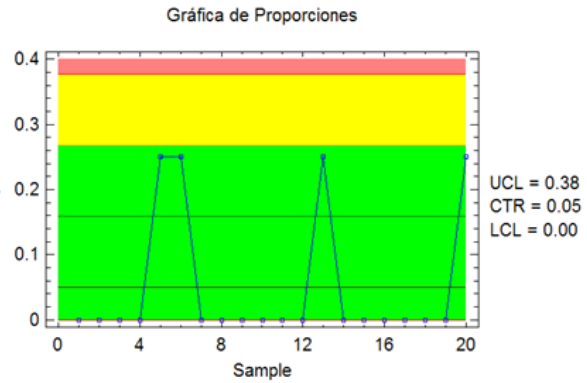


Figura 6. Carta de Control "P" Para atributos cuando "n" es constante.

En la etapa seis, se utilizaron las siguientes fórmulas para el cálculo de los índices de capacidad de proceso y de centrado respectivamente:

El índice de capacidad potencial de proceso, Cp se define de la siguiente manera:

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, y ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. Como se puede observar, el índice Cp compara el ancho de las especificaciones o variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real del proceso:

$$Cp = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}}$$

Decimos que 6σ es la variación real debido a las propiedades de la distribución normal, en las que se afirma que entre $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra el 99.73% de los valores de una variable con distribución normal [7].

De igual forma, la tabla 4, nos ayuda a entender el resultado obtenido en la capacidad del proceso:

Valor del índice Cp	Clase o categoría de proceso	Decisión
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad seis sigma
$Cp \geq 1.33$	1	Adecuado
$1 < Cp \leq 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere control estricto
$0.67 < Cp \leq 1$	3	No adecuado para trabajo. Un análisis de proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
$Cp \leq 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere modificaciones muy serias

Tabla 4. Valores de Cp y su interpretación.

Para calcular e interpretar los índices de capacidad de proceso, de centrado, el nivel de calidad en sigmas y las partes por millón que se esperan fuera de especificaciones se siguió este procedimiento:

1) Se determinó el valor objetivo de Calidad "N", y la especificación superior e inferior de este proceso (ES, EI), a saber:

- N = 40 mm (Es el valor objetivo de ancho del cinturón, o bien, el ancho ideal).
- ES = Especificación Superior = 41 mm (es el ancho máximo que debe tener el cinturón, si se excede, el cinturón se considera defectuoso, pues se verá muy apretado, se desgastará antes y tendrá una mala apariencia).
- EI = Especificación Inferior = 39 mm (es el ancho mínimo que debe tener el cinturón, si el ancho es menor, el cinturón se considera defectuoso, pues ser vera flojo y con mala apariencia).

2) Considerando que las 20 muestras (subgrupos con 4 observaciones cada una) fueron tomados en un periodo Largo de tiempo (35 días), se utilizó la desviación estándar a largo plazo de los 80 datos, pues los datos se recopilaron en un periodo suficientemente largo para que varios factores (cambio de turno, de material, desajuste de maquinaria, temperatura, humedad, etc.) influyeran en la variación del proceso. Luego entonces, la desviación estándar sería:

$$\hat{\sigma}_{largo_plazo} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{17.768355}{79}} = 0.47425$$

3) Se calculó e interpretó el índice de capacidad de proceso "Cp", el índice de centrado "K".

$$Cp = \left(\frac{ES - EI}{6\hat{\sigma}_{largo_plazo}} \right) = \left(\frac{41 - 39}{6(0.47425)} \right) = 0.703$$

Posteriormente, se determinó el índice de centrado del proceso.

$$K = \left[\frac{\bar{X} - N}{0.5(ES - EI)} \right] = \left[\frac{39.922 - 40}{0.5(41 - 39)} \right] \times 100\% = -7.8250\%$$

Dicho índice de centrado nos dice que la media muestral de los anchos de los cinturones están un 7.8250% alejados por debajo o a la izquierda del valor nominal N = 40mm, por tal motivo, debemos de calcular el índice de capacidad Cpk, para poder interpretar correctamente el nivel de calidad en sigmas y las partes por millón fuera de especificación, así como la clase o categoría de proceso en la que está la operación de refilado.

4) Luego, se determinó el índice de capacidad "real" del proceso o Cpk, siendo este el valor mínimo entre Cpi y Cps, es decir, entre el índice de capacidad para la especificación inferior, Cpi, y índice de capacidad para la especificación superior, Cps. Por tal motivo, tendríamos que:

$$Cpk = \min [Cpi, Cps] = \min \left[\frac{\bar{X} - EI}{3\hat{\sigma}_{largo_plazo}}, \frac{ES - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_{largo_plazo}} \right]$$

$$Cpk = \min \left[\frac{39.922 - 39}{3(0.47425)}, \frac{41 - 39.922}{3(0.47425)} \right] = \min [0.65, 0.76] = 0.65$$

Dado que nuestro índice de capacidad real de proceso Cpk es igual 0.65, según la tabla 5 de abajo, obtenida con *statgraphics*, esperaríamos tener un nivel de calidad en sigmas de aproximadamente 3.28 sigmas, es decir, que tendríamos al 3.74684% de nuestros productos fuera de las especificaciones superior e inferior (EI, ES), esto equivale a tener aproximadamente 37,468 PPM o partes por millón fuera de especificaciones (37,468 cinturones por cada millón fabricado que no cumple con especificaciones), también denominado como DPM (Defects per Million).

