



Vigilancia Estadística: Clave para una Calidad Sólida

De La O-Franco, L.Y.¹✉; Muñoz-Ponce, V.¹.

Datos de Adscripción:

¹ Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli; Av. Nopaltepec s/n, fracción La Coyotera del Ejido San Antonio Cuamatla, C.P. 54740, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México.

✉ 233111058@cuautitlan.tecnm.mx

Resumen - El control estadístico de procesos se constituye como un socio estratégico para la industria en la búsqueda de la calidad ideal. Esta herramienta permite detectar y corregir desviaciones en los procesos, garantizando la consistencia del producto final. Así, el estudio sigue al objetivo de demostrar que la búsqueda de la mejora continua mediante la implementación del Control Estadístico de Procesos es de vital importancia para garantizar la calidad de la producción en un caso real.

La metodología se basa en la revisión sistemática de datos estadísticos primarios y la recopilación exhaustiva de información relevante relacionada con los distintos aspectos del proceso, el estudio emplea cartas de control para evaluar el proceso industrial.

Los resultados señalan que, aunque la tendencia inicial parece controlada, la variabilidad supera lo deseado, lo que afecta la consistencia del producto. Además, el proceso requiere mejoras para cumplir fielmente con los estándares de calidad. Subrayando que, al implementar un sistema de vigilancia estadística sólida, la empresa puede identificar y corregir desviaciones a tiempo, garantizando la satisfacción del cliente interno y externo.

En definitiva, los resultados sugieren que el proceso podría no estar cumpliendo de manera satisfactoria con las especificaciones dictadas por la dirección y el departamento de calidad. Estas conclusiones destacan la necesidad de tomar medidas para mejorar la estabilidad y capacidad del proceso, garantizando así la calidad y consistencia del producto o servicio final.

Palabras Clave - Calidad, Desviaciones, Industria, Mejora continua, Metodología, Variabilidad.

Abstract - Statistical Process Control (SPC) serves as a strategic partner for the industry in the pursuit of optimal quality. This tool facilitates the detection and correction of deviations in processes, ensuring the consistency in the final product. The study aims to demonstrate that pursuing continuous improvement through the implementation of SPC is vital importance for maintaining production quality in real-world scenarios.

The methodology is based on a systematic review of primary statistical data and the comprehensive collection of relevant information regarding various aspects of the process. Control charts are utilized to evaluate the industrial process.

Results indicate that while the initial trend appears to be under control, variability exceeds the desired level, which affects the consistency of the product. Additionally, the process requires improvements to reliably meet quality standards. By implementing a robust statistical monitoring system, the company can identify and correct deviations promptly, ensuring the satisfaction of both internal and external customers.

In conclusion, the findings suggest that the process may not be adequately meeting the specifications set by management and the quality department. These results highlight the need for measures to improve the stability and capability of the process, thereby ensuring the quality and consistency of the final product or service.

Keywords - Continuous improvement, Deviations, Industry, Methodology, Quality, Variability

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente muchas empresas manejan el término de Mejora Continua como un concepto esencial dentro de su actuar y gestión diaria, las organizaciones saben que el mercado actual es competitivo, por lo tanto, se deben adaptar a los cambios tecnológicos y adoptar metodologías o técnicas internas que les permitan mantenerse o inclusive sobresalir en el mercado.

A lo largo de la historia, el concepto de “empresa” ha experimentado cambios significativos en su percepción y función, lo cual refleja una evolución en la comprensión del término.

En el ámbito laboral, la Ley Federal del Trabajo, en su artículo 16, considera a la empresa como la unidad económica que tiene objetivos propios: “para los efectos de las normas de trabajo, se entiende por empresa la unidad económica de producción o distribución de bienes o servicios” (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2022). Dentro de esta definición se incluyen desde pequeños negocios hasta grandes corporaciones, mostrándose como los cimientos para regular las relaciones laborales, los derechos y obligaciones de empleadores y trabajadores dentro de un contexto empresarial.

Para alcanzar sus objetivos, es frecuente que se empleen estrategias y acciones específicas, tales como: la planificación estratégica, la gestión eficiente manejando los recursos, la inversión en tecnología e innovación, el marketing, la atención al cliente; y en los últimos años, a esta lista se ha incorporado el compromiso con la comunidad y el entorno.

Para Zacarías Torres (2014), como para muchos otros autores estratégicos, los objetivos y su alcance suponen un factor determinante para las empresas. “La administración estratégica encuentra una primera crítica de consideración en este apartado



encargado de la formulación de objetivos... son los resultados específicos que una empresa intenta lograr para cumplir con su misión básica" (2014, pp. 159) lo que conlleva trabajos con calidad y eficiencia en su productividad.

La perspectiva empresarial actual, independientemente de la especialización de éstas, demandan profesionales especializados que manejen conocimientos en estadística para enfrentar los retos y desafíos que se presentan en sus respectivos campos y que la empresa sea más competente al cumplir con sus objetivos y llevar a buen camino sus estrategias de mejora. Sin embargo, a pesar de los beneficios que ofrece la estadística, su adopción en la mayoría de las empresas enfrenta diversos obstáculos, siendo uno de los principales desafíos a enfrentar: la cultura organizacional, la cual esporádicamente brinda el apoyo necesario para la implementación y desarrollo de herramientas estadísticas.

