



CENTRO DE INGENIERÍA DE LA CALIDAD – CALI – COLOMBIA

www.cicalidad.com info@cicalidad.com

Control Estadístico de Procesos - (Statistical Process Control)

El objetivo del Control estadístico de procesos es controlar la calidad de los procesos y productos para satisfacer a los clientes, reducir desperdicios, evitar reprocesos y reclamos, facilitando el trabajo en planta. Se debe tener en cuenta que la calidad no se determina solo en el producto final; la calidad se hace y se controla a través de todo el proceso de fabricación, desde el diseño del producto, la materia prima hasta su fabricación final y servicio posventa.

Muchas empresas hacen esfuerzos para introducir técnicas estadísticas, que permitan prevenir defectos y problemas más que detectarlos, que distingan entre causas asignables y causas naturales de variación en el proceso. Las técnicas estadísticas permiten prevenir defectos y problemas más que detectarlos, permiten distinguir entre causas asignables y causas naturales de variación en un proceso.

Variación natural o aleatoria: Son muchas pequeñas causas de variación que afectan por igual y en forma permanente el proceso (no son causas aisladas).

Ejemplos de variaciones naturales o aleatorias:

- Ligeras fluctuaciones en las materias primas.
- Ligera vibración de los equipos.
- Exactitud de los ajustes humanos.
- Pequeños cambios ambientales.
- Ligeras variaciones de fuentes de energía.
- Ligeros desajustes de los instrumentos de medición y control, entre otros.

Esta variación no se puede eliminar completamente del proceso, pero se puede reducir a través de la optimización.

La corrección u optimización generalmente requiere de decisiones gerenciales, de inversiones, del compromiso y participación de toda la organización.

Algunos ejemplos de la forma como se puede reducir la variación natural o aleatoria:

- Cambiar de proveedor, buscando una mayor homogeneidad de una materia prima.
- Se capacita al personal para tener una operación más estandarizada.

Centro de Ingeniería de la Calidad - www.cicalidad.com

Calle 26 Norte #5AN-54 Cali – Colombia. Teléfono: (572) 6515188



- Se modifican las condiciones del proceso.
- Se reemplazan equipos o tecnologías obsoletas por tecnologías nuevas.

Variación assignable: Son aquellas causas que se pueden identificar, que afectan el producto en su calidad de una manera específica.

A diferencia de las causas naturales, una sola de estas causas asignables, puede ejercer una variación relativamente grande, que discrepa sensiblemente del modelo de variación esperado, cuando el proceso es estable.

Ejemplos de variaciones asignables:

- Uso de materia prima no conforme con las especificaciones establecidas.
- Instrumentos descalibrados.
- Daños mecánicos o eléctricos en los equipos.
- Un parámetro de control fijado erróneamente.

Para prevenir estas variaciones asignables es necesario ***dar especial capacitación*** al personal y definir el control que se requiere para cada operación.

Estas variaciones se relacionan con cada proceso en particular, y son responsabilidad del personal a cargo, quien debe identificarlas, reportarlas y eliminarlas.

¿Cuál es la variación ideal en un proceso?

Lo ideal es que la variación en el proceso, se deba exclusivamente a las causas naturales o aleatorias en cuyo caso se dirá que el proceso está ***“bajo control estadístico”*** e indudablemente es así cuando se logra la mínima variación mediante el control. Este tipo de variación se observa en un gráfico de control cuando los puntos dentro del gráfico oscilan aleatoriamente por encima y por debajo del promedio, sin presentar tendencias, rachas, ciclos, puntos por fuera de los límites entre otros. La mayoría de los puntos deben estar alrededor de la línea central, algunos en la zona intermedia y unos muy pocos cerca de los límites de control.

¿Qué pasa cuando el proceso no se comporta de conformidad con el modelo de distribución esperado?

Se dirá que está ***“fuera de control estadístico”*** y que la causa probablemente es assignable.



En el siguiente gráfico I-MR realizado con el paquete estadístico Minitab, se ilustra un proceso afectado por algunas variaciones asignables señaladas con puntos rojos y un código que indica el tipo de variación asignable detectada.

Código 1: 1 punto por fuera de los límites de control (punto lejano).

Este patrón de comportamiento anormal se caracteriza por grandes variaciones, con puntos erráticos por fuera los límites de control.

Este patrón de comportamiento está asociado a:

- Instrumentación con fallas.
- Problemas de entrenamiento en operarios.
- Cambios de métodos.
- Mezclas de lotes de materias primas.
- Cambios de materiales o repuestos.
- Desajustes mecánicos.
- Falta de cuidado en la operación.
- Problemas de muestreo.
- El proceso no se está controlando.
- El arrancar o apagar de la máquina.

Código 2: 7 puntos en fila al mismo lado de la línea central (racha).

Esta es otra forma de un patrón de variación considerado no natural, y que se asocia con la tendencia del proceso a dar valores a un solo lado de la línea central y el número de puntos se denomina longitud de la racha. En un proceso bajo control, los puntos deben caer arriba y abajo de la línea central en una forma regulada, si hay más de 6 puntos todos por encima o todos por debajo de la línea central existe secuencia o racha y a partir del séptimo punto es declarada una racha.