	<i>Short-Term</i>	<i>Long-Term</i>
	<i>Capability</i>	<i>Performance</i>
Sigma	0.508798	0.474253
Cp/Pp	0.655139	0.70286
Cpk/Ppk	0.603874	0.647861
Cpk/Ppk (upper)	0.706404	0.757859
Cpk/Ppk (lower)	0.603874	0.647861
K		-0.07825
% beyond spec	5.20583	3.74684
DPM	52058.3	37468.4
Sigma Quality Level	3.12522	3.28085

Tabla 5. Resultados del análisis de capacidad de proceso con *statgraphics*.

Por otra parte, según la misma tabla 4, como nuestro Cpk de largo plazo o Ppk (Capacidad real de proceso a largo plazo) fue de 0.65 (que es menor a 0.67), el proceso de refilado es de clase o de categoría 4, que se interpreta como que el proceso “no es adecuado para trabajo y requiere modificaciones serias”.

Finalmente, abajo tenemos una gráfica (figura X) de la distribución de nuestras 80 observaciones agrupadas en 9 clases, elaborado con *statgraphics*. En dicha gráfica, podemos corroborar visualmente el índice de centrado $K = -7.82\%$ (que en proporción se muestra como -0.08), donde la media muestral de los datos (línea azul central) está desviada (descentrada) casi un 8% a la izquierda del valor nominal $N = 40$ (línea roja central). También podemos apreciar que los Límites reales inferior y superior del proceso (LRI, LRS), en donde esperaríamos tener el 99.73% de nuestros datos (líneas azules laterales), se salen de nuestras especificaciones inferior y superior para el grosor del cinturón (EI, ES, líneas rojas laterales).

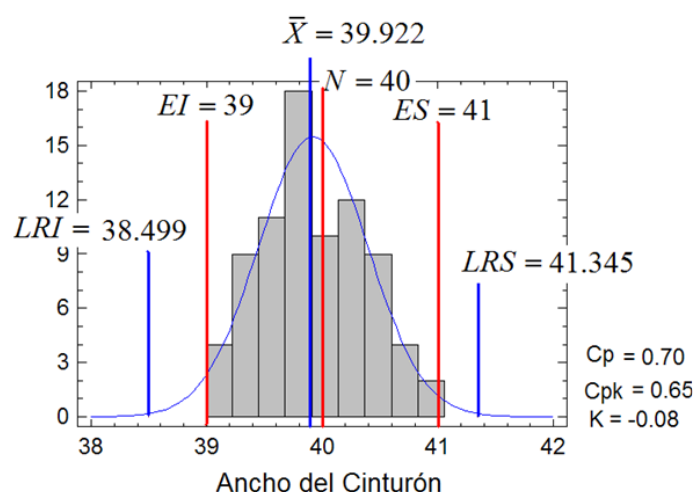


Figura 7. Distribución de la variación real del proceso (líneas azules) vs variación tolerada (líneas rojas)

Cabe destacar, que los límites reales del proceso (líneas azules laterales) fueron calculados con las siguientes fórmulas [8]:

$$LRI = \bar{X} - 3\hat{\sigma}_{\text{largo_plazo}} = 38.499$$

$$LRS = \bar{X} + 3\hat{\sigma}_{\text{largo_plazo}} = 41.345$$

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber analizado el proceso de refilado, se determinó que es incapaz (al tener un índice $Cpk = 0.65$) de cumplir con las especificaciones, y que además, está descentrado (un 7.82% por debajo del valor nominal $N = 40$), sin embargo, a decir de [6], K se considera aceptable mientras sea menor a 20%, aunque también es cierto que cualquier descentrado del proceso, aunque sea menor a 20%, puede ocasionar partes o productos que no cumplan con las especificaciones, por lo que lo ideal es que K sea lo más cercano a 0%.

Siendo más específicos en el punto anterior, se encontró que el valor central de los anchos de los cinturones están alejados un 7.8250% por debajo del valor nominal $N = 40\text{mm}$, y esto por esto que se procedió a calcular el capacidad Cpk , para poder interpretar correctamente el nivel de calidad en sigmas y las partes por millón fuera de especificación, así como la clase o categoría de proceso en la que está la el proceso de refilado. Este índice de capacidad real de proceso Cpk , como ya vimos, resultó ser igual 0.65, que en términos prácticos, equivale a tener un nivel de calidad en sigmas de aproximadamente 3.28, es decir, que tendríamos aproximadamente un 96.25% de nuestros productos dentro de las especificaciones superior e inferior (El , ES) en el proceso de refilado, esto equivale a tener aproximadamente 37,468 partes por millón fuera de especificaciones en el proceso ya mencionado.

El índice de capacidad real del proceso (Cpk) de 0.65 es menor a 0.67 y sugiere que el proceso de refilado es de clase o de categoría 4, que se interpreta como que el proceso “no es adecuado para trabajo y requiere modificaciones serias”.

