

CONTROL DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD

GESTIÓN DE LA CALIDAD

Por:

MIGUEL ÁNGEL SUÁREZ CABRERA

Índice

1. Justificación del Control de Calidad
2. Herramientas para el Control de Calidad
3. Gráficos X-R
4. Gráficos p y np
5. Capacidad del Proceso (Cp)
6. Preguntas propuestas al Modulo 4
7. Lecturas complementarias

4.1. Justificación del Control de Calidad

A lo largo de este siglo, el enfoque que se ha adoptado acerca del concepto de Calidad y la importancia otorgada a la misma como factor competitivo clave ha variado. Así, tal como se estudió en el Módulo I, la concepción del término Calidad ha evolucionado desde la mera inspección o verificación del producto a la moderna idea de Calidad como mejora continua de la empresa, de sus productos/servicios y procesos.

Sin embargo, esta evolución no ha traído consigo que las técnicas y herramientas de etapas "obsoletas" hayan sido marginadas, sino que más bien han adquirido la forma de medios para cumplir el fin de satisfacer al cliente al coste mínimo para la organización. Por ello, el Control de Calidad, entendido éste como el conjunto de medidas operativas encaminadas a inspeccionar el cumplimiento de unas especificaciones de producto/servicio o proceso, no ha desaparecido en el actual enfoque de la Calidad sino que se sigue empleando para alcanzar y mantener la mejora.

Con el Control de Calidad la empresa pretende conocer si los procesos de producción son capaces de generar, no sólo en un momento estático del tiempo sino de forma dinámica, productos/servicios que cumplan con las especificaciones para ellos establecidas. Para realizar este examen, en el Control de Calidad se utilizan Gráficos de Control.

4.2. Herramientas para el Control de Calidad

El Control de Calidad hace uso de los Gráficos de Control como principal técnica para conocer los efectos que los cambios en diversos factores de producción (personas, materiales, métodos, máquinas e instalaciones, etc.) ocasionan sobre las características de los productos y servicios.

El Control de Calidad parte de la premisa de que todo resultado de un proceso está sujeto a una **variación natural** debida a multitud de causas difícilmente controlables por la empresa y cuyos efectos son individualmente poco importantes. Sobre estos aspectos es complicado actuar. Sin embargo, no lo es sobre aquellas **causas especiales** que ocurren esporádicamente y que generan cada una de ellas importantes alteraciones en los resultados de los procesos. El Control de Calidad persigue detectar los efectos de estas causas con el fin de corregirlos y, posteriormente, eliminar dichas causas de variación no naturales.

El propósito de construir un Gráfico de Control es determinar si los valores obtenidos al medir ciertos atributos de un producto o servicio (longitud, peso, resistencia a la presión, tiempo, etc.) o de un proceso son normales o anormales. O lo que es lo mismo, el Gráfico de Control nos dice si la organización, una vez ha diseñado un proceso, lo está manteniendo en una situación de control gracias a una estandarización (o normalización) correcta. De ser así, no deberían presentarse valores anormales o no conformes al efectuar las mediciones. Si por el contrario, con el Gráfico de Control se visualizasen valores que incumplen los límites establecidos, debe haberse producido alguna alteración en el proceso que se pretendía estandarizar y es menester, por tanto, investigar la causa y adoptar las medidas pertinentes.

Es función de los jefes de línea o de los propios operarios el tomar los valores y representarlos en un Gráfico de Control, conocer si son admisibles o no los resultados y actuar en consecuencia, parando el proceso y estudiando las causas de no conformidad o dejándolo continuar si los resultados son correctos.

Los Gráficos de Control varían según la clase de datos que contienen. Algunos datos adoptan la forma de valores continuos (todos los posibles dentro de un intervalo) como por ejemplo las mediciones en piezas individuales (en mm) o los tiempos de atención al público en un comercio (en minutos). En estos casos hablamos de variables no discretas o continuas. En otras ocasiones los valores que medimos están basados en un recuento, tales como el número de piezas defectuosas de un lote o la cantidad de defectos de una sola pieza. Bajo estas circunstancias las variables adquieren la denominación de variables discretas.

Los Gráficos de Control que se utilizan en las mediciones de valores continuos son los **Gráficos X-R**. Para el segundo de los casos, esto es, valores discretos, el gráfico a emplear será el **Gráfico p** o **Gráfico np**.