Las posibles causas de este comportamiento anormal de secuencia o rachas pueden ser:

- Cambios en las proporciones de las materias primas.
- Programas de mantenimiento.
- Instrumentación con fallas.
- Problemas de entrenamiento en operarios.
- Cambios de métodos.
- Cambios de materias primas.
- Cambios de materiales o repuestos.

Centro de Ingeniería de la Calidad - www.cicalidad.com

Calle 26 Norte #5AN-54 Cali – Colombia. Teléfono: (572) 6515188



- Desajustes mecánicos.
- Cambio en el instrumento de medir.

Si se presentan varios puntos a un solo lado de la línea central, se debe considerar que algo anormal está pasando en el proceso y que es necesario identificar la causa y tomar las medidas correctivas.

Código 3: 5 puntos en fila todos creciendo o todos decreciendo (tendencia).

Se presentan tendencias ascendentes o descendentes según sea el movimiento de la serie de puntos hacia arriba o hacia abajo. Cuando obtenemos puntos, cada uno de ellos más alto que el anterior o más bajo que el anterior, tenemos una tendencia positiva o negativa respectivamente.

Con la ayuda del gráfico de control, implica una diligente actitud para determinar la causa que los origina y las consiguientes acciones correctivas para retomar al proceso bajo control.

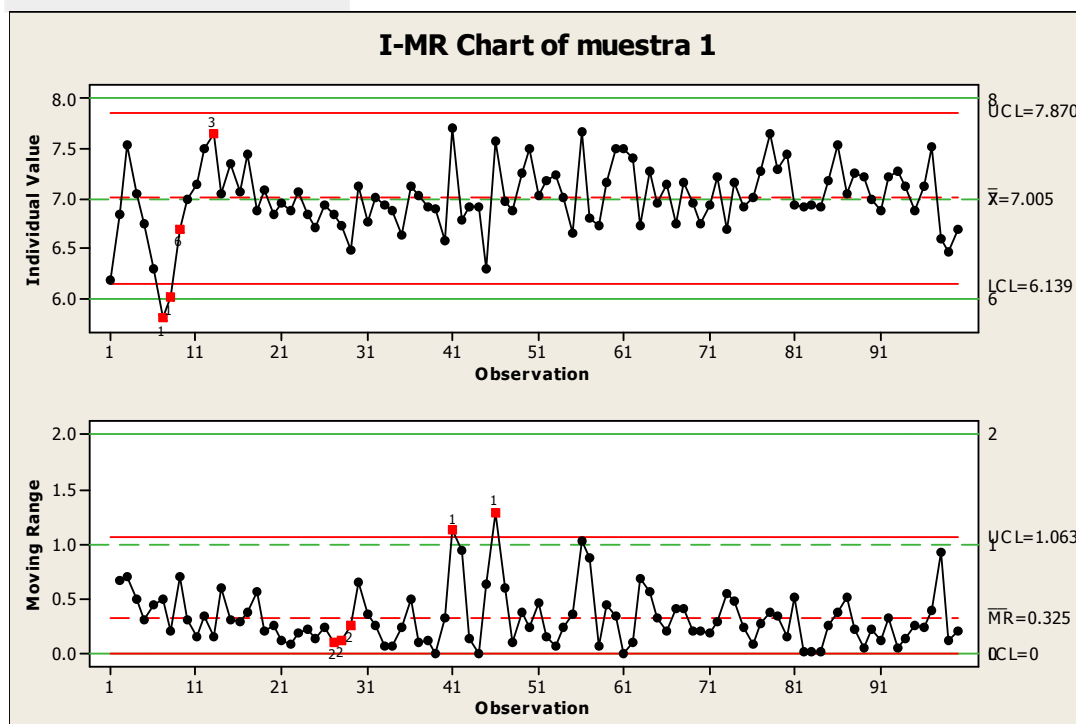
Las posibles causas de tendencias pueden ser:

- Desgaste gradual de la herramienta.
- Envejecimiento de materias primas.
- Falta de mantenimiento.
- Fatiga personal.
- Deterioro del sistema de medida.

La acción a tomar es buscar que sucedió cuando se inició la tendencia, para así facilitar la búsqueda de las posibles causas y tomar acciones en pro de controlar el proceso.

Código 4: Cuando se encuentran dos promedios muestrales seguidos por encima de más o menos dos desviaciones estándar, se debe tomar una acción preventiva inmediata, pues el proceso está cambiando. Es muy improbable que esto suceda.

En el siguiente gráfico realizado en Minitab se presentan dos gráficos de control, el de la parte superior controla el centramiento de la característica evaluada que para este ejemplo debe estar centrada en $7,0 \pm 1,0$, el gráfico de la parte inferior controla la dispersión (gráfico de rangos) de la característica evaluada que debe estar en $1,0 \pm 1,0$ en cuanto a la variación entre una medida y otra.



El gráfico ilustra un proceso afectado por variaciones asignables (puntos fuera de los límites, tendencias y rachas).

