





Certificado
Normativa automotriz

SPC – Señales fuera de control estadístico





Te invito a realizar la siguiente actividad de bienestar-mindfulness antes de comenzar a revisar el tema.



De acuerdo con Margarita Tarragona (2012):



“ La resiliencia es la capacidad de reponerse tras la adversidad, de recuperarse después de vivir experiencias difíciles, dolorosas o traumáticas. Para algunos la resiliencia implica no solo salir adelante después de una situación muy dura, sino incluso crecer o ser mejor a raíz de esta experiencia.

La siguiente práctica te ayudará a fomentar esta importante cualidad



1. Escribe acerca de un momento en el que enfrentaste una adversidad significativa o pérdida.
2. Primero escribe acerca de las puertas que se te cerraron debido a esa adversidad o pérdida: ¿qué perdiste?
3. Después escribe acerca de las puertas que se abrieron al término o como secuela de esa adversidad o pérdida.
4. ¿Hay nuevas maneras de actuar, pensar, o relacionarse que son más probables de suceder ahora?

Una parte fundamental del análisis de control estadístico de procesos (SPC) **radica en identificar las señales de un proceso fuera de control**. El objetivo del operador o analista debe ser entrenar hasta que sea capaz de localizarlas a simple vista. Esto es un reto puesto que en ocasiones las señales son difíciles de memorizar o reconocer en el piso de producción. Lo anterior ocasiona que su análisis y evaluación se realice al comienzo de la implementación, asignando un tiempo determinado para entender el comportamiento de los procesos.



Puntos fuera de los límites de control

De acuerdo con AIAG (2005), un punto fuera de los límites de control indica la presencia de alguno de los siguientes aspectos:

Nota: la discriminación de un sistema de medición corresponde al grado de referencia que un instrumento puede detectar.



El límite de control no ha sido calculado o graficado correctamente.



La variabilidad de pieza a pieza ha incrementado (ya sea solo en ese punto o como resultado de una tendencia no resuelta a tiempo).



El sistema de medición cambió debido a un evaluador diferente, una mala calibración del instrumento, cambios en el instrumento, cambios en el método, etcétera.



El sistema de medición no cuenta con una discriminación (resolución) adecuada.

Figura 1. Puntos fuera de los límites de control.

En la práctica, encontrarse con este escenario requiere un análisis de la presencia de variaciones en las muestras tomadas de este subgrupo. Asimismo, el registro en la bitácora de eventos del tratamiento dado al punto fuera de los límites de control, más allá de ser necesario en las auditorías, es también una fuente de lecciones aprendidas.

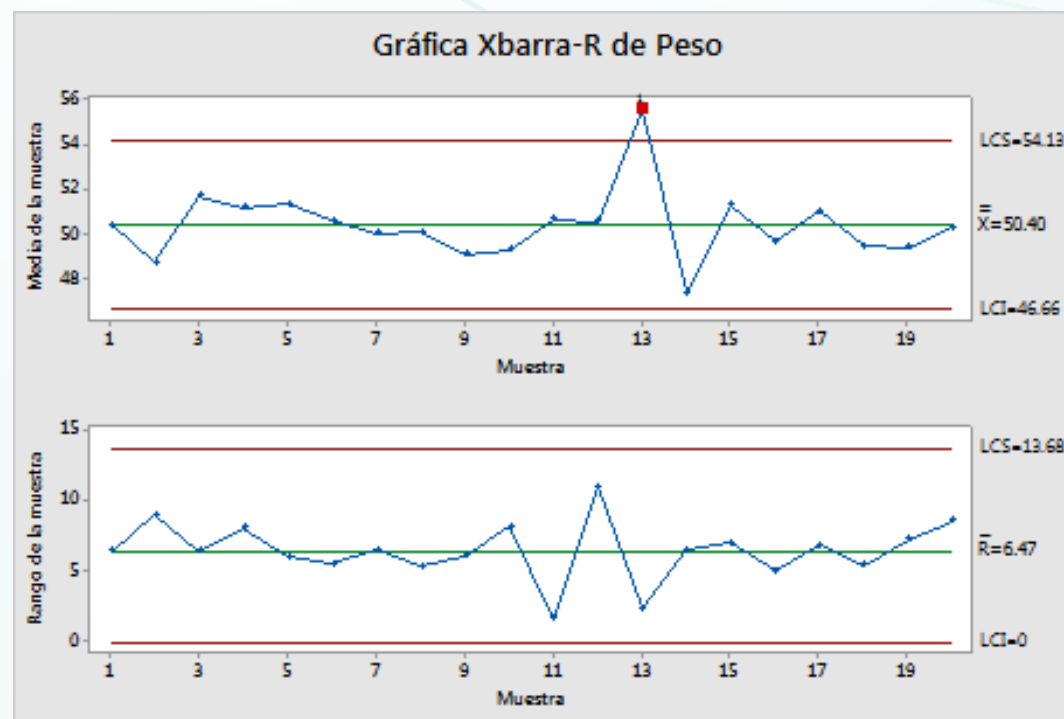


Figura 2. Gráfica de medidas.

Fuente: Soporte de Minitab 20. (s.f.). Interpretar los resultados clave para la Gráfica Xbarra-R. Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/how-to/variables-charts-for-subgroups/xbar-r-chart/interpret-the-results/key-results/>

Patrones o tendencias dentro de los límites

La presencia de patrones o tendencias, aunque se encuentren dentro de los límites de control, pueden significar que el proceso está siendo impactado por causas especiales. Es preciso mencionar que los patrones o tendencias no necesariamente son negativos para el proceso.

Uno de estos factores son los puntos consecutivos, los cuales se presentan de dos maneras:



a) Siete puntos consecutivos del mismo lado de la gráfica (entre la línea central y el límite de control superior, o entre la línea central y el límite de control inferior).