Es un reto actual, sin embargo, históricamente hablando, fue a partir de la década de 1950 que la estadística aplicada experimentó un auge significativo en el entorno en el que actualmente muchos profesionales se desenvuelven. La figura de William Edwards Deming, físico y profesor universitario fue fundamental en este impulso. Deming propugnó una visión innovadora de la calidad, trascendiendo la mera responsabilidad de los departamentos de producción para convertirse en una filosofía transversal que permeara toda la organización. Su enfoque, basado en el control estadístico, la mejora continua y la participación de todas las áreas, representó un cambio de paradigma en la gestión de la calidad.

En la década de 1980 surge la norma ISO 9000, que define la calidad como "el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos". En esencia, la calidad se refiere a la capacidad de un producto o servicio para satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes, cumplir con los estándares y requisitos establecidos, y ser consistente en su desempeño o resultados. Todas las empresas tienen la responsabilidad de mejorar sus productos y servicios, lo que da lugar a la norma ISO 9001, que define los estándares para establecer un Sistema de Gestión de Calidad, que es una manera estratégica de aplicar soluciones de calidad en cualquier tipo de empresa, independientemente de su área de trabajo, tamaño o características.

Dentro de la última actualización en la norma ISO 9001:2015, que es parte de la familia de normas ISO 9000, se establece el uso de herramientas estadísticas en varios puntos. Específicamente, el requisito para el uso de herramientas estadísticas se encuentra en la cláusula 9.1.3 'Análisis y evaluación de datos', bajo el apartado "Enfoque basado en evidencias para la toma de decisiones".

En esta cláusula se establece que la organización debe analizar y evaluar los datos pertinentes y aplicar métodos estadísticos apropiados, donde sea necesario, para demostrar la idoneidad y la eficacia del sistema de gestión de la calidad y para evaluar dónde se pueden realizar mejoras en el sistema. Esto implica la utilización de herramientas estadísticas para el análisis de datos relacionados con la calidad del producto, el rendimiento del proceso, la satisfacción del cliente, entre otros aspectos relevantes para el sistema de gestión de la calidad.

En el constante avance de los sistemas de gestión, los

encargados del área de calidad ya no consideran solo el hecho de estar dentro de un estándar, a nivel industrial se tiene la responsabilidad de proporcionar datos y métricas que respalden la toma de decisiones fundamentadas en las empresas, se deben ver y analizar los procesos dinámicos que implican la revisión constante de los objetivos que persigue la compañía, así como los datos obtenidos, los métodos, los procesos y los resultados del producto final, todo esto con la finalidad de identificar oportunidades de mejora y alcanzar niveles superiores de eficiencia.

La mejora continua de la calidad se ha convertido en la filosofía empresarial cuya esencia radica en el compromiso constante de buscar nuevas formas de hacer que las cosas sucedan de la manera más eficaz y eficiente posibles, lo que conduce a productos y servicios de mayor calidad y, en última instancia, a la satisfacción total del cliente.

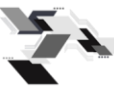
A través de la recopilación y el análisis de datos antes, durante y a la terminación del proceso de producción, es fácil lograr la identificación de problemas y la implementación de soluciones. Esta filosofía fomenta la participación de los empleados en la identificación de problemas y en la generación de soluciones, lo que contribuye a un ambiente de trabajo colaborativo.

En este contexto, vislumbrar los principios y las herramientas que históricamente han respaldado la mejora continua de la calidad, como los son el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) de Deming y la aplicación de técnicas como el Control Estadístico de Procesos (CEP) y Seis Sigma, nos proporciona la capacidad de dar estructura y el enfoque para llevar a cabo mejoras sistemáticas y medibles.

...aquellas herramientas que requieren de un nivel superior de conocimiento se utilizan con bastante menor frecuencia, encontrando en este grupo las técnicas más duras, cuantitativas o de tipo estadístico (por ejemplo, el control estadístico de proceso o la metodología 6σ). En cambio, las técnicas más blandas o cualitativas, que podríamos denominar de «recogida de opinión» e «interacción» (como las encuestas o los grupos de mejora) son claramente las más difundidas. (Heras, Marimon, & Casadesús, 2009)

Las contribuciones que se han tenido a lo largo de los años, desde la década de 1920 con Walter A. Shewhart, hasta nuestros días, han llevado al desarrollo y la evolución de la vigilancia estadística de los procesos, lo que ha permitido a las organizaciones mejorar la calidad de sus productos y servicios a lo largo de los años.

El libro Quality Costing valora que grandes empresas han contribuido a la evolución continua del control de datos y se debe tener en consideración que el costo de la ausencia de calidad se convierte en pérdidas de tiempo/actividades, falta de valor agregado y en que el rango de las ineficiencias en la fabricación puede llegar aproximadamente hasta el 20% de las ventas anuales de las empresas, aunque muchos de los datos publicados en los costos de calidad son extensos e incuantificables.