Cartas de Control o Gráficos de Control - Control Charts o Graphics control

Los gráficos de control fueron desarrollados por Walter A. Shewhart en 1924. Es una de las técnicas estadísticas más importante y ampliamente utilizada para el control estadístico de los procesos.

La implementación de la metodología de gráficos de control, en diferentes puntos del proceso y para diferentes variables críticas de calidad permiten monitorear el proceso y tomar acciones correctivas y preventivas a tiempo para mantener o restaurar la estabilidad del proceso.

El objetivo principal de los gráficos de control es monitorear el comportamiento de una característica o variable crítica del proceso para reducir su variación. No se requiere llevar un gráfico de control para cada variable de proceso, en general se acostumbra llevarlo solo para aquellas variables críticas y determinantes de características de calidad final del proceso.



Las cartas de control establecen una comparación gráfica de la situación actual del proceso con relación a los límites de especificación y control, permite un monitoreo permanente del proceso y así se identifica cuando el comportamiento de la variable está siendo afectado por variaciones naturales o asignables. El gráfico de control no identifica la causa de una variación, ni la acción correctiva que se debe tomar.

El gráfico de control está conformado por:

1. Una escala vertical (eje Y), donde se representan los valores de la característica de calidad a ser evaluada, por ejemplo: Acidez, Humedad, Temperatura, Color, tiempo de servicio, entre otros.
2. Una escala horizontal (eje X), que indica el comportamiento en el tiempo del proceso, por ejemplo: hora, turno, día, semana, mes entre otros.
3. Una línea central que generalmente indica el promedio histórico de la característica de calidad evaluada.
4. Los límites de control superior e inferior que estarán equidistantes a la línea central o valor promedio respectivamente. No siempre se tienen dos límites superior e inferior, esto depende de la característica que se esté evaluando, si se evalúa tiempo de servicio no tendrá límite inferior porque entre menor sea el tiempo de atención es mejor, si se evalúa productividad no tendrá límite superior porque entre mayor sea la productividad será mejor.
5. Los puntos interiores corresponden cronológicamente al valor de la variable bajo control, de muestras tomadas del proceso, según la frecuencia de muestreo fijada.

¿Cuándo se debe tomar la decisión de llevar un gráfico de control?

En un proceso de producción como en un proceso de servicio no se requiere llevar un gráfico de control para cada variable de proceso o producto, en general se acostumbra llevarlo para aquellas variables críticas y determinantes de características de calidad final del producto o servicio.

¿Dónde se deben ubicar los gráficos de control?



Los gráficos de control deben ser ubicados en el puesto de trabajo del operador, en un lugar que permita que los supervisores y los ingenieros puedan visualizar fácilmente el comportamiento actual del proceso.

¿Qué tanta información debe contener el gráfico de control?

El gráfico de control debe tener la capacidad de ilustrar el comportamiento del proceso de por lo menos toda la semana. En la carta de control se debe tener la siguiente información adicional al gráfico de control

- Variable a evaluar, Punto de Control.
- Unidad de medida , Frecuencia del Muestreo.
- Tamaño de muestra, Código del gráfico.
- Especificación, Método analítico.
- Instrumento de medición, Fecha, Turno, Hora.
- Registro del resultado del análisis en números.
- Registro del resultado del análisis en gráfico.
- El n, la Suma total, media y rango de los resultados.

¿Qué se recomienda al iniciar el control?

Se recomienda una mayor frecuencia del muestreo, la que se puede y debe reducir en la medida en que se controla mejor la característica o variable, inclusive se puede eliminar el gráfico de control cuando se considera que ya no es crítico su comportamiento, para dedicar el esfuerzo a otra variable o característica que lo requiera más.

Cuando se dice que una variable es crítica en términos estadísticos se refiere a la alta variación que puede presentar dicha variable a través del tiempo, si una variable tiene una alta variación a través del tiempo lo recomendable es, reducir el tamaño de la muestra y aumentar la frecuencia del muestreo (tomar muestras pequeñas en intervalos de tiempo más cortos); una mayor frecuencia permite detectar más rápido una causa asignable de variación.

¿Cada cuanto y quién debe diligenciar el gráfico de control?

El gráfico de control debe ser diligenciado cada vez que se toma una muestra, este resultado de análisis se debe llevar al gráfico de inmediato por la persona que está controlando ese punto de muestreo. De tal forma que el análisis e interpretación de este punto sobre el

Centro de Ingeniería de la Calidad - www.cicalidad.com

Calle 26 Norte #5AN-54 Cali – Colombia. Teléfono: (572) 6515188



gráfico permita disponer de una información actualizada del proceso así el operario o la persona encargada de controlar el proceso tome acciones inmediatas según el resultado del análisis.

¿Cuáles son los beneficios de implementar gráficos de control en los procesos?