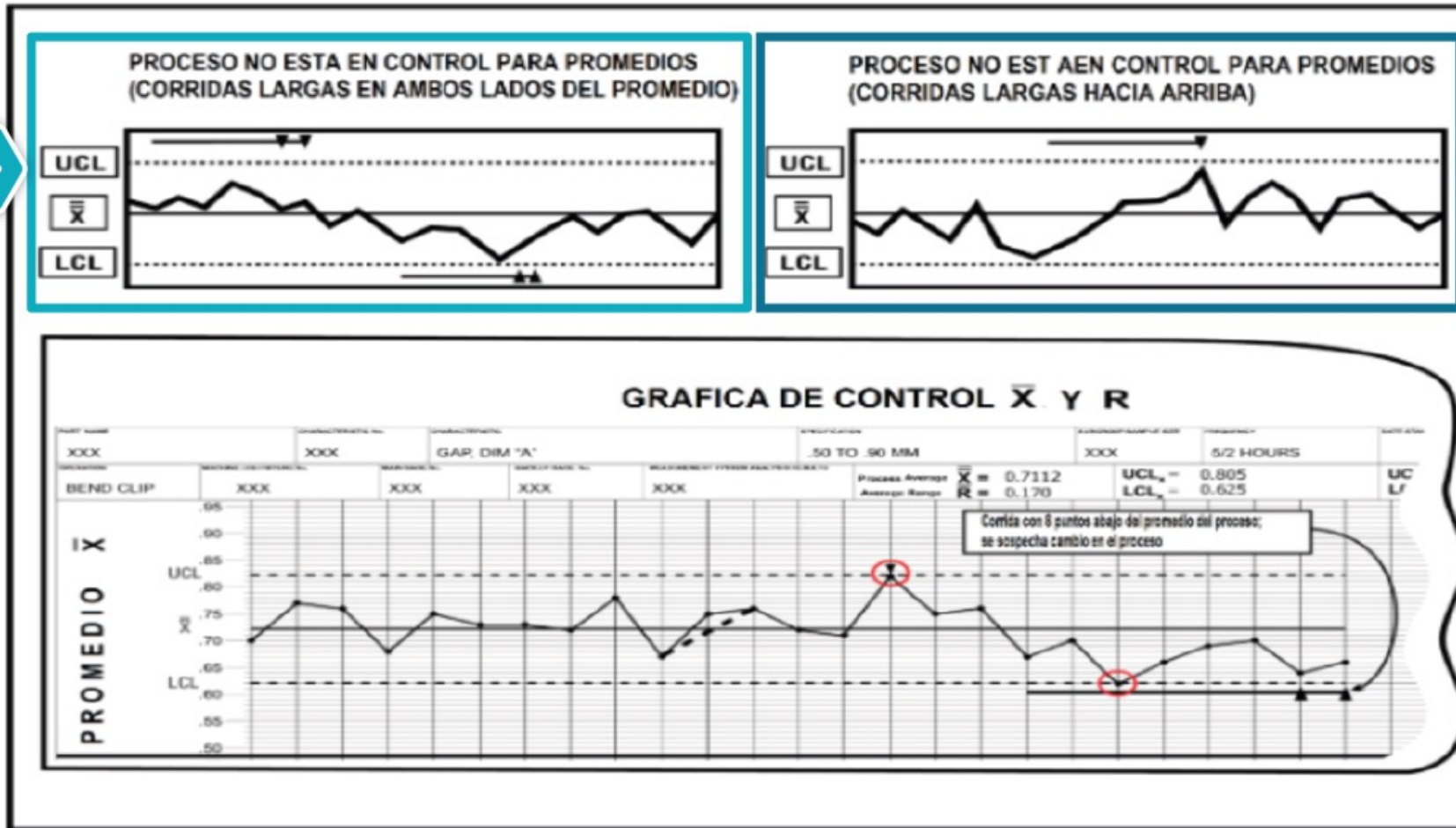


b) Siete puntos consecutivos hacia arriba (mayor o igual al punto inmediato anterior) o siete puntos consecutivos hacia abajo (menor o igual al punto inmediato anterior).

Figura 3. Tipos de puntos consecutivos.

7 puntos consecutivos del mismo lado de la gráfica

a)



b)

7 puntos consecutivos hacia arriba

Figura 4. Corridas en una gráfica de control de promedios.
Fuente: AIAG. (2005). *Statistical Process Control* (2a ed.). Estados Unidos.

De acuerdo con AIAG (2005), una corrida ascendente (arriba del promedio de rangos) significa al menos uno de los siguientes puntos:

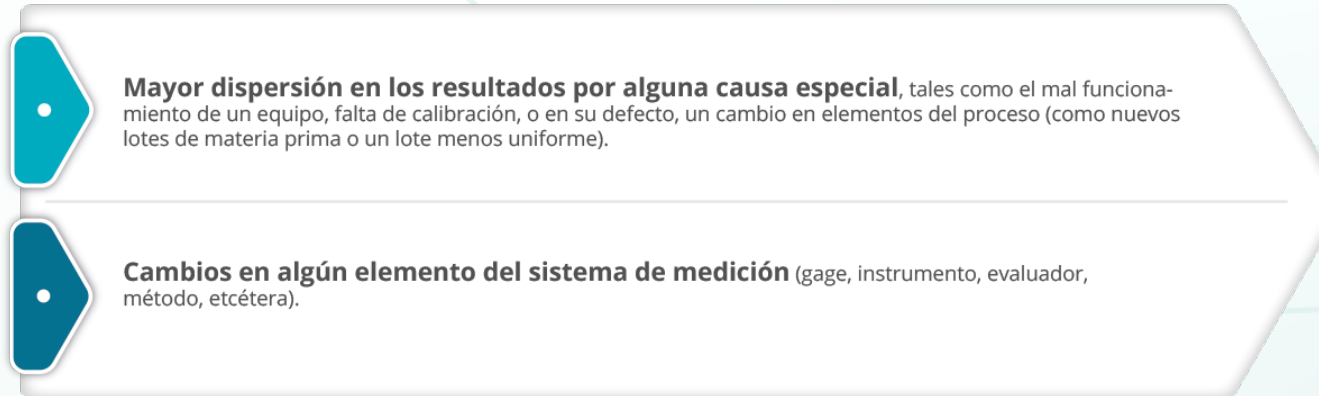


Figura 5. Puntos con corrida ascendente.

Del mismo modo, AIAG (2005) establece que una corrida descendente (abajo del promedio de rangos) significa al menos uno de los siguientes puntos:

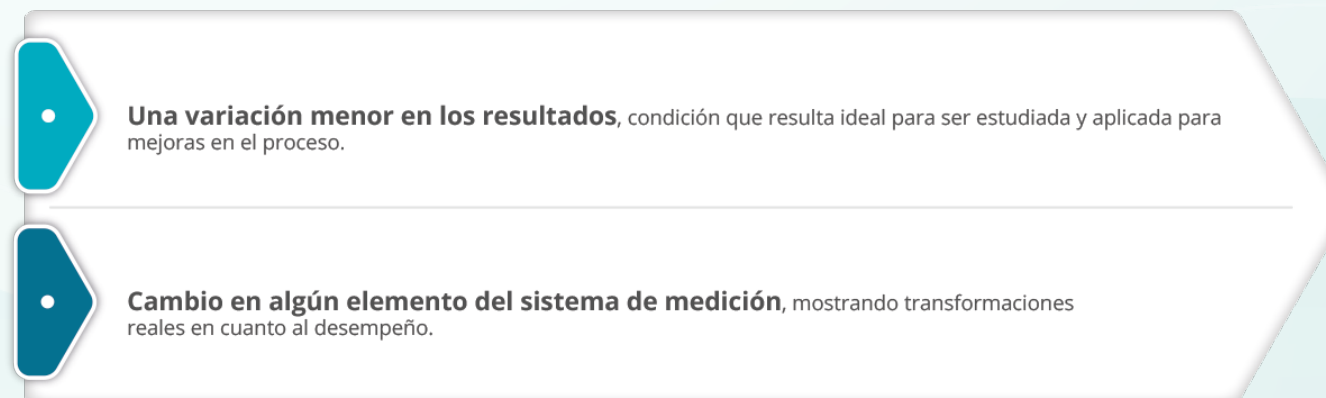


Figura 6. Puntos con corrida descendente.