La pregunta se plantea entre "lograr calidad o supervisar calidad". La creciente demanda de especificaciones más estrictas para los proveedores, con sanciones severas por incumplimiento, se enfrenta a la variabilidad natural de los procesos, lo que hace que todas las empresas deban reconocer la importancia de este asunto.

En el contexto de Control Estadístico de Procesos (CEP), alcanzar la estabilidad del proceso significa que el proceso de fabricación ha alcanzado un estado en el cual las variaciones observadas son aleatorias y predecibles dentro de ciertos límites. Cuando un proceso es estable, se dice que está bajo "control estadístico", es posible predecir y tomar decisiones fundamentadas sobre cómo mejorarlo y mantenerlo dentro de los límites de calidad deseados

En otras palabras, las fluctuaciones en el proceso son el resultado de causas comunes o inherentes, y no de problemas específicos o factores externos. Al lograr la estabilidad del proceso, es más factible mantener una producción consistente y de alta calidad, ya que las variaciones son predecibles y se pueden gestionar de manera más efectiva.

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

Implementar el proyecto de vigilancia estadística nos ha llevado a la realización de la revisión sistemática de datos primarios de proceso y salida del producto en una empresa basándose únicamente en la información proporcionada por el área de calidad.

Se ha realizado una recopilación exhaustiva de información cuantitativa relevante para la producción y su diseño de límites de tolerancias para la obtención de los valores entre los cuales se hallan las características buscadas del departamento y a su vez, se encuentran relacionados con los distintos aspectos vinculados a producción.

Al no disponer de la información de la capacidad de los procesos manejados años posteriores en la empresa, se busca que la estructura de los datos utilizados garantice la obtención de resultados confiables y representativos que permitan optimizar el sistema y mejorar la calidad del producto final, comenzando con la estratificación y digitalización de la información de las hojas de verificación disponibles en el departamento de calidad, con la finalidad de homologar las características que nos aportan valor a los productos.

Para el presente análisis del sistema de última etapa de la producción, se han considerado las variables de salida correspondientes al periodo comprendido entre octubre del 2023 y abril del 2024. La selección de este periodo responde a la ausencia de modificaciones significativas en el personal y en el proceso durante dicho lapso, lo que garantiza la obtención de resultados confiables y representativos del comportamiento del sistema.

Cabe destacar que el sistema de la última etapa se caracteriza por su alta complejidad y volumen de producción. Se trata de un proceso masivo que genera millares de piezas por día,

requiriendo el muestreo y medición de decenas de estas partes para garantizar la calidad del producto final.

El periodo de análisis comprende un total de 510 subgrupos, cada uno compuesto por 10 registros. Esta estructura manejada permite realizar un análisis detallado del comportamiento del sistema durante el periodo elegido.

Históricamente se ha demostrado que el 85% de los desafíos de calidad pueden abordarse mediante la gestión, mientras que el 15% restante, requiere intervenciones en el entorno operativo. Dicho de otra manera, JL Alzueta señala en su tesis del 2012 que "el análisis realizado por Kaouru Ishikawa, demuestra que los trabajadores son únicamente responsables del 15% de los errores, mientras la gestión llevada a cabo por la gerencia es la responsable del 85% de los errores o irregularidades".

Los métodos estadísticos de control de calidad son útiles para identificar problemas en el área operativa, permitiendo su detección y solución. Por lo que, en un principio se sometió a los responsables de las mediciones, a un estudio de repetitividad y reproducibilidad largo para demostrar la precisión de los datos plasmados en las hojas de medición. De esta manera se evalúa experimentalmente qué parte de la variabilidad que observamos es aplicable al error de medición de peso.

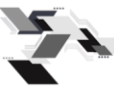
Los inspectores realizaron dos veces el registro de peso en gramos de diez muestras o partes, controladas por el evaluador, del producto con mayor registro de elaboración histórica de la empresa; en la Tabla 1 se muestran los datos obtenidos y en la Tabla 2 los resultados de las 60 corridas:

Tabla 1
Estudio R&R para variable de peso de cada inspector

No. De Partes	Inspector 1		Inspector 2		Inspector 3	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2
M1	111.5	111.3	111.3	111.3	111.2	111.5
M2	112.6	112.7	112.6	112.6	112.8	112.7
M3	112.8	112.8	113	113.	112.8	112.7
M4	114	114	113.9	113.8	114.2	113.9
M5	112.5	112.5	112.5	112.3	112.3	112.4
M6	112.3	112.5	112.5	112.4	112.3	112.5
M7	112.9	112.9	112.8	112.8	112.9	113.1
M8	112.5	112.5	112.5	112.6	112.6	112.6
M9	112	112.1	111.9	112	112	112
M10	113	113	112.8	112.8	112.9	112.8

Tabla 2
Resultados de análisis del estudio R&R largo aplicado a los inspectores de calidad