En los siguientes apartados de este Módulo IV se explica en detalle la finalidad y forma de construir e interpretar estos tipos de gráficos.

4.3. Gráficos de variables continuas (X-R)

El Gráfico de Control X-R es el más común de los gráficos referentes a valores continuos. Su nombre se debe a que estos gráficos representan por un lado los valores medios obtenidos al medir las características del proceso (X) y por otro el recorrido o amplitud de las muestras tomadas (R).

Su gran utilidad reside en que permite ver variaciones tanto en la media como en la dispersión del proceso. Por lo que lo hace muy eficaz a la hora de determinar anomalías en el mismo.

El fundamento teórico que reside bajo este tipo de gráficos es el que establece el Teorema Central del Límite que dice que si tomamos muestras lo suficientemente grandes de un proceso y obtenemos la media de los valores, ésta tenderá a distribuirse como una distribución normal de media igual a la de la población y varianza igual a la de la población dividida entre la raíz cuadrada del tamaño muestral. De esta manera se pueden establecer unos límites entre los que se tienen que encontrar la mayor proporción de valores generados por un proceso en condiciones normales. La siguiente tabla muestra algunos ejemplos:

Valores límites	Porcentaje de valores incluidos dentro del área
$X \pm 1\sigma$	68,26%
$X \pm 2\sigma$	95,44%
$X \pm 3\sigma$	99,73%
$X \pm 6\sigma$	99,9999998%

Esta tabla nos indica que si tomamos una muestra del proceso y obtenemos el valor medio, en el 99,73% de los casos este valor tiene que encontrarse dentro del límite $X \pm 3\sigma$. En caso contrario esto significará que ciertas **causas especiales** (factores tales como fallos en maquinarias, despistes en las personas, alteración de los métodos de trabajo, etc.) han desestabilizado el proceso y están conduciendo a que los resultados del mismo no cumplan los requisitos.

Para construir un Gráfico X-R hay que dar los siguientes **pasos**:

1. Reunir los datos mediante la medición de las características del proceso que se trate. Habitualmente se requieren más de 100 datos, debiendo tomarse sobre el proceso que se utiliza habitualmente y estando actualizados.
2. Agrupar los datos según la muestra a la que pertenezcan (datos diarios, datos por empleado, datos por lotes, etc.). El número de muestras se designa con la letra k y el tamaño de cada muestra con la letra n .
3. Registrar los datos en una planilla, donde se haga sencillo posteriormente calcular las medias y los recorridos de cada muestra k de tamaño n .
4. Hallar la media (\bar{x}) para cada una de las k muestras así como su recorrido (R), sabiendo que \bar{x} = suma de los valores de x / n y que R = $x(\text{valor mayor}) - x(\text{valor menor})$.
5. Hallar la media general ($\bar{\bar{x}}$) como la suma de las medias de cada muestra dividida entre el número total de muestras k .
6. Obtener el valor medio del recorrido (R) sumando los recorridos de cada muestra y dividiendo entre el número total de muestras k .

7. Calcular las límites de control del proceso utilizando la siguiente fórmula y tabla:

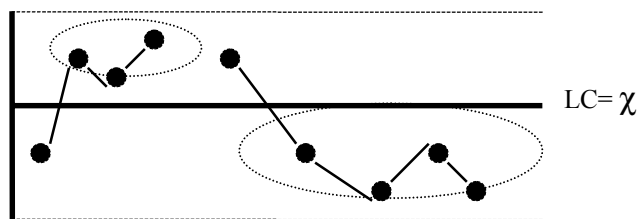
Gráfico X		Gráfico R	
Línea Central LC = \bar{x}		Línea Central LC = R	
Límite de Control Superior LCS = $\bar{x} + A_2R$		Límite de Control Superior LCS = D_4R	
Límite de Control Inferior LCI = $\bar{x} - A_2R$		Límite de Control Inferior LCI = D_3R	
n	A ₂	D ₄	D ₃
2	1.88.	3.267	0
3	1.023	2.575	0
4	0.729	2.282	0
5	0.577	2.115	0
6	0.483	2.004	0
7	0.419	1.924	0.076
8	0.373	1.864	0.136
9	0.337	1.816	0.184
10	0.308	1.777	0.223
12	0.266	1.716	0.284
14	0.235	1.671	0.329
16	0.212	1.636	0.364
18	0.194	1.608	0.392
20	0.180	1.586	0.414

8. Construir el Gráfico de Control X-R teniendo en cuenta que la línea central es una línea continua y los límites de control superior e inferior son discontinuas. Para representar los valores de las medias se utilizan puntos y para los valores de los recorridos se emplea una cruz.
9. Escribir en el gráfico la información necesaria para su identificación: valor de k y de n , índole de los datos, periodo de recogida de los datos, responsable, instrumentos empleados.