Asimismo, pueden acontecer patrones no aleatorios obvios que introducen la existencia de causas especiales, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Tendencias o patrones que no cumplen con los siete puntos consecutivos:
Al igual que se pueden captar tendencias o cambios en el comportamiento del proceso por medio de los siete puntos consecutivos, también es posible identificar estos aspectos al observar el patrón representado en la gráfica. En ella, a pesar de la fluctuación de los datos, se alcanza a notar la tendencia del proceso.

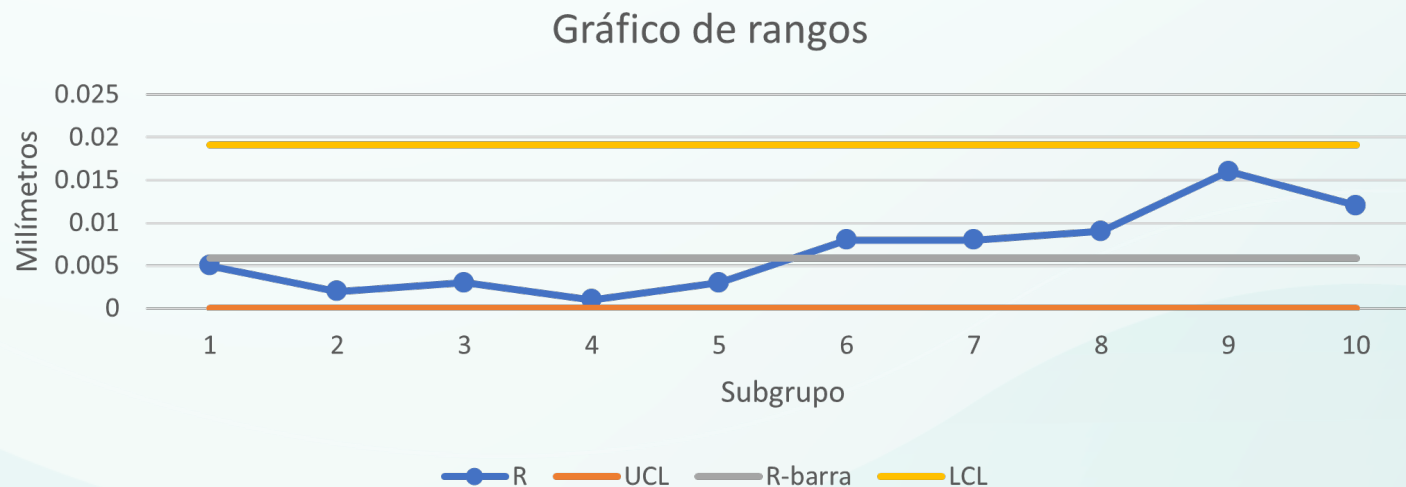


Figura 7. Tendencia hacia valores más altos.

Comportamientos cíclicos:

Se encuentran como la representación de un patrón en un periodo determinado.

Gráfico de rangos

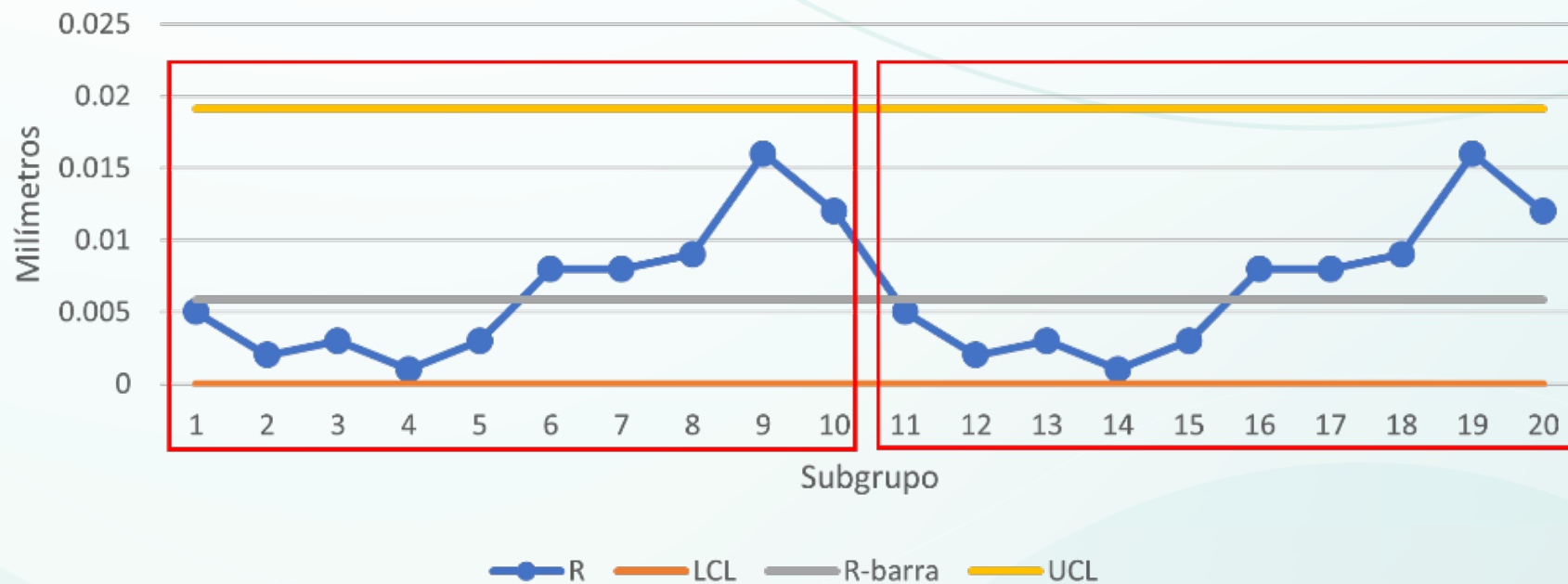


Figura 8. Comportamientos cíclicos.

Puntos cercanos a la línea de tendencia central o que tienden a los límites de control:

En el caso de los puntos cercanos a la línea central, esta señal para procesos fuera de control puede ser la consecuencia de un cálculo o graficado incorrecto de los límites, o bien, de una manipulación de los datos al reflejar variaciones excesivas que han sido eliminadas. Por otro lado, es posible que los puntos que tienden a los límites de control (variación excesiva) deriven de un cálculo o graficado incorrecto, así como del proceso mismo y sus cambios respecto al estudio inicial.