	Dev. Est. (σ)	Var. Estudio (5.15σ)	Análisis de tolerancias
Repetitividad	0.0752	0.3876	3.876
Reproducibilidad	0.0291	0.1501	1.5015
Gage R&R total	0.0807	0.4156	4.1566



La variación de los instrumentos de medición (balanzas) muestran una desviación estándar de 0.0752, por lo que su valor extendido calculado es de 0.38, mientras que los inspectores se desvían de la media un 0.0291, traducido a un valor extendido operacional calculado de 0.1501. Esto nos da un análisis de tolerancias global del 4.1566%, concluyendo que la relación de precisión y tolerancia manejados en el departamento de calidad tiene un excelente proceso de medición, el cual se refleja en los siguientes gráficos:

Figura 1

Comparación de la variabilidad de cada operador

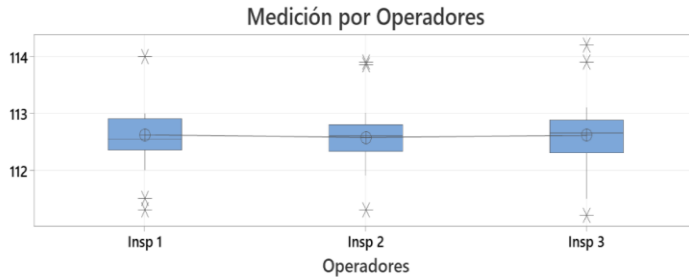


Figura 2

Comparación de la medición media de los operadores



2.1 Estudio de capacidad y estabilidad.

A través de los procesos de producción de todas las empresas, por la propia naturaleza de las mismas, la manufactura siempre está sujeta a variaciones ineludibles que surgen de una multitud de factores, en el caso específico del presente caso de estudio, las variaciones naturales las obtenemos del mantenimiento de las máquinas, la pericia de los operadores responsables de turno, la eficiencia del trabajo, las temperaturas y velocidades de operación, tiempo de trabajo de las máquinas (fatiga), la calidad de la materia prima utilizada y las condiciones ambientales en las que se desarrolla el proceso.

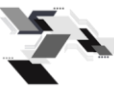
Con el objetivo de visualizar la variabilidad del proceso a lo largo del tiempo, una vez aprobada la calidad de la confiabilidad de las mediciones brindada por el estudio R&R, se procede a ilustrar la aplicación práctica del control de calidad. Se presenta un estudio de caso centrado en el producto SOB, el cual cuenta con una alta demanda y representa una tendencia significativa en los pedidos de los clientes. Se proyecta un estudio de estabilidad y capacidad sobre las variaciones de este producto en porcentaje, utilizando las cartas de control \bar{X} -S como herramienta principal, con tamaño de subgrupo igual a doce, hasta completar 30 subgrupos repartidos en un periodo de tiempo suficiente como para que se manifieste una variación de largo plazo del proceso. Los datos

registrados por el departamento de calidad se encuentran en la tabla 3 y los resultados obtenidos se muestran en la figura 3.

Tabla 3

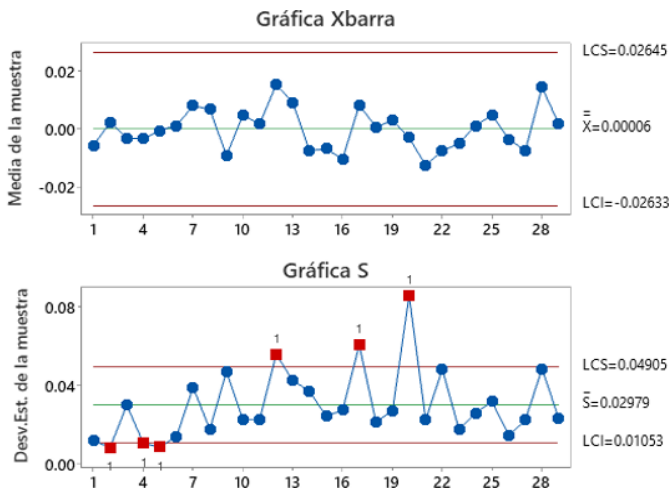
Registro de SOB para establecer su monitoreo de estabilidad y capacidad