- Mejora la calidad del producto (producto más competitivo).
- Reducción en devoluciones y reclamos por parte de los clientes.
- Permite establecer las capacidades del proceso (6 sigma) de una manera confiable, para que sean confrontadas con las especificaciones.
- Reducción en muestreos.
- Diagnóstico adecuado del proceso.
- Se tiene una herramienta simple y de fácil manejo que mantiene informado al grupo responsable en un lenguaje común y gráfico sobre el proceso.
- facilita la comunicación de turno a turno, de supervisor a supervisor y de operario a operario.

¿Cómo se calculan los límites de control?

Partiendo de la validación del comportamiento normal de la información histórica, se establecen los límites de control con información recolectada de la característica a controlar de 6 meses o un año inmediatamente anterior, sumando y restando al promedio histórico de los datos (2,3 o 4) veces la desviación típica del estadístico que se esté trabajando según la confianza de los límites requerida. Se recomienda 3 desviaciones estándar para tener 99,73% de confianza.

¿Para qué se usan los límites de control?

Los límites de control se usan como criterios para señalar la necesidad de aplicar una acción, o para juzgar si un conjunto de datos indica o no “estado de control estadístico”, los puntos dentro del gráfico deben estar distribuidos aleatoriamente por encima y por debajo del promedio sin salirse de los límites de control calculados.

También se usa un segundo conjunto de límites que se llaman “límites de advertencia” y los límites de control son entonces llamados “límites de acción” como: Investigación “causa asignable”, ajustar el proceso o detener el proceso.

¿Cada cuanto debo revisar y recalcular los límites de control?

- Los límites de control se deben revisar periódicamente (cada 6 o 12 meses).
- Cuando el proceso a entrado en control, por entrenamiento.

Centro de Ingeniería de la Calidad - www.cicalidad.com

Calle 26 Norte #5AN-54 Cali – Colombia. Teléfono: (572) 6515188



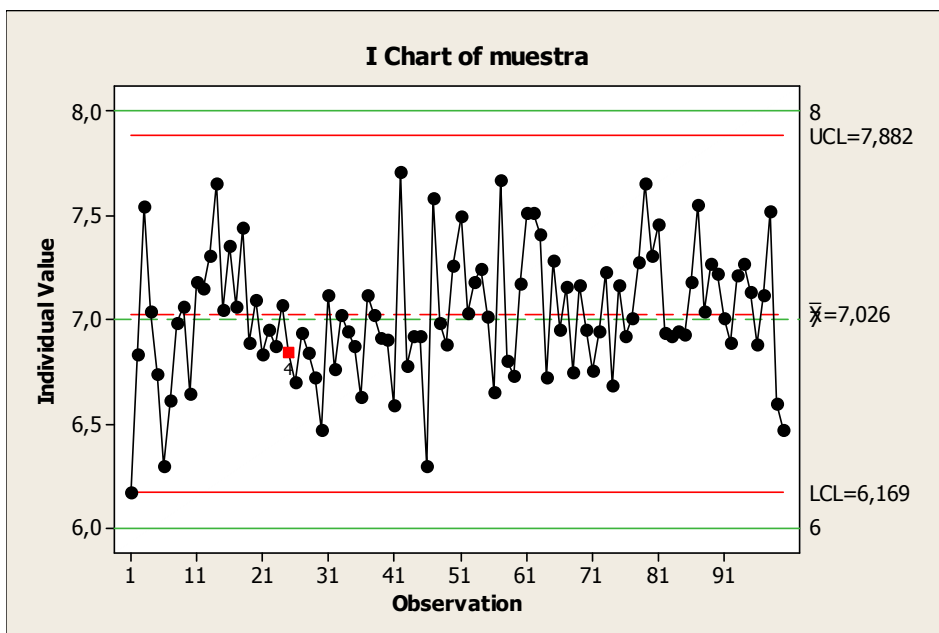
- Cuando se han hecho cambios significativos en el proceso de producción; de tal forma que las variables ya no se deben controlar dentro de los parámetros anteriormente especificados.

¿Qué es una Especificación?

Son parámetros de calidad del producto y del proceso que se establecen durante la elaboración de un bien o servicio para garantizar la conformidad del producto final que será entregado al cliente, las especificaciones se determinan, teniendo en cuenta los ensayos realizados por investigación y desarrollo de nuevos productos o procesos, los balances de materia, las especificaciones de los equipos de operación, los procesos químicos, por norma nacional Icontec, por el invima, por políticas del gobierno, exigencia del cliente, entre otros, a diferencia de los límites de control los límites de especificación **no se calculan con información histórica del proceso**.

Se habla de tolerancias en las especificaciones, aceptando que un producto es conforme si sus variables controladas están dentro de las tolerancias dadas; si se encuentra por fuera de dichas tolerancias, será necesario, devolverlo o reprocesarlo.

Los límites de especificaciones es donde debería estar el proceso y los límites de control es donde realmente se encuentra el proceso actual, los límites de control deben estar por lo menos a una desviación estándar por dentro de las especificaciones como se muestra en la siguiente gráfica realizada con el paquete estadístico Minitab.





Comparación en límites de Especificación (verdes) y límites de control (rojos)

En la gráfica se ilustra la diferencia entre los límites de Especificación (líneas de color verde) y los límites de Control (líneas de color rojo). Se observa que los límites de control están dentro de las especificaciones.