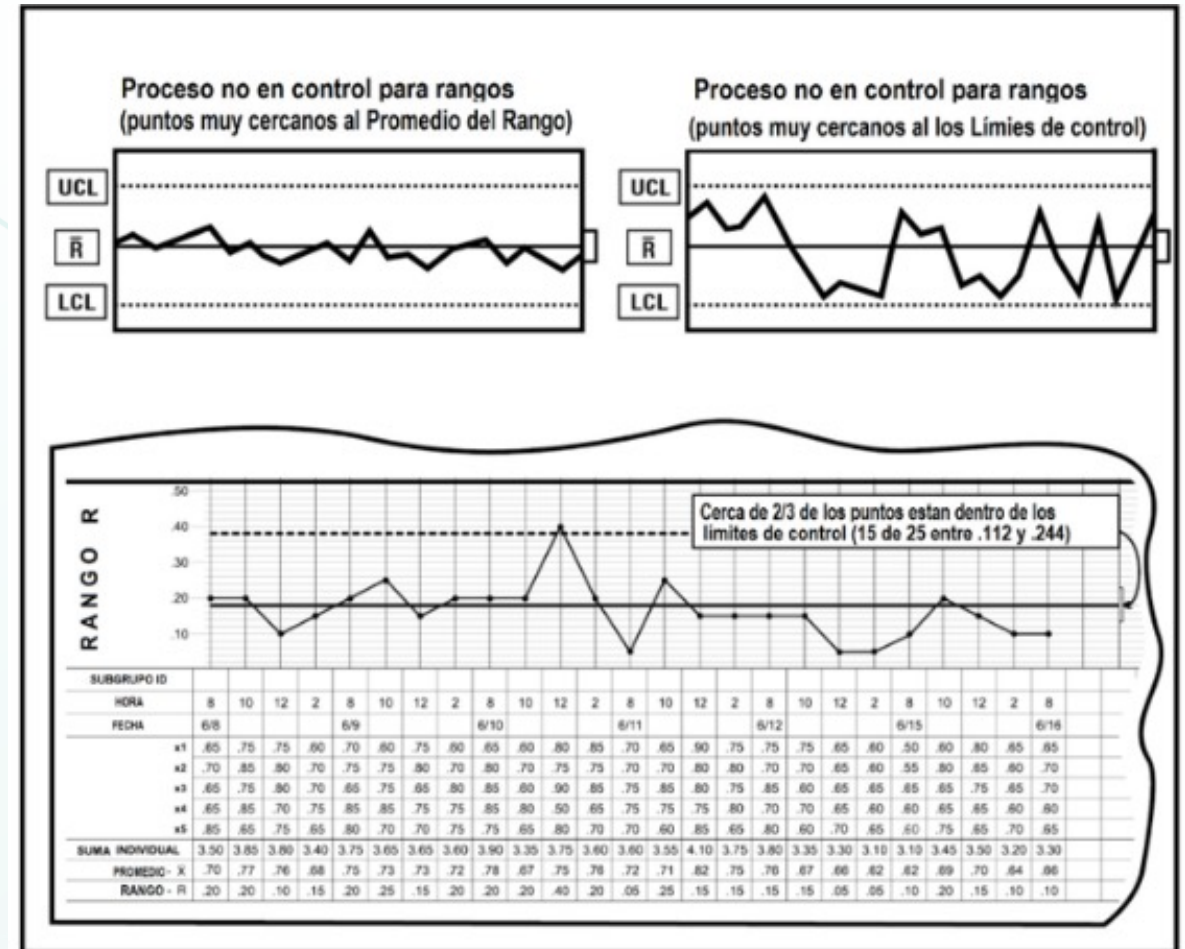


Figura 9. Patrones no aleatorios en una gráfica de control.
Fuente: AIAG. (2005). *Statistical Process Control* (2a ed.).
Estados Unidos.

Criterios para causas especiales

Los criterios para la detección de causas no se refieren a obligaciones ni a la implementación estricta de cada uno. Mas bien, estos criterios funcionan como una guía cuya aplicación total es optativa. Su selección depende del tipo de proceso a estudiar, del comportamiento de los datos y de las limitantes que existen en el proceso productivo para emprender acciones referentes a las señales. Los criterios se resumen en la siguiente tabla:

	Resumen de Criterios Típicos para Causas Especiales
1	1 punto más allá de 3 desviaciones estándar ²¹ de la línea central
2	7 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central
3	6 puntos consecutivos, todos crecientes ó todos decrecientes
4	14 puntos consecutivos, alternando arriba y abajo
5	2 de 3 puntos > 2 desviaciones estándar de la línea central (mismo lado)
6	4 de 5 puntos > 1 desviación estándar de la línea central (mismo lado)
7	15 puntos consecutivos dentro de 1 desviación estándar de la línea central (ambos lados)
8	8 puntos consecutivos > 1 desviación estándar de la línea central (ambos lados)

Figura 10. Resumen de criterios típicos para causas especiales.
Fuente: AIAG. (2005). *Statistical Process Control* (2a ed.). Estados Unidos.

Planes de reacción

Un plan de reacción es un proceso estipulado en un documento clave de calidad, por ejemplo, el plan de control. Este consiste en una serie de indicaciones a ejecutar cuando se encuentran productos que no cumplen con los requerimientos de calidad, que dan muestra de inestabilidad del proceso, etcétera.

En ocasiones, el plan de reacción se maneja como un procedimiento de control estadístico de proceso, y a pesar de que no existe un formato específico (es de libre adaptación para cada planta), se recomienda que contenga los siguientes puntos:



Un plan de reacción debe ser sencillo y entendible. Su objetivo es que los operadores de producción, que son el primer frente contra los resultados de mala calidad, sepan escalar el estatus para definir acciones preventivas o correctivas.



- Definición del control estadístico de procesos.
- Interesados de la planta en cumplir con este requisito.
- Formato.
- Definición de conceptos clave (normalidad, gráficas de control, etcétera).
- Procedimiento al encontrar una señal fuera de control en el periodo asignado. Se recomienda que sean acciones concisas, por ejemplo, notificarlo en la bitácora de eventos y rechazar el material.

Figura 11. Puntos para crear un plan de acción.



Procedimiento al encontrar tres señales fuera de control en el periodo asignado. Se recomienda que sean acciones concisas, por ejemplo, notificarlo en la bitácora de eventos, así como avisar al líder de producción y al líder de calidad del área.



Procedimiento al encontrar cinco señales fuera de control de proceso en el periodo asignado. Se recomienda que sean acciones concisas, por ejemplo, notificarlo en la bitácora de eventos y convocar al equipo multidisciplinario para solucionar la causa (personal específico de operaciones, manufactura, calidad, etcétera).



Control de cambios en el documento (versión, fechas y responsable del cambio).



Departamentos que tienen que aprobar, cambiar o actualizar el documento.

Figura 11. Puntos para crear un plan de acción.