Mediciones de la variación comparada con el estándar en %											
-0.18	0.25	-1.51	-2.98	0.31	0.85	-0.68	1.13	-1.89	-0.72	-0.64	-0.67
-0.22	0.76	-1.29	0.39	0.33	0.71	0.40	0.31	1.80	-0.91	0.94	-0.20
0.73	-0.94	-0.29	1.33	-1.03	-0.63	0.06	3.80	0.81	-8.79	0.01	1.34
0.21	0.13	-0.51	0.44	0.72	-0.89	-3.27	-0.45	0.43	-0.03	-0.27	-0.29
-0.02	0.17	-0.81	0.29	0.61	0.06	-0.08	1.97	-0.29	-0.46	-1.58	-0.31
0.68	-1.32	-0.69	0.34	0.09	2.98	1.42	-0.46	-0.59	-1.20	1.87	-1.55
-0.42	0.22	2.88	-0.53	4.42	-0.89	-0.55	9.56	3.35	-2.87	-5.78	0.42
0.35	0.80	2.27	1.03	0.28	-0.17	0.21	1.00	3.56	1.66	-3.81	1.02
0.55	-1.77	-4.29	-0.08	-3.78	-6.81	0.42	-6.97	5.71	-2.61	-0.06	8.95
-0.95	5.39	-0.38	4.44	-0.06	-0.27	-1.32	0.63	-1.80	0.08	-1.10	1.32
0.86	-2.36	-0.67	0.88	0.81	3.65	0.04	3.15	2.28	-1.08	-1.56	-3.87
1.62	7.69	-8.11	4.87	-3.47	2.76	-3.32	3.05	-0.98	-0.98	13.03	2.44
1.88	-3.46	-1.51	-0.85	11.69	-4.16	2.72	-2.30	2.58	-0.72	2.26	2.81
1.32	2.53	-5.94	-0.78	0.75	-4.97	4.69	3.59	-6.45	-0.31	-0.02	-3.29
-2.90	-5.99	-0.68	-2.01	-1.22	0.51	0.99	-2.63	2.53	0.39	1.53	1.45
0.67	-0.22	-8.02	-1.31	1.55	-1.19	-1.50	-2.06	-0.47	-1.24	-1.88	3.45
-1.89	2.28	6.37	-0.97	-2.36	7.34	-14.56	4.38	6.14	-2.59	4.69	1.33
2.81	-2.56	1.94	2.45	0.16	-2.65	-1.35	0.34	-2.70	0.29	-0.85	3.03
-0.87	-0.26	-1.29	3.78	2.01	-4.83	1.13	-1.82	5.24	-1.34	1.30	0.60
-1.06	-1.74	-0.96	-0.01	-19.88	14.72	2.90	0.72	0.25	-9.63	9.01	2.25
-0.59	-4.22	-5.18	-0.72	0.08	-1.04	-3.05	-2.42	-1.51	0.97	0.01	2.83
1.34	1.34	-12.97	7.00	-1.61	-1.35	-2.44	2.68	0.45	1.36	-4.47	-0.18
-4.06	-0.07	-1.93	-0.14	-0.98	0.94	0.59	-2.18	2.63	-0.57	1.05	-1.08
-4.47	2.29	-2.81	0.74	-0.68	3.95	-2.07	0.72	-0.48	1.72	-1.17	3.85
-1.26	-2.50	-1.60	1.70	-1.12	2.13	-2.18	2.73	7.49	0.93	3.28	-3.66
1.19	-3.02	1.48	-2.84	-0.54	0.95	0.07	-0.57	-0.62	0.34	0.58	-1.03
-1.34	-0.06	-2.32	0.07	-6.73	0.23	-0.18	0.88	1.19	-1.59	1.69	-0.60
-2.34	-1.21	1.26	15.82	3.09	-1.07	-2.16	-0.21	0.29	0.56	2.26	1.03
5.15	-0.52	-1.25	-0.69	1.61	-0.58	1.15	-2.25	2.81	-3.72	0.34	0.33



Una vez completados los subgrupos determinados anteriormente, y antes del estudio de capacidad, se verifica estadísticamente que los datos no rechazan su procedencia de una distribución normal. Con el análisis de la estabilidad del proceso aseguramos un mejor diagnóstico de la situación actual.

Figura 3
Estudio de estabilidad para producto SOB



Si estas variaciones no se monitorean y controlan de manera adecuada, se puede derivar en un impacto negativo sobre la calidad del producto final. Emanado de esto último, se revisó cuidadosamente el conjunto de datos históricos capturados para detectar posibles errores, inconsistencias o valores atípicos.

Su implementación y continua observación permite a los inspectores y analistas de calidad la detección temprana de posibles problemas que podrían afectar la calidad final del producto o servicio. Esta detección oportuna facilita la toma de medidas correctivas antes de que las variaciones se traduzcan en productos o servicios defectuosos.

Por otro lado, en cuanto a la capacidad, las especificaciones y tolerancias fueron respetadas, se establecieron las designadas por la alta dirección como lo aceptable para el proceso en formato de porcentaje, es decir, nuestro objetivo es cero variaciones negativas de peso y solo se permite el 10% de variación positiva.

Con un total de 510 registros en las hojas de verificación se ha obtenido la información del comportamiento de los datos resumido en la tabla 4.