Los límites de especificación establecidos son:

Límite superior de especificación $LSE = 8,0$

Límite central de especificación $LCE = 7,0$

Límite inferior de especificación $LIE = 6,0$

Los límites de control calculados con información histórica son:

Límite superior de control $LSC = 7,88$

Límite central de control $LCC = 7,03$

Límite inferior de control $LIC = 6,17$

En cuanto al centramiento, el proceso debe estar en 7,0 (línea discontinua verde “LCE”) y realmente está en 7,03 (línea discontinua roja “LCC”), el proceso puede considerarse centrado.

En cuanto al límite inferior, el proceso mínimo debe estar en 6,0 (línea verde “LIE”) y realmente está en $LIC=6,17$ (línea roja), está cumpliendo con lo requerido, por debajo de 6,0 estaría incumpliendo con la especificación.

En cuanto al límite superior, el proceso máximo debe estar en 8,0 (línea verde “LSE”) y realmente está en $LSC=7,88$ (línea roja), está cumpliendo con lo requerido, por encima de 8,0 estaría incumpliendo con la especificación.

La idea es que los límites de control sirvan de colchón para controlar el proceso y tomar acciones correctivas y preventivas para que nunca el proceso llegue a los límites de especificación, pues si el proceso se sale de las especificaciones se debe reprocesar o parar el proceso.

Tipos de cartas de control o gráficos de control - Types of control charts or Graphics control

Hay dos tipos de cartas de control o gráficos de control, las cartas o gráficos de control por variables y las cartas o gráficos de control por atributos.



Cartas de control por variables: Este tipo de cartas de control, se aplica para variables de tipo cuantitativo, donde se obtienen los resultados utilizando un instrumento de medida y las medidas se encuentran dentro de un intervalo, por ejemplo: tiempo, acidez, temperatura, peso, entre otros.

Cartas de control por atributos: Este tipo de cartas de control, se aplica para variables de tipo cualitativo, donde se evalúa la característica de interés a través de los sentidos, por ejemplo: textura, forma, color, sabor, olor, entre otras.

Tipos de Cartas de control o gráficos de control por variables de tipo cuantitativo

$\bar{X}$: Controla el centramiento de la variable utilizando la media aritmética.

R : Controla la dispersión de la variable utilizando el rango.

σ : Controla la dispersión de la variable utilizando la desviación estándar.

Tipos de Cartas de control o gráficos de control por variables de tipo cualitativo

p : Controla la fracción o porcentaje **defectuoso** por muestra, el tamaño de muestra puede variar.

np: Controla el número de **defectuoso** por muestra, el tamaño de muestra debe ser constante.

c : Controla el número de **defectos** por muestra, el tamaño de muestra debe ser constante.

u : Controla el promedio de **defectos** muestra, el tamaño de muestra puede variar.

A un solo producto se le pueden evaluar tanto variables cuantitativas como cualitativas, por ejemplo las características de calidad a evaluar en una botella pueden ser:

Variables de tipo cuantitativo: Peso, diámetro, altura, volumen, entre otros.

Variables de tipo cualitativo: forma, color, ubicación de la etiqueta, despicada entre otros.

Indicadores de Capacidad de proceso - Process capability indicators –

- **Índices a corto plazo Cp y Cpk**
- **Índices a largo plazo Pp y Ppk**
- **Indicador de capacidad de proceso PPM**
- **Índice para variables cualitativas o atributos DPMO**

Los indicadores de capacidad de proceso evalúan si el proceso tiene capacidad para producir los resultados que sean conformes con las especificaciones de manera coherente y para estimar la cantidad de productos no conformes que pueden esperarse en el proceso.



Indicador de Capacidad de Proceso a corto plazo - Process Capability Indicator short term “Cp y Cpk”

Capacidad de Corto plazo: Se calcula a partir de muchos datos tomados durante un periodo corto, para que no haya influencias externas en el proceso, por ejemplo: cambios importantes de temperatura, turnos, operadores, materia prima, o con muchos datos de un periodo largo, pero calculando a σ con el rango promedio ($\sigma=R/d2$), este cálculo de σ no considera los desplazamientos del proceso a través del tiempo.

Indicador de Capacidad de Proceso - Process Capability índices Cp

La capacidad de proceso Cp, es un indicador de la habilidad potencial que tiene el proceso para cumplir con las especificaciones de diseño.

$$Cp = \frac{\text{Variación permitida o especificada}}{\text{Variación actual del proceso}} = \frac{(LSE - LIE)}{6\sigma_{\text{estimada}}}$$

Cp es una comparación entre la variación actual del proceso y la variación permitida por las especificaciones.

Interpretación del indicador de la capacidad potencial del proceso Cp

Si $Cp \geq 1.33$ significa que la variación actual del proceso, es menor a la variación permitida o especificada, por tanto, **el proceso cumple satisfactoriamente las especificaciones.**

Si $1.33 > Cp \geq 1.0$ significa que la variación actual del proceso, es igual a la variación permitida o especificada, por tanto, **el proceso es considerado aceptable**, no cumple satisfactoriamente las especificaciones. Se debe continuar el control del proceso.