Revisa atentamente el siguiente video:

SPC Consulting Group. (2023, 11 de septiembre). *Procesos “fuera de control” – 6 Señales* [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/f0MtROgNviA>



Los siguientes enlaces son externos a la Universidad Tecmilenio, al acceder a ellos considera que debes apegarte a sus términos y condiciones.

Considerando la importancia de identificar señales de un proceso fuera de control estadístico analiza las siguientes preguntas:

¿Cómo podrían los operadores o analistas de calidad optimizar sus habilidades para detectar estas señales de manera más eficiente en un entorno de producción real?

¿Qué estrategias o prácticas de capacitación podrían implementarse para mejorar la capacidad de detección y reacción ante estas señales, garantizando así la calidad del proceso y del producto final?



Ejercicio de práctica

Eres el ingeniero de calidad a cargo de un proceso de ensamblado de tubos para el sistema de escape para la industria automotriz. Cuentas con un producto que siempre es crítico para embarques, que tiene problemas de calidad y que además requiere un nivel de precisión elevado.

El primer proceso (imagen 1), se refiere a la planicidad que debe tener el componente que ensambla la entrada de dicho tubo con el siguiente ensamble, la cual, de acuerdo con especificaciones del cliente debe tener entre 0 y 1 mm (entre más plano mejor).

Por otro lado, el segundo proceso (imagen 2) documenta la perpendicularidad de un componente, el cual de acuerdo con especificaciones debe medir entre 0 y 0.6 mm.

Ambos se toman en subgrupos de 5 mediciones con frecuencia diaria (se miden y registran 5 piezas diarias) en una CMM (Máquina de Medición por Coordenadas).

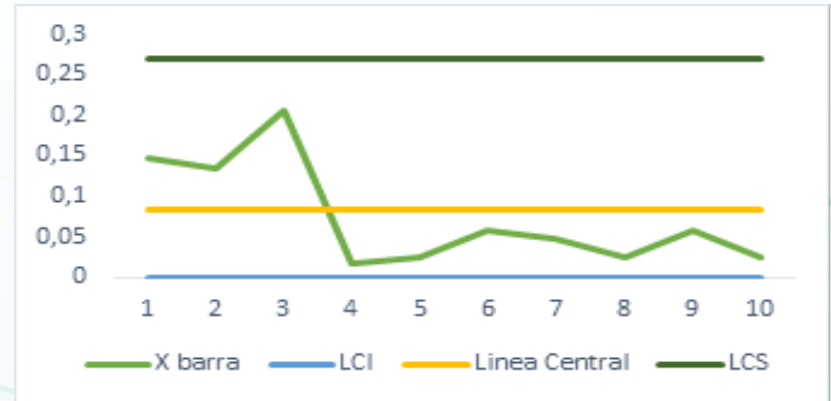


Figura 12. Gráfica de control de promedios para planicidad de brida.

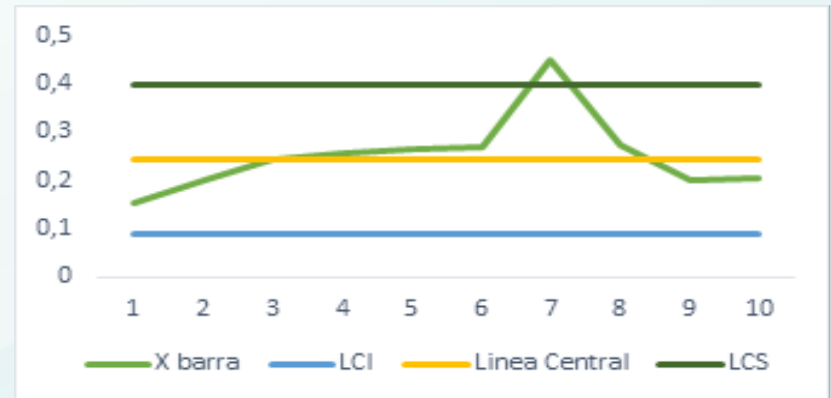


Figura 13. Gráfica de control de promedios para planicidad de componente "X".

Ejercicio de práctica

1. Examina si hay señales fuera de control dentro de los límites de control en cada gráfica. Si identificas algún patrón o tendencia, descríbelo y reflexiona sobre si este patrón pudiese ser beneficioso o perjudicial para el proceso. Justifica tu respuesta.
2. Utiliza una hoja de registro o un documento de tu elección para documentar tus observaciones, conclusiones y posibles acciones recomendadas en respuesta a las señales identificadas en cada gráfica.



La identificación de las señales de un proceso fuera de control estadístico es fundamental para una exitosa implementación de SPC. Es imprescindible que las personas en piso, los operadores o los técnicos que ejecutan estas mediciones, conozcan la relevancia de ejecutarlas de manera correcta, así como el impacto que esta información tiene en la toma de decisiones respecto al proceso. Del mismo modo, se debe considerar una capacitación adecuada para todos los recursos involucrados en el estudio de control estadístico de procesos, buscando que cada miembro del equipo pueda detectar las señales y reaccionar acorde al procedimiento.





Certificado
Normativa automotriz

SPC – Interpretación en software



Los valores estadísticos y la inferencia son los elementos centrales del control estadístico de procesos (SPC). Por ello, aprenderás a interpretar la voz del proceso con base en los resultados numéricos, a detectar las áreas de oportunidad y, sobre todo, a conocer la implicación práctica y entender cómo estos valores pueden ayudarte a mejorar los procesos con los que interactúas de manera diaria.



Distribuciones

El primer paso para convertirte en un analista de calidad es conocer el tipo de distribución con el que cuentan los datos. Un error de principiante es trabajar todos los sets de datos como si fueran una distribución normal o de campana.

Para conocer el tipo de distribución, es necesario analizar cómo se comportan los datos cuando son recopilados de manera aleatoria.

Existen distintas pruebas estadísticas para determinar la normalidad dentro de los datos. Entre las más aceptadas se encuentran las siguientes: el valor Ji cuadrada para bondad de ajuste, Anderson-Darling, Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilks; estas se incluyen en los paquetes estadísticos más básicos. Sin embargo, el mejor recurso visual para comprobar la normalidad es la gráfica de probabilidad.



En el siguiente ejercicio se muestra cómo interpretar los índices arrojados y el uso de la información para continuar con los análisis:

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT P
Normal	1.197	<0.005	
Transformación Box-Cox	0.406	0.345	
Lognormal	0.406	0.345	
Lognormal de 3 parámetros	0.331	*	0.486
Exponencial	24.618	<0.003	
Exponencial de 2 parámetros	6.100	<0.010	0.000
Weibull	1.466	<0.010	
Weibull de 3 parámetros	0.303	>0.500	0.000
Valor extremo más pequeño	2.954	<0.010	
Valor extremo por máximos	0.321	>0.250	
Gamma	0.594	0.135	
Gamma de 3 parámetros	0.308	*	0.097
Logística	1.106	<0.005	
Loglogística	0.513	0.153	
Loglogística de 3 parámetros	0.393	*	0.303
Transformación de Johnson	0.268	0.677	

Figura 1. Resultados de la prueba de bondad de ajuste.