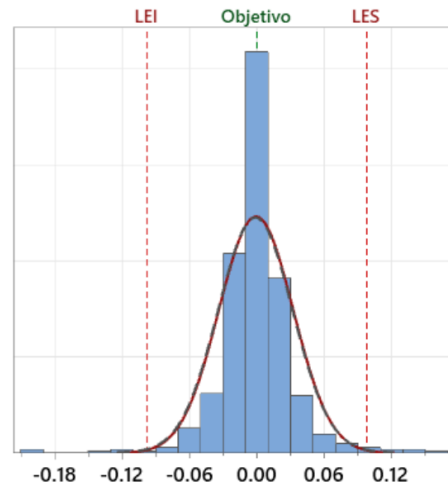
Tabla 4
Resumen de los datos de capacidad del proceso

Variabl e	Conte o total	Media	Desv.Es Largo plazo	Desv.Es Corto plazo	Suma	Mínimo
SOB	510	-	0.03303	0.03305	-	-
		0.0006		1	0.3375	0.19878
	Q1	Median a	Q3	Máximo	Rango	Asimetrí a

-	-0.0007	0.01208	0.15825	0.3570	-0.39
0.0131				2	
3					
Curtosi s	EI	ES	LRI	LRS	Target
8.17	-0.098	0.098	-0.0998	0.0985	0
Cp	Cr	Cpi	Cps	Cpk	K
0.9884	1.0111	0.9817	0.9950	0.9817	-
					0.6735
					%
Tao	Cpm	Pp	Ppi	Pps	Ppk
0.0330	0.9888	0.9890	0.9823	0.9957	0.9823
4	0				

El propósito de obtener índices de capacidad a corto plazo como Cp y Cpk, así como sus equivalentes a largo plazo Pp y Ppk, radica en evaluar la capacidad del proceso de producción para cumplir con las especificaciones del cliente, para este estudio de caso, se asegura de cumplir con las especificaciones de la dirección de la empresa. Estos índices proporcionan una medida cuantitativa de la capacidad del proceso para mantenerse dentro de los límites de tolerancia establecidos. Mostrando el comportamiento que es apreciable en el histograma de la Figura 4.

Figura 4
Histograma del estudio de capacidad para el producto SOB

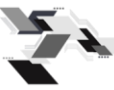


El histograma es una herramienta gráfica que representa la distribución de los datos del proceso. El comportamiento de las frecuencias con la que ocurren diferentes valores visualizados en la figura 4 nos permite identificar cualquier sesgo, tendencia o variabilidad en los datos. Mismos que se analizan en la sección de Resultados.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las cartas de control revela información importante sobre el proceso evaluado.

Dentro de la vigilancia estadística de la Carta X, no se detectan patrones especiales de observación, lo que sugiere que la tendencia central del proceso se mantiene estable y bajo control respecto a las especificaciones manejadas. Además, el índice de



estabilidad St con valor de 0% indica que no hay evidencia de inestabilidad en los datos, lo que implica que la variabilidad del proceso se encuentra dentro de límites aceptables.

Por otro lado, la Carta S sí muestra cierta variabilidad en la dispersión del proceso, con 3 puntos situados fuera del límite inferior y otros 3 fuera del límite superior, el índice de inestabilidad St calculado nos proporciona un valor del 20.69%, lo cual nos representa que esta variabilidad en la dispersión está por encima de lo esperado, indicando que la dispersión del proceso está fluctuando más de lo deseado.

Aunque los resultados preliminares indican que la tendencia central del proceso está bajo control según la Carta X, la variabilidad en la dispersión del proceso, según la Carta S, es mayor de lo deseable. Esto significa que tenemos un impacto en la consistencia y calidad del producto resultante.

Se sugiere al departamento de calidad una estratificación por máquina para determinar cuál es la que está dispersando más los datos y una investigación detallada de las variables que intervienen para identificar las causas de esta inestabilidad en la dispersión y tomar medidas correctivas que mejoren la permanencia global del comportamiento del proceso.

Enfocando la atención en determinar si el proceso es capaz o no de cumplir con las especificaciones evaluadas, tenemos que los valores de los índices de capacidad del proceso revelan información crucial sobre el desempeño del caso de estudio.

En cuanto a la distribución de los datos presentados por los inspectores, se observa que la variable SOB muestra una distribución cercana a una distribución normal, con una mediana próxima a cero y una asimetría ligeramente negativa. La curtosis, que es significativamente mayor que la de una distribución normal, sugiere una distribución con colas más pesadas y picos más altos, notable en el histograma de la Figura 4.

Los resultados de C_p , con un valor de 0.988, sugiere que la variabilidad natural del proceso supera la mitad del ancho de especificación, indicando que el proceso no puede cumplir completamente con las especificaciones del cliente sin ajustes adicionales.

Al comparar estos índices con los límites de especificación, tanto C_p como C_{pk} están por debajo de 1 y muy cerca entre sí, lo que señala que la variabilidad del proceso es mayor que la mitad del ancho de especificación. Esto subraya la necesidad de ajustes adicionales que se concluyeron en la estabilidad para cumplir plenamente con las especificaciones de dirección.

Además, los índices de rendimiento del proceso, como C_{pi} , C_{ps} , P_p y P_{pk} , reflejan la poca capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones del cliente. Dado que C_p y C_{pk} están por debajo de 1, estos índices pueden no reflejar con precisión la capacidad real del proceso.

El índice K , que indica la relación entre la variación del proceso y la tolerancia de especificación, sugiere que la variación del proceso es menor que la tolerancia de especificación, lo que muestra un nivel controlado de variación dentro del proceso.