Una vez construido el gráfico es preciso disponer de unos criterios que permitan **interpretar los resultados** obtenidos. De esta forma, cuando un proceso de producción se encuentra BAJO CONTROL se dan dos circunstancias simultáneas:

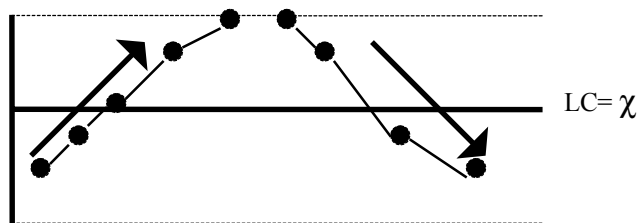
- Todos los valores representados caen dentro de los límites de control.
- Los valores no siguen un patrón particular de agrupamiento.

Por tanto, sabremos que el proceso esta FUERA DE CONTROL o lo que es lo mismo, se están produciendo anomalías, si algunos puntos están fuera de los límites de control (lo que incluye puntos sobre los propios límites) o los valores representados asumen una forma particular, aún cuando todos estén dentro de los límites de control. Algunos ejemplos de este último caso se representan en las siguientes figuras:



Ciclos (de 3 y de 4)

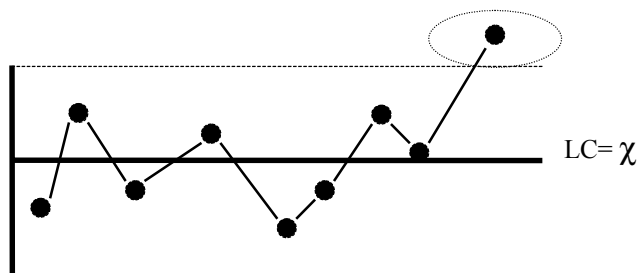
Los puntos se alinean solamente a un lado de la línea central. La cantidad de puntos que lo constituyen se denomina amplitud del ciclo. Si hay una longitud de 7 puntos concluiremos que el proceso está fuera de control. Aun cuando la longitud sea menor de 6, si de un total de 11 puntos diez caen de un solo lado o de un total de 14 puntos 12 en un solo lado, existen anomalías en el proceso.



Tendencias

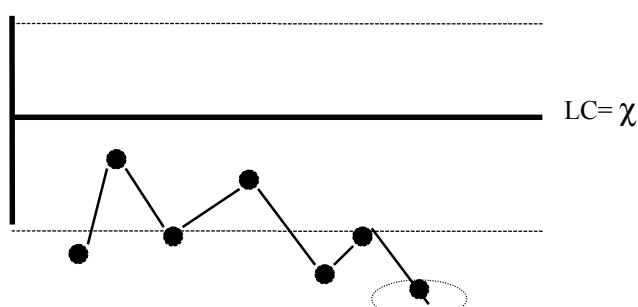
Los puntos siguen un patrón de ascenso o descenso continuo. Si hay 7 puntos seguidos en ascenso o descenso concluiremos que el proceso está fuera de control. A menudo ocurre que los puntos sobrepasan los límites de control antes de llegar a 7.

También son procesos fuera de control los que se representan a continuación:



Uno de los puntos se sale del LCS. Es necesario investigar la causa del mal resultado obtenido.

Valor por encima del límite de Control Superior



Uno de los puntos se sale del LCI. Es necesario investigar la causa del mal resultado obtenido.

Valor por debajo del límite de Control Inferior

4.4. Gráficos de variables discretas

Este tipo de gráficos pretende controlar los procesos cuando lo que se está midiendo son valores discretos (número de defectos, porcentaje de fallo en una máquina, número de timbres antes de coger el teléfono en un Banco, etc.).