Fuente: Minitab Blog Editor. (2019). *Cómo Identificar la Distribución de sus Datos Usando Minitab*. Recuperado de <https://blog.minitab.com/es/como-identificar-la-distribucion-de-sus-datos-usando-minitab#:~:text=Las%20gráficas%20de%20probabilidad%20son,recta%2C%20la%20distribución%20se%20ajusta%20solo%20para%20fines%20educativos.>

En este caso, se cuenta con las siguientes columnas:

- **Distribución:** indica el tipo de distribución bajo estudio.
- **AD:** es el valor del coeficiente Anderson Darling, para fines prácticos, entre más bajo sea el valor AD, mejor es el ajuste al tipo de distribución con el que se le compara.
- **P:** es el valor utilizado para saber si los datos presentan normalidad o no. Es lo contrario a la de Anderson Darling, ya que, mientras más alto sea el valor p, significa que más se ajusta a dicha distribución.
- **LRT P:** de acuerdo con Minitab Blog Editor, este valor se usa para “las distribuciones de 3 parámetros, un valor bajo indica que agregar el tercer parámetro es una mejora significativa sobre la versión de 2 parámetros. Un valor más alto sugiere que podría ser conveniente seguir con la versión de 2 parámetros” (2019).

Figura 2. Descripción de columnas de prueba de bondad de ajuste.

Uno de los casos más comunes es que solamente se quiera saber si los datos siguen la distribución normal, por lo tanto, observar un valor p mayor a 0.05 significa que sí lo hacen.

Índices y tolerancias (bilaterales o unilaterales)

Índices para características con doble especificación (bilaterales):

Es necesario mencionar que los índices de capacidad, tanto para corto como para largo plazo, carecen de valor en los procesos que no se encuentran bajo control estadístico. En consecuencia, se debe trabajar primero en estabilizar el proceso y después abordar la variación y los índices de capacidad.

Para efectos de este tema, se evaluarán solamente los índices más populares de acuerdo con lo que menciona AIAG (2005):

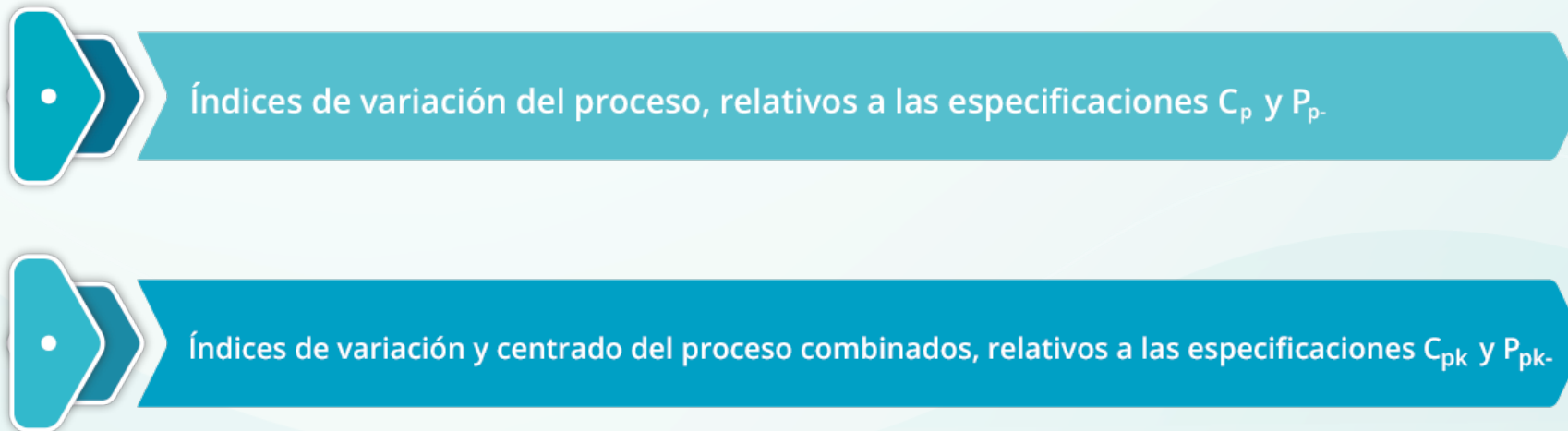


Figura 3. Principales índices de evaluación de acuerdo con AIAG (2005)

En cuanto a los **índices de variación del proceso** (Cp y Pp), el índice Cp, o índice de capacidad potencial del proceso, es el resultado de la división de la variación tolerada entre la variación real del proceso. Por otro lado, el índice Pp es el desempeño potencial del proceso y, del mismo modo, evalúa la variación tolerada con la variación real.

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

$$P_p = \frac{ES - EI}{6\sigma_L}$$

$$\sigma = \frac{R_{\text{barra}}}{A_2}$$

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x_i - \mu)^2}$$

ES= especificación superior.
EI= especificación inferior.
R_barra= promedio de rangos.
A2= constante para gráficos de control.
Xi= valor individual obtenido.
u = media del proceso.

La diferencia en estos índices es que el Cp sirve para evaluar la capacidad potencial (corto plazo) y el Pp evalúa el desempeño potencial del proceso (largo plazo). En el caso de los **índices de variación y centrado del proceso combinados**, relativos a Cpk y Ppk, su principal beneficio es que contemplan la variación con respecto a la media del proceso, por lo que coadyuva a definir su capacidad para cumplir con las especificaciones.

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad \text{y} \quad C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$
$$P_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma_L} \quad \text{y} \quad P_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma_L}$$

$$C_{pk} = \text{Mínimo} [C_{pi}, C_{ps}]$$

$$P_{pk} = \text{Mínimo} [P_{pi}, P_{ps}]$$

El índice C_p es el más solicitado en auditorías y citas con clientes para conocer el estatus de alguna operación o característica que se controla dentro del piso de producción. En este caso, la figura 2 es una referencia universal de la categoría que tiene el proceso conforme al valor del índice C_p , y las decisiones que se tienen que tomar en dicho punto.

TABLA 5.1 Valores del C_p y su interpretación.		
VALOR DEL ÍNDICE C_p	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Figura 4. Valores del C_p y su interpretación.

Fuente: Gutiérrez Pulido, H., y De la Vara Salazar, R. (2008). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (2a ed.). México: McGraw-Hill.

El índice C_p es el más solicitado en auditorías y citas con clientes para conocer el estatus de alguna operación o característica que se controla dentro del piso de producción. En este caso, la figura 2 es una referencia universal de la categoría que tiene el proceso conforme al valor del índice C_p , y las decisiones que se tienen que tomar en dicho punto.

Índices para características con una sola especificación (unilateral):
existen procesos que solamente tienen una especificación (usualmente con un valor mayor o menor que cierto valor). En este caso, se utilizan las fórmulas para calcular Cpk con el enfoque en la especificación con la que se cuenta.