En síntesis, los resultados obtenidos a partir del análisis indican claramente la necesidad de mejoras en el proceso para garantizar una conformidad consistente con las especificaciones. Esto implica la implementación de análisis adicionales, como estratificaciones u otras herramientas que permitan identificar las causas raíz de la variabilidad observada. Además, se requieren ajustes en el área de producción para abordar estas causas subyacentes y reducir la variabilidad del proceso.

Una alternativa a considerar es la revisión de las especificaciones del producto y la posible ampliación de las tolerancias, permitiendo un rango más amplio de aceptación. Esto puede proporcionar flexibilidad al proceso sin comprometer la calidad final del producto. Además, es esencial establecer un plan de acción claro, con roles y responsabilidades definidos, para garantizar la implementación efectiva de las mejoras identificadas.

Además, se podría considerar la implementación de medidas preventivas (lo que sería ideal) para evitar la recurrencia de problemas similares en el futuro. Esto podría incluir capacitación adicional para el personal, mejoras en los procesos de control de calidad y la implementación de sistemas de retroalimentación para garantizar una mejora continua. En última instancia, es crucial mantener un enfoque proactivo y orientado a la mejora continua para garantizar que el proceso alcance y mantenga los estándares de calidad requeridos.

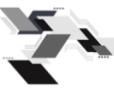
IV. CONCLUSIONES

En los resultados del caso de estudio se apunta a que el proceso podría no estar cumpliendo de manera consistente con las especificaciones dictadas por la dirección y el departamento de calidad. Por lo tanto, se requiere realizar análisis adicionales y ajustes al proceso para reducir la variabilidad y mejorar su capacidad de cumplir con los requisitos del cliente.

Es necesario que la compañía comience a buscar la mejora en lo detectado durante este estudio para obtener las repercusiones favorables adicionales del control estadístico; dicho de otra manera, además de identificar áreas de mejora y establecer objetivos, también es imperativo el impulso a la comunicación y el aprendizaje continuo dentro y fuera del departamento de calidad.

Tras el análisis del proceso en particular de esta empresa, se puede asegurar que, mediante la retroalimentación continua, las empresas (independientemente de su giro), pueden implementar acciones correctivas y asegurar la satisfacción del cliente, así como la eficiencia operativa y la rentabilidad a largo plazo.

Para lograr la excelencia, es necesario incorporar la vigilancia estadística y su control en la cultura organizacional, invertir en el entrenamiento del personal y aprovechar el potencial de la tecnología.



Actualmente, en el corazón de la industria moderna, la búsqueda constante de la perfección en eficiencia y satisfacción del cliente es el objetivo general de los procesos, así que la vigilancia estadística del proceso en los departamentos de calidad se convierte en una guía invaluable.

La organización debe mostrar su compromiso con la mejora continua y el uso del control estadístico como una herramienta para alcanzar la excelencia. (Kotter, 1996)

Para mantenerse competitivo en el mercado, el cual, es cada día más demandante, en lo concerniente a los productos, la búsqueda constante de la mejora en los procesos de calidad de una empresa es más que fundamental. El control estadístico de proceso funge como clave para alcanzar este objetivo.

Sin embargo, la recopilación de datos no es simplemente estadístico y frío. La calidad conlleva a la comunicación, siendo una herramienta que posibilita observar, comprender y mejorar el comportamiento humano y de los procesos dentro del complejo ambiente de un departamento de calidad.

Mediante el análisis estadístico y su vigilancia constante, el caos se transforma en orden al descubrir patrones ocultos, tanto en el rendimiento individual, como colectivo. Las huellas de la mejora continua son estos patrones, que se convierten en pistas hacia la optimización de procesos y la eliminación de errores y mudas. A base de la recopilación, análisis y presentación de datos, los departamentos de calidad pueden descubrir áreas para mejorar, fijar objetivos y evaluar el avance para entender las variaciones y las causas de los problemas, lo cual lleva a tomar decisiones estratégicas, obteniendo así la evolución en camino a la excelencia.

Como se ha mencionado anteriormente, una de las ventajas indirectas del control estadístico es la facilidad de la comunicación y colaboración entre equipos al crear un lenguaje común entre los diferentes departamentos. La mejora continua es un objetivo compartido, ya que la información fluye de forma transparente creando un entorno favorable para todos los involucrados.

Dentro de la cultura de la calidad, *el promover el entendimiento y la utilización responsable de los datos en todas las áreas de la empresa genera un ambiente que favorece la toma de decisiones fundamentadas. (Davenport & Patil, 2012)*

Si bien la vigilancia estadística es una herramienta importante, también proporciona oportunidades para la innovación y la creatividad. Constantemente surgen nuevos métodos y procesos, impulsando la evolución de la calidad hacia un futuro más capaz, más estable y remunerable. Se debe considerar el control estadístico como una oportunidad para aprender y

mejorar, no como un medio de control o castigo; de ahí surge el aprendizaje continuo.

Contar con retroalimentación constante y oportuna al recoger datos sobre la satisfacción del cliente, los resultados de control de calidad e información pertinente, es de vital importancia para que los departamentos de calidad puedan identificar oportunidades y tomar medidas correctivas anticipadas con las bases adecuadas.