Para este tipo de variables se utilizan dos Gráficos de Control:

- a) Gráfico p: los valores de la variable muestran proporciones (p.e. proporción de piezas defectuosas en un lote). Se utiliza cuando el tamaño de la muestra no es constante.
- b) Gráfico np: los valores de la variable indican valores absolutos (p.e. número de envíos con errores de dirección al redactar una mailing comercial).

Gráficos p

Los pasos a dar para la construcción de este tipo de gráficos son en general los mismos a los descritos en el caso de Gráficos de medias y recorridos (X-R).

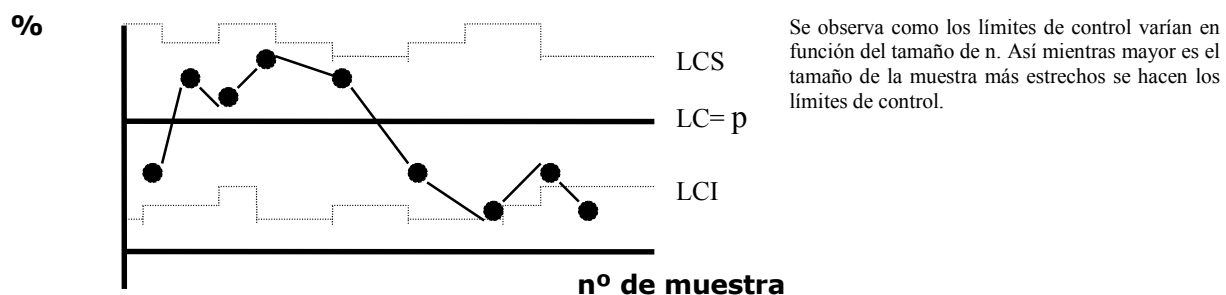
1. Recopilar los datos, obteniendo la mayor cantidad posible de datos. Al menos se necesitará que k sea igual a 20 y que cada n sea igual o superior a 50.
2. Representar los datos en una planilla donde figure el número de muestra, el tamaño de la muestra y el número de defectuosos y donde sea sencillo hacer los cálculos de proporción de defectuosos dentro de cada una de las muestras k .
3. Obtener la proporción (p) de defectuosos dentro de cada muestra utilizando la siguiente fórmula: n° de defectuosos/tamaño de la muestra. Para indicarlo en tantos por cien multiplicar por 100.
4. Hallar la proporción de defectuosos promedio (\bar{p} = suma de las proporciones por muestra/número k de muestras). Esta cifra será la línea central del Gráfico de Control.
5. Obtener los límites superior e inferior del gráfico teniendo en cuenta que los límites (para tres desviaciones típicas o 3σ) se obtienen utilizando las siguientes expresiones:

Límite de Control Superior LCS = $\bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$

Límite de Control Inferior LCI = $\bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$

Como puede verse, en este tipo de gráficos el valor de los límites no es constante sino que se encuentra en función del tamaño de n .

6. Trazar las correspondientes líneas del Gráfico p y representar los valores obtenidos. Para su interpretación se deben seguir los criterios establecidos en la sección de Gráficos X-R.



Gráficos np

Para representar este tipo de gráficos se deben seguir los mismos pasos descritos para el Gráfico p, resolviendo la única diferencia en las expresiones a utilizar para obtener los límites de control superior e inferior (LCS y LCI).