Figura 5. Ejemplos para calcular con especificación inferior y superior.

Las fórmulas son las siguientes, dependiendo del caso:

Si se cuenta con una
tolerancia inferior:

$$C_{pk} = C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

Si se cuenta con una
tolerancia superior

$$C_{pk} = C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

Figura 6. Fórmulas para calcular tolerancia inferior y superior.

Los valores para interpretar los resultados, cuando se tiene una especificación, los puedes consultar en la figura 7, la cual se anexa a continuación:

Figura 7. Los índices C_p , C_{pi} y C_{ps} en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en doble especificación.
Fuente: Gutiérrez Pulido, H., y De la Vara Salazar, R. (2008). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (2a ed.). México D.F.: McGraw-Hill.

TABLA 5.2 Los índices C_p , C_{pi} y C_{ps} en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación.

VALOR DEL ÍNDICE (CORTO PLAZO)	PROCESO CON DOBLE ESPECIFICACIÓN (ÍNDICE C_p)		CON REFERENCIA A UNA SOLA ESPECIFICACIÓN (C_{pi} , C_{ps} , C_{pk})	
	% FUERA DE LAS DOS ESPECIFICACIONES	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)	% FUERA DE UNA ESPECIFICACIÓN	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)
0.2	54.8506%	548 506.130	27.4253%	274 253.065
0.3	36.8120%	368 120.183	18.4060%	184 060.092
0.4	23.0139%	230 139.463	11.5070%	115 069.732
0.5	13.3614%	133 614.458	6.6807%	66 807.229
0.6	7.1861%	71 860.531	3.5930%	35 930.266
0.7	3.5729%	35 728.715	1.7864%	17 864.357
0.8	1.6395%	16 395.058	0.8198%	8 197.529
0.9	0.6934%	6 934.046	0.3467%	3 467.023

(continuación)

VALOR DEL ÍNDICE (CORTO PLAZO)	PROCESO CON DOBLE ESPECIFICACIÓN (ÍNDICE C_p)		CON REFERENCIA A UNA SOLA ESPECIFICACIÓN (C_{pi} , C_{ps} , C_{pk})	
	% FUERA DE LAS DOS ESPECIFICACIONES	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)	% FUERA DE UNA ESPECIFICACIÓN	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)
1.0	0.2700%	2 699.934	0.1350%	1 349.967
1.1	0.0967%	966.965	0.0483%	483.483
1.2	0.0318%	318.291	0.0159%	159.146
1.3	0.0096%	96.231	0.0048%	48.116
1.4	0.0027%	26.708	0.0013%	13.354
1.5	0.0007%	6.802	0.0003%	3.401
1.6	0.0002%	1.589	0.0001%	0.794
1.7	0.0000%	0.340	0.0000%	0.170
1.8	0.0000%	0.067	0.0000%	0.033
1.9	0.0000%	0.012	0.0000%	0.006
2.0	0.0000%	0.002	0.0000%	0.001

Capability six pack

En el artículo se ofrece una explicación de su famoso capability six pack y la secuencia correcta para interpretar los resultados.

Es preciso aclarar que, aunque en este caso se referencian los recursos visuales de Minitab, estos principios, valores y pasos son aplicables para cualquier otro software de este tipo.

El texto lo puedes consultar en el siguiente enlace:

<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-sixpack/normal-capability-sixpack/interpret-the-results/key-results/>

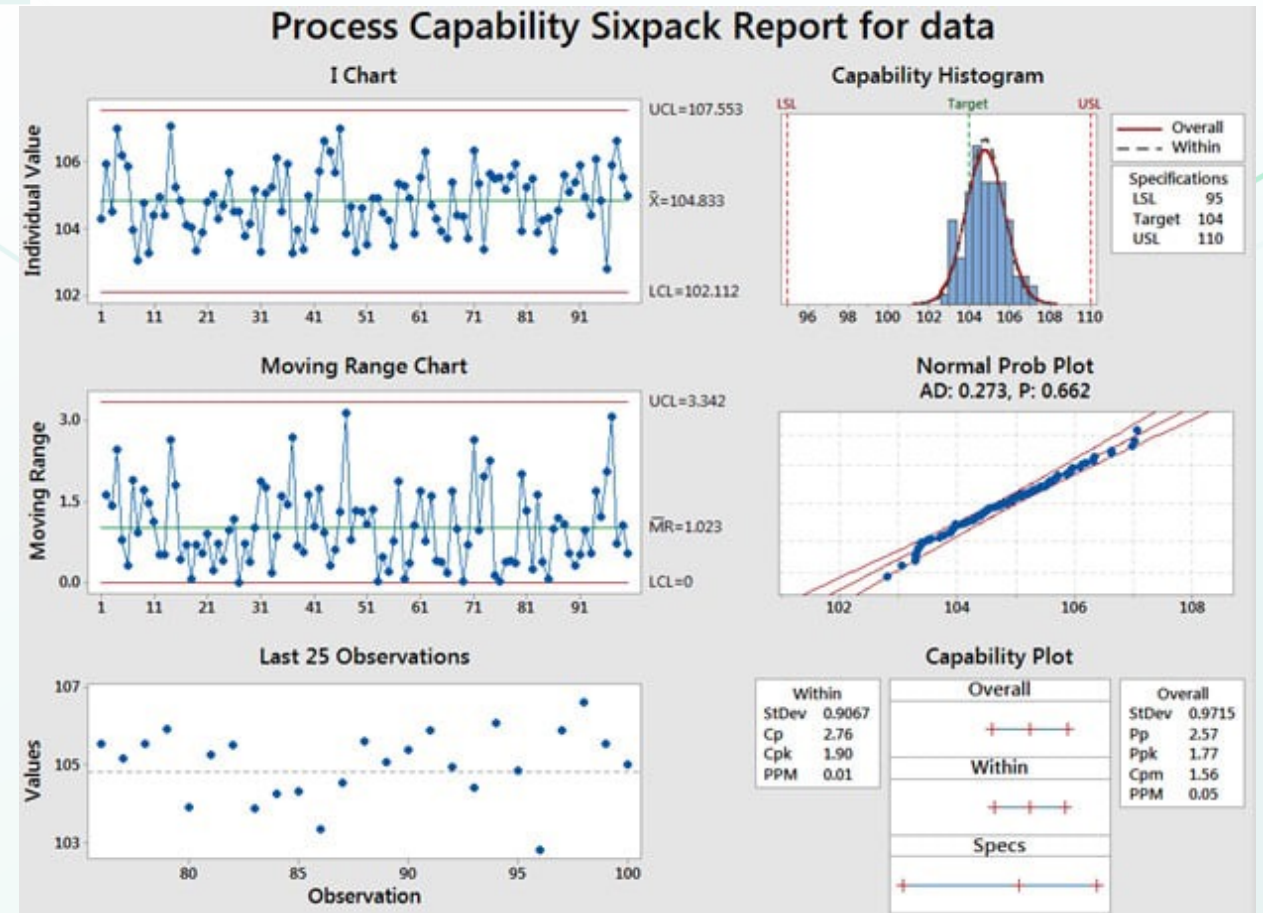


Figura 8. Análisis de capacidad Seis en uno normal de Minitab.
Fuente. Minitab (Marzo, 2021). *Enseñando Capability Sixpack de Minitab con una catapulta*. Recuperado de <https://blog.minitab.com/es/ensenando-capability-sixpack-de-minitab-con-una-catapulta>