Todas las cartas de control elaboradas en este trabajo, sugerían que el proceso de refilado es estable (está en control estadístico), aunque como ya vimos, un proceso en control, no garantiza que este sea capaz o que esté libre de reprocesos o productos defectuosos como lo fue en este trabajo, donde se estimaron que habría una cantidad considerable de cinturones que no cumplirían con las especificaciones en el proceso de refilado.

En el análisis de estadística descriptiva, se encontró que los 80 datos tomados del proceso de refilado se distribuyen normalmente dado que la curtosis y el sesgo estandarizado cayeron dentro del rango $[-2,+2]$. Por tal motivo fue válido utilizar herramientas relacionadas con la inferencia estadística así como las fórmulas para el análisis de capacidad de proceso y las relacionadas con las cartas de control, siendo que todas estas se basan en el supuesto de normalidad de los datos.

La carta de control de rangos y medias ($X-R$) nos llevó a concluir que solo hay dos puntos en la zona amarilla y el resto en la zona verde. Esto significa que no hay cambios significativos en la media del proceso, por lo que la gráfica indica que el proceso se encuentra estable y en control.

En cuanto a la carta de control de desviaciones estándar (S) encontramos que todos los puntos están en la zona verde. Esto significa que no hay cambios significativos en la magnitud de la variación del proceso, por lo que la gráfica indica que el proceso se encuentra estable (en control estadístico).

Respecto a la carta de control de medias y desviaciones ($X-S$), observamos que solo hay dos puntos en la zona amarilla y que el resto de los puntos están en la zona verde. Esto significa que no hay cambios

significativos en la magnitud de la variación del proceso con respecto al valor central (media), por lo que dicha gráfica sugiere que el proceso se encuentra estable y en control estadístico.

En la carta de control de proporciones o carta “P” para atributos, se puede apreciar que todos los puntos están en la zona verde. Esto significa que no hay cambios significativos en la proporción de defectuosos del proceso con respecto a la proporción media en cada uno de los subgrupos, por lo que la gráfica indica que el proceso se encuentra estable y en control estadístico. Sin embargo, esto no significa que el proceso está “bien” ni deberíamos de conformarnos con ello. Por tanto, es importante tener cuidado con la interpretación de dicha carta, porque aquí lo deseable es que no hubiera defectuosos es decir, que la proporción de defectuosos fuera de 0%, pues sería una barbaridad pensar que si un día la empresa tuviese 35% de productos defectuosos en el proceso de refilado sería un día “bueno” por el simple hecho de estar en zona verde.

Se recomienda a la empresa realizar un AMEF (Análisis de Modos de Fallo y Efectos) para el proceso de refilado para establecer planes de control que ayuden a tomar decisiones al operador cuando el grosor de los cinturones estén fuera de especificaciones.

Así mismo, también se sugiere utilizar sistemas poka-yoke o a prueba de errores para inspeccionar al 100% la producción e identificar los defectos en el proceso en donde ocurran para tomar acciones correctivas antes de que el producto siga con su procesamiento.

Así mismo, sería importante, implementar un sistema de gestión de calidad, que permita a la empresa ubicar fallos en procesos críticos, así como para llevar un mejor control y estadísticas, que posibiliten la visualización de la empresa a través del tiempo (mediante indicadores clave de desempeño), así como la mejora de las condiciones laborales para sus empleados.

Otro punto que podría abonar a la calidad en los procesos sería brindar bonificaciones a empleados por cero errores y defectos dentro de lapsos de tiempo determinados.

REFERENCIAS

- [1] F. J. Caballero-O., Análisis comparado del supply chain management de las empresas de marroquinería de Bogotá Colombia-Corpo 7- y las empresas de marroquinería de la capital mundial de las pieles León Guanajuato, Bogotá: IBEROAMERICANA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA, 2019.
- [2] González-García, Luis G., «Transformación de la industria del calzado y la marroquinería,» CICEG, León, Gto., 2019.
- [3] F. Rodríguez-Ceballos, «FashionNetwork.com,» Fashion Network, 11 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://mx.fashionnetwork.com/news/El-sector-cuero-calzado-es-uno-de-los-pilares-de-la-economia-de-guanajuato,1258887.html>. [Último acceso: 15 Febrero 2020].
- [4] B. Hernández-Blázquez, Técnicas estadísticas de investigación social, Madrid: Diaz de Santos, 2001.
- [5] D. H. Besterfield, Control de calidad, México, D.F.: Prentice-Hall, 2009.
- [6] H. Gutierrez-Pulido, Control estadístico de la calidad y Seis Sigma, México D.F.: Mc-Graw-Hill, 2013.
- [7] H. Gutierrez-Pulido, Calidad total y productividad, México D.F.: Mc-Graw-Hill, 2010.
- [8] D. Anderson y D. Sweeney, «Estadística para administración y economía,» de *Estadística para administración y economía*, Cengage Learning Editores, 2008, pp. 81-96.

Correo electrónico autor: leopoldo.tapia@leon.tecnm.mx