$$LCS = p + FORMULA$$

$$LCI = p - FORMULA$$

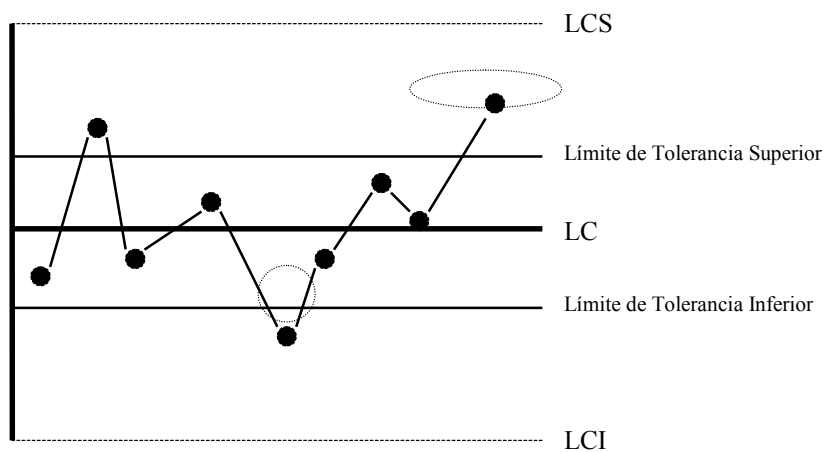
4.5. Capacidad del Proceso

Se dice que un proceso es **Capaz** cuando los límites de variación natural permanecen dentro de las tolerancias o especificaciones establecidas por la empresa (normalmente por el departamento de diseño).

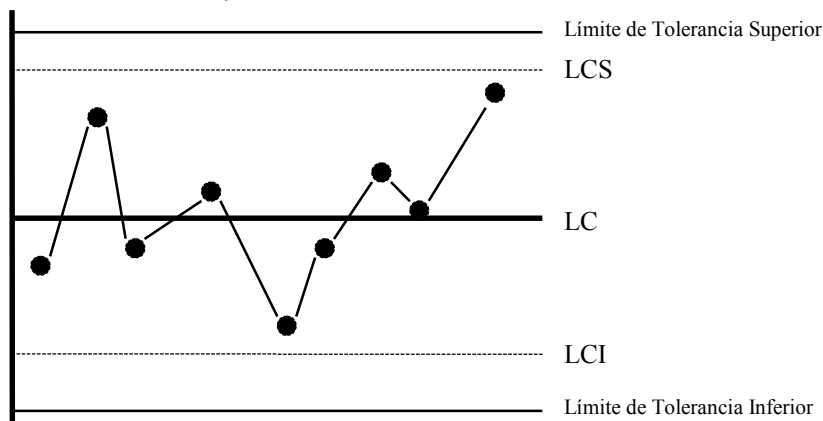
Es posible que un proceso se encuentre bajo control en el sentido que no existan causas que generen variaciones especiales en los resultados, sin embargo esto no implica necesariamente que el proceso esté cumpliendo con las especificaciones programadas para el producto o servicio, o dicho en otras palabras, que sea capaz.

Veamos estos conceptos de una manera gráfica que con toda seguridad aclararán en mayor medida las ideas:

Proceso BAJO CONTROL pero NO CAPAZ.



Proceso BAJO CONTROL y CAPAZ.



Para poder determinar si un proceso es capaz lo primero que debe hacerse es ponerlo bajo control, esto es, eliminar las causas especiales de variación. Luego, podemos obtener la capacidad del proceso mediante el cociente entre el intervalo de tolerancia y el intervalo de variación natural (este último normalmente de $\pm 3 \sigma$ o, lo que es lo mismo, 6 sigma). A este cociente se le conoce como C_p .

$C_p = \text{Intervalo de tolerancias (tolerancia superior - tolerancia inferior)} / 6\sigma$

Si este cociente es inferior a la unidad significa que la variabilidad natural del proceso genera productos/servicios que se salen fuera de los límites de tolerancia. Es decir, aún cuando el proceso esté actuando bajo condiciones normales y esté controlado, se producen incumplimientos de las especificaciones (defectos).

Si el cociente es igual a la unidad quiere decir que el 99,73% de los outputs del proceso cumplen con las especificaciones, pero que un 0,27 % no lo hace. Ello implica que aunque sea en menor medida que en el caso anterior se siguen produciendo defectos.. Quizás este valor en términos relativos parezca pequeño pero en términos absolutos las cosas parecen cambiar. Así en EE.UU. una capacidad del proceso igual a la unidad implica que correos pierde 20.000 cartas cada hora, o que cada semana se realizan 5.000 intervenciones quirúrgicas erróneas o que cada mes hay 7 horas de cortes de electricidad. Por este motivo el objetivo debe ser reducir la variabilidad natural del proceso.

Si el cociente adquiriese un valor de 1,33 querría decir que el 99,994% de los outputs del proceso son conformes a las especificaciones (se encuentran dentro de las tolerancias). El número de defectos generados por causas naturales del proceso pasaría a ser de 60 unidades por millón de output (producto o servicio).

Si el cociente tomase un valor de 2, el 99,9999998% de los productos o servicios resultantes se encontrarían dentro de los