Pregunta de reflexión

Considerando que los índices de capacidad del proceso son herramientas cruciales para evaluar la calidad y la eficiencia de los procesos industriales, **¿cómo podrían utilizarse estos índices para identificar áreas de mejora específicas dentro de un proceso de fabricación real? ¿Qué acciones podrían tomarse en base a los resultados de estos índices para optimizar el rendimiento y cumplir con las especificaciones del cliente?**



Revisa atentamente el siguiente video:

Acosixsigma. (2015, 21 de octubre). *Análisis de Capacidad del Proceso en Minitab* [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/ixYTworGfsg>



Los siguientes enlaces son externos a la Universidad Tecmilenio, al acceder a ellos considera que debes apegarte a sus términos y condiciones.



Una fábrica de componentes electrónicos produce resistencias con una resistencia nominal de 100 ohmios. El departamento de control de calidad toma una muestra aleatoria de 100 resistencias y mide sus valores. Los datos recolectados muestran que la media de la muestra es de 99.5 ohmios y la desviación estándar es de 1.2 ohmios, tomando un tamaño de subgrupo $n=5$.

- Calcula el índice de capacidad de proceso (C_p).
- Calcula el índice de capacidad de proceso a corto plazo (C_{pk}).
- Calcula el índice de capacidad de proceso potencial (P_p).
- Calcula el índice de capacidad de proceso potencial a corto plazo (P_{pk}).

Es importante recordar que toda la información presentada tiene la finalidad de ayudarte a entender la voz del proceso y trabajar las mejoras con base en información estadística. No se pretende volverte un experto en estadística ni en teoría, sino que conozcas los fundamentos para que cuando se te presenten datos, tendencias, índices, etcétera, puedas operar en torno a ellos y mejorar los procesos.

Los contenidos vistos en este tema son de carácter referencial y no son leyes absolutas. El manual de SPC es una recomendación utilizada internacionalmente y establece que, en casos específicos, pueden existir excepciones.





- **Obtención del Set de Datos**

Los estudiantes deberán utilizar una herramienta de software estadístico de su elección, como Excel, Minitab o Python, para generar un conjunto de datos simulados que representen un proceso de producción (u obtener datos reales de un proceso con el que interactúan en su lugar de trabajo). Se recomienda generar la cantidad de datos necesaria dependiendo del tipo de proceso a analizar; por ejemplo, en una variable cuantitativa que se desea analizar con gráficas X barra y R barra, se recomienda un conjunto de 125 datos distribuidos en subgrupos de 5.

- **Sugerencias:**

En este paso además del set de datos, no olvides señalar de igual manera las especificaciones de la medición, ya sean reales o inventadas.

Se recomienda utilizar un data set obtenido de tu lugar de trabajo para que practiques con variables reales.

- **Prueba de Normalidad**

Con el fin de conocer el tipo de distribución que presentan los datos, deberán realizar una prueba de normalidad para determinar si los datos siguen una distribución normal. Pueden utilizar cualquier método de prueba de normalidad disponible en su software y deberán interpretar los resultados.

- **Cálculo de Índices de Capacidad**

Calcula los índices de capacidad del proceso, como C_p , P_p , C_{pk} y P_{pk} , utilizando los datos del paso 1. Deberán interpretar estos índices y determinar si el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones.

- **Generación de gráficos**

Finalmente, los estudiantes generarán gráficos relevantes, como gráficos de control e histogramas, para visualizar la distribución de los datos y cualquier tendencia o variación.

- **Generación de gráficos**

Finalmente, los estudiantes generarán gráficos relevantes, como gráficos de control e histogramas, para visualizar la distribución de los datos y cualquier tendencia o variación.

- **Conclusión General.**

Interpreta los datos obtenidos en los puntos 2,3,4 y 5 y genera posibles conclusiones respecto al proceso bajo estudio y las acciones que se deben tomar para mejorarlo.

AIAG. (2005). *Statistical Process Control* (2a ed.). Estados Unidos.

Gutiérrez Pulido, H., y De la Vara Salazar, R. (2008). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (2a ed.). México: McGraw-Hill.

Minitab (2021). *Enseñando Capability Sixpack de Minitab con una catapulta*. Recuperado de <https://blog.minitab.com/es/ensenando-capability-sixpack-de-minitab-con-una-catapulta>

Minitab. (s.f.). *Interpretar los resultados clave para la Gráfica Xbarra-R*. Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/20/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/how-to/variables-charts-for-subgroups/xbar-r-chart/interpret-the-results/key-results/>

Minitab Blog Editor. (2019). *Cómo Identificar la Distribución de sus Datos Usando Minitab*. Recuperado de <https://blog.minitab.com/es/como-identificar-la-distribucion-de-sus-datos-usandominitab#:~:text=Las%20gráficas%20de%20probabilidad%20son,recta%2C%20la%20distribución%20se%20ajusta%20solo%20para%20fines%20educativos.>

Tecmilenio no guarda relación alguna con las marcas mencionadas como ejemplo. Las marcas son propiedad de sus titulares conforme a la legislación aplicable, estas se utilizan con fines académicos y didácticos, por lo que no existen fines de lucro, relación publicitaria o de patrocinio.

Todos los derechos reservados @ Universidad Tecmilenio

La obra presentada es propiedad de ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN SUPERIOR A.C. (UNIVERSIDAD TECMILENIO), protegida por la Ley Federal de Derecho de Autor; la alteración o deformación de una obra, así como su reproducción, exhibición o ejecución pública sin el consentimiento de su autor y titular de los derechos correspondientes es constitutivo de un delito tipificado en la Ley Federal de Derechos de Autor, así como en las Leyes Internacionales de Derecho de Autor. El uso de imágenes, fragmentos de videos, fragmentos de eventos culturales, programas y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, es exclusivamente para fines educativos e informativos, y cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por UNIVERSIDAD TECMILENIO. Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir, difundir, o en cualquier modo explotar cualquier parte de esta obra sin la autorización previa por escrito de UNIVERSIDAD TECMILENIO. Sin embargo, usted podrá bajar material a su computadora personal para uso exclusivamente personal o educacional y no comercial limitado a una copia por página. No se podrá remover o alterar de la copia ninguna leyenda de Derechos de Autor o la que manifieste la autoría del material.