Si $Cp < 1.0$ significa que la variación actual del proceso, es mayor a la variación permitida o especificada, por tanto, **el proceso es considerado Inadecuado**, no cumple las especificaciones establecidas. Debe hacerse mejoramiento.

Indicador de Capacidad de Proceso - Process capability índices Cpk

La capacidad de proceso Cpk, es una medida de la forma en que el proceso está desempeñándose realmente con respecto a un valor y una tolerancia de destino. Este índice toma en cuenta las dos especificaciones, la variación y el centrado del proceso.



Cpk = Valor mínimo entre { Cpi , Cps } donde $Cpi = (\bar{X} - LIE)/3\sigma'$; $Cps = (LSE - \bar{X})/3\sigma'$

- El índice Cpi, Indica si el proceso cumple con la especificación inferior de una característica de calidad.
- El índice Cps, Indica si el proceso cumple con la especificación superior de una característica de calidad.
- El índice Cpk (que es el valor mínimo entre el Cpi y Cps) es igual al índice unilateral más malo, por lo que si el valor del Cpk es satisfactorio, eso indicará que el proceso en realidad es capaz. Si no es satisfactorio, no cumple con por lo menos una de las especificaciones.
- Si se tiene solo una especificación, Cpk será igual a Cpi o Cps según la especificación establecida en el proceso.

Interpretación del indicador de capacidad real del proceso Cpk

Si **Cpk ≥ 1.33** significa que la variación actual del proceso, es menor a la variación permitida o especificada, por tanto, **el proceso cumple satisfactoriamente las especificaciones.**

Si **$1.33 > Cpk \geq 1.0$** significa que la variación actual del proceso, es igual a la variación permitida o especificada, por tanto, **el proceso es considerado aceptable**, no cumple satisfactoriamente las especificaciones. Se debe continuar el control del proceso.

Si **Cpk < 1.0** significa que la variación actual del proceso, es mayor a la variación permitida o especificada, por tanto, **el proceso es considerado Inadecuado**, no cumple las especificaciones establecidas. Debe hacerse mejoramiento.

Indicador de Capacidad de Proceso a largo plazo - Process Capability Indicator short term “Pp y Ppk”

Capacidad de Largo plazo: Se calcula con muchos datos tomados de un periodo largo para que los factores externos influyan en el proceso. En este caso, σ será estimada por la desviación estándar de todos los datos ($\sigma=S$).

Por lo general, para designar a los índices calculados con la desviación estándar de largo plazo se les designa con Pp en lugar de Cp, Ppk en lugar de Cpk y así con los demás índices cuya letra inicia con C se sustituye por la P. Es decir, el Pp se calcula de igual forma que el Cp, la diferencia es la forma en que se calculó la desviación estándar: Largo plazo para Pp y corto plazo para Cp.

Indicador de capacidad de proceso PPM (Partes Por Millón defectuosas)

Centro de Ingeniería de la Calidad - www.cicalidad.com

Calle 26 Norte #5AN-54 Cali – Colombia. Teléfono: (572) 6515188



El índice PPM, indica las unidades de producto que salen fuera de especificación por cada millón de unidades producidas. El PPM también se usa para inspección cualitativa de defectos.

$$PPM = \frac{\text{Total de artículos defectuosos}}{\text{Total de artículos inspeccionados}} * 1\,000.000$$

Indicador de capacidad de proceso DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades)

El índice DPMO se aplica para medir la calidad de características cualitativas, donde se evalúan defectos.

$$DPMO = \frac{\text{Total de defectos encontrados}}{\text{Total de oportunidades de defecto}} * 1\,000.000$$

Por ejemplo: Si se inspeccionan 5 camisas, donde se evalúan 4 tipos de defectos (de costura, cuello, botones y puño) y se registran los siguientes resultados:

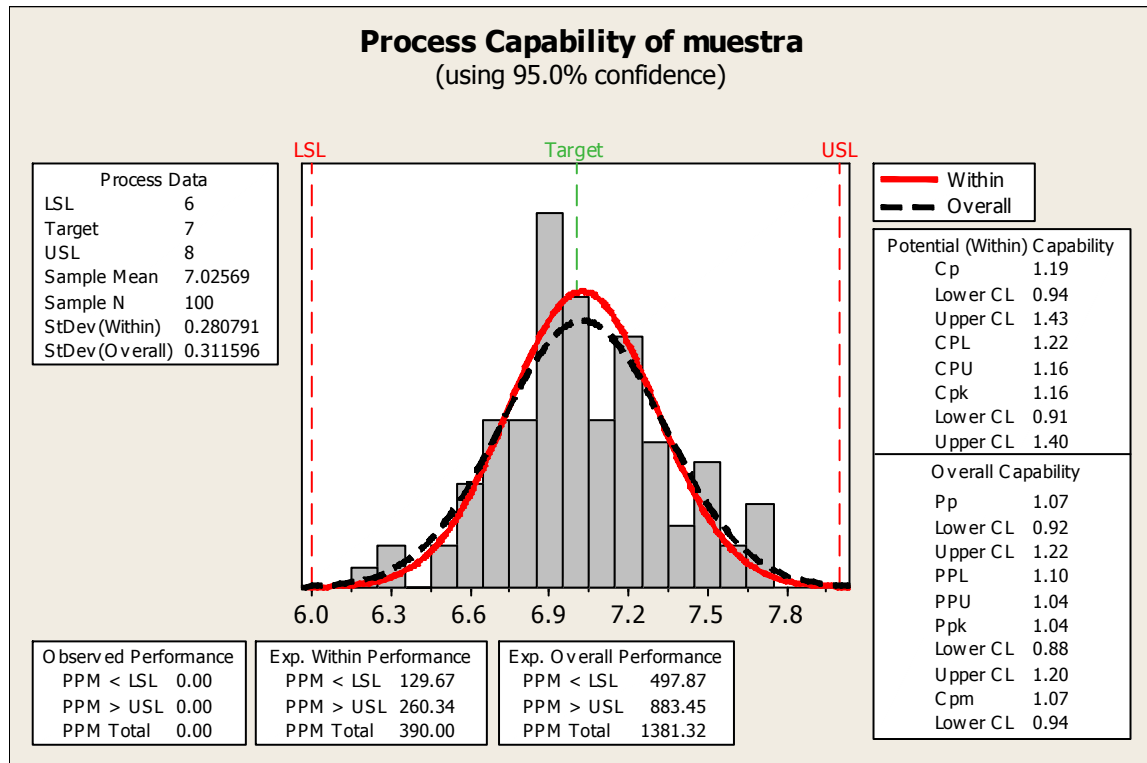
# de Camisa	Costura	Cuello	Botones	Puño
1				
2		X	X	
3			X	
4		X		
5		X	X	

En la tabla se ilustra con una “X” el defecto encontrado en cada una de las 5 camisas, para un total de 6 defectos encontrados en las 5 camisas, el total de oportunidades de defecto en la muestra es número total de camisas inspeccionadas*número total de tipos de defecto evaluados = 5*4 = 20.

Para calcular el índice:

$$DPMO = \frac{\text{Total de defectos encontrados}}{\text{Total de oportunidades de defecto}} * 1\,000.000 = \frac{6}{20} * 1\,000.000 = 300.000$$

En la siguiente gráfica se ilustra el cálculo con el paquete estadístico Minitab, de indicadores de capacidad de proceso a corto y a largo plazo, Cp, Cpk, Pp, Ppk respectivamente y el PPM.



Según los resultados del análisis el proceso es aceptable, los indicadores de capacidad de proceso a corto y largo plazo están por encima de 1,0. Según el indicador PPM por cada millón de unidades producidas se espera obtener 1.381 unidades defectuosas.

Comparación entre Cp y Cpk

- El índice Cpk siempre va a ser menor o igual que el índice Cp. Cuando sean muy próximos, eso indicará que la media del proceso está muy cerca del punto medio de la especificación central o nominal.
- Si el valor del índice Cpk es mucho más pequeño que el Cp, nos indicará que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones.
- Valores de Cpk igual a cero o negativos, indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones.
- Cuando $C_p = C_{pk}$ el proceso está centrado.
- Cuando $C_p > C_{pk}$ es necesario centrar el proceso.



Todas las fórmulas que hemos visto para los índices de capacidad están orientadas para variables de tipo continuo, en las que para cada producto, muestra o pieza inspeccionada se obtiene una medición numérica que refleja su calidad.

¿Para qué sirve el cálculo de indicadores de capacidad de proceso?

Las medidas de capacidad de proceso como C_p y C_{pk} documentan y ayudan a lograr el cumplimiento y el mejoramiento en la calidad del producto.

Las plantas deberán medir la variación del proceso y producto, y utilizar esta información para resaltar la necesidad de un análisis más profundo (por ejemplo, diseño de experimentos) y luego reducir o eliminar las fuentes de variación.

Identificar e implementar mejoras al proceso basándose en las medidas de capacidad de proceso; verificando acciones correctivas para resultados menores a uno.

Deberá implementarse un proceso documentado para mejorar la capacidad de proceso, tomando acciones preventivas dando un seguimiento al proceso y analizando los resultados.

Endurecer los criterios de aceptación C_{pk} para reducir la variación de manera continua.

¿Cómo y cuándo debemos aplicar los índices de capacidad de proceso?

Los gerentes y el personal deberán comprender y definir las medidas de capacidad de proceso de la siguiente manera:

- Identificar las características y parámetros a medir.
- Los datos medidos deberán tener una meta y tolerancia definidas.
- Establecer estabilidad de proceso.
- Los procesos deberán medirse para verificar que se ajusten consistentemente a parámetros predeterminados (o límites de control) y que existan medidas correctivas para condiciones fuera de control.

Un proceso debe estar en control antes de poder evaluar su capacidad.

- Un proceso está en control cuando solo esta siendo afectado por variaciones naturales o aleatorias.
- Se debe tener las especificaciones de la característica a controlar.
- Se deben calcular los índices de capacidad de proceso (C_p , C_{pk}).
- Tanto C_p como C_{pk} pueden emplearse para tolerancias bilaterales.
- Sólo es posible usar C_{pk} cuando la tolerancia y la especificación tienen un solo límite (ya sea un límite de especificación superior o inferior).

Centro de Ingeniería de la Calidad - www.cicalidad.com

Calle 26 Norte #5AN-54 Cali – Colombia. Teléfono: (572) 6515188



- Si los indicadores de capacidad de proceso son inferiores a uno, el gráfico de control se debe llevar a planta con los límites de especificación y se controla el proceso con estos límites por lo menos tres meses.

Después de tres meses de control con las especificaciones se calculan de nuevo los indicadores de capacidad de proceso, si están por encima de 1,33 se calculan los límites de control y se empieza a controlar el proceso con los límites de control, que servirán de colchón para no llegar a las especificaciones y tener que parar el proceso.

¿Cómo detectar variables críticas del proceso?

Una variable puede definirse como crítica en términos Estadísticos o crítica en términos del proceso productivo:

- Se define una variable como crítica en términos Estadísticos, cuando los indicadores de capacidad de proceso C_p y/o C_{pk} son inferiores a uno.
- Se define una variable como crítica en términos del proceso productivo, cuando la variable o característica controlada pone en riesgo la calidad del producto o del proceso.
- Se deben llevar gráficos de control solo para las variables que se consideran críticas ya sea en términos estadísticos o en términos de riesgo para el proceso o producto.

Referencias

1. ESCALANTE, Edgardo. Análisis y mejoramiento de la calidad. Limusa Noriega Editores. Primera edición año 2006.
2. GRZYNA, Frank M., CHUA, Richard C.H., DEFEIO, Joseph A. Método Juran Análisis y planeación de la calidad, Editorial Mc Graw Hill, 2007, quinta edición.
3. GUTIERREZ P., Humberto, De La Vara, S., Roman. Control estadístico de Calidad y Seis Sigma, Editorial Mc Graw Hill, México, 2009
4. GUTIERREZ P., Humberto. Calidad Total y Productividad, Editorial Mc Graw Hill, México, 2010
5. HARRINGTON, H. James. Poor quality cost. ASQC Quality Press
6. JOURNAL OF QUALITY TECHNOLOGY. American Society for Quality ASQ
7. JURAN, J.M. Y GRZYNA F.M. Análisis y planeación de la calidad. Tercera edición. Mac Graw Hill. México 1994.
8. JUSE Problem solving research group. TQC solutions. The 14-Step Process. Vol I y II. Productivity Press. USA 1991
9. MONTGOMERY, Douglas. Control estadístico de la calidad. Tercera edición, Grupo editorial LIMUSA S.A., México 2004
10. QUALITY ENGINEERING REVIEW. American Society for Quality ASQ
11. QUALITY PROGRESS REVIEW. American Society for Quality ASQ
12. VINASCO I. Luz Elena. Guía de laboratorios “Control Estadístico de Procesos”, Sello Editorial Javeriana, Cali, Colombia, 2010.



Sobre la autora:

Nombre: Luz Elena Vinasco Isaza

Cargo: Gerente de Educación Virtual - Centro de Ingeniería de la Calidad

e-mail: levinasco@cicalidad.com

Títulos académicos:

Estadística – Universidad del Valle – Colombia

Magíster en Ciencias – Universidad Nacional de Colombia

Especialista en Creación de ambientes virtuales de aprendizaje – *Virtual Educa* - Argentina

Especialista en Métodos Avanzados de Estadística aplicada – *UNED* - España

Experiencia como consultora estadística en el área de calidad: 12 años de experiencia en consultoría y entrenamiento en la industria, áreas de mejoramiento continuo y aplicación de métodos estadísticos en empresas como:

Sucromiles S.A., Colgate Palmolive, Smurfit Cartón de Colombia, Nabisco Royal Inc., Rica Rondo S.A., Ingenio Providencia, Aluminio Nacional – Alúmina, Productos el Cid, Grasas S.A., Colombina S.A., Tecnoquímicas, Open Systems, EPSA, Centelsa, Banco de Occidente.

Experiencia docente Universitaria en pregrado y posgrado:

Facultad de Ingeniería - Pontificia Universidad Javeriana Cali - Colombia

Facultad de Ingeniería - Universidad ICESI, Cali - Colombia.

Facultad de Ciencias - Universidad del Valle, Cali - Colombia.

Experiencia en investigación: Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT.

Textos Universitarios Publicados:

Guía básica para el manejo de herramientas estadísticas con SPSS versión 16,0

Guía de laboratorios Control Estadístico de procesos

Guía de laboratorios Calidad en los Sistemas de Medición

Estadística Descriptiva con Minitab versión 15,0

Centro de Ingeniería de la Calidad

www.cicalidad.com

Centro de Ingeniería de la Calidad - www.cicalidad.com

Calle 26 Norte #5AN-54 Cali – Colombia. Teléfono: (572) 6515188