Los empleados deben comprender el propósito del control estadístico y participar activamente en la recopilación y análisis de datos. (Deming, 1986)

El control estadístico no tiene el objetivo principal en sí mismo, sino que es un medio para lograr un fin más alto: la mejora constante de la calidad en beneficio de todos. Recurriendo a un proceso de calidad bien establecido, las compañías pueden detectar y solucionar posibles defectos en sus productos, aumentar la eficiencia de sus operaciones y conservar la satisfacción de sus clientes

V. AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la maestra Muñoz Ponce V., por su tiempo, orientación, apoyo y dedicación a este trabajo durante todo el proceso de desarrollo. Su experiencia, conocimiento y aliento fueron esenciales para la publicación de este artículo.

Asimismo, deseo extender mi gratitud al Programa de Becas COMECYT Modalidad Beca de Posgrado, Estudios de Maestría, cuyo respaldo financiero hizo posible llevar a cabo esta investigación. Esta oportunidad me permitió concentrarme en mis estudios y dedicar tiempo y esfuerzo a la realización de este trabajo.

No puedo pasar por alto al Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli por otorgarme matrícula dentro del programa de estudio en Ingeniería Administrativa. Este reconocimiento representa la prueba palpable de años de arduo trabajo y dedicación en la ingeniería práctica, y me llena de orgullo y satisfacción poder llevar el desarrollo de este proyecto en mi camino profesional.

Por último, pero no menos importante, agradezco sinceramente a todos los profesionales que han contribuido a mi desarrollo competitivo a lo largo de este viaje. Sus enseñanzas, mentoría y ejemplos han sido una inspiración constante para mí y han moldeado mi crecimiento tanto académico como personal.

A cada uno de ustedes, les estoy profundamente agradecido por haber sido parte de este importante capítulo en mi vida.



VI. REFERENCIAS

- Alzueta, J. I. (2012). *Sistemas de gestión de la calidad: Una perspectiva desde la teoría de la complejidad* (Tesis doctoral). Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España. (p.41).
- American Society for Quality (ASQ). (2022). *WHAT IS STATISTICAL PROCESS CONTROL?* <https://asq.org/quality-resources/statistical-process-control>
- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2022, diciembre 27). *LEY FEDERAL DEL TRABAJO. Orden Jurídico Nacional.* <https://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/html/wo9059.html>
- Corona Cortez, R. E. (2015). *Los métodos estadísticos Como fuente de mejora de la calidad en las empresas de manufactura.* *NovaRUA*, 6(10), 16-25. <https://doi.org/10.20983/novarua.2015.10.3>
- Dale, Plunkett, *Quality Costing*, 2nd Ed., Chapman & Hall, GB, 1995
- Davenport, T. H., & Patil, D. J. (2012). *Data scientist: The sexiest job of the 21st century.* *Harvard Business Review*, 90(10), (pp.70-82).
- Deming, W. E. (1986). *The importance of employee involvement in statistical control.* In *Out of the crisis*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gobierno de México. (2021). *Artículo 16. Servicio de Administración Tributaria.* <https://sat.gob.mx/articulo/89363/articulo-16#:~:text=Se20considera20empresa20la20persona,o20totalmente20C>
- Heras, I., Marimon, F., & Casadesús, M. (2009). *Impacto competitivo de las herramientas para la gestión de la calidad.* Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa, (pp 7-35).
- Hernández, Z. T. (2014). *Administración Estratégica.* Grupo Editorial Patria. (p. 159)
- ISO 9000. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario (Norma ISO 9000:2015).* ISO - International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:45481:es>
- ISO 9001:2015(es) *Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos.* (2015). ISO - International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- Kotter, J. P. (1996). *Leading change.* Boston, MA: Harvard Business School Press. (p. 123).
- Plataforma de navegación en línea (OBP). (2015). *ISO 9000:2015(es) Sistemas de gestión de la calidad -Fundamentos y vocabulario. ISO - International Organization for Standardization.* <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>
- Pulido, H. G., & Salazar, R. D. (2013). *Control estadístico de calidad Y Seis Sigma* (3rd ed.). Mc Graw Hill Education. (pp. 432-441).
- Sánchez Lizárraga, Marcos Alberto. *Factores críticos de éxito para la implementación del estándar ISO 9001 en empresas de manufactura en México.* Universidad Autónoma de Baja California 2020. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/handle/20.500.12930/8791>

- Sherman, Peter. (2024, March). *VOLVIENDO A LOS FUNDAMENTOS: VOLVER A LOS FUNDAMENTOS.* American Society for Quality (ASQ). <https://asq.org/quality-progress/articles/volviendo-a-los-fundamentos-volver-a-los-fundamentos?id=07cb8161a84f49ae976425443504a08e>

VII. AUTORES

Lucero Yarely De La O Franco



<https://orcid.org/0009-0006-7274-3147>

Verónica Muñoz Ponce



<https://orcid.org/0000-0001-7883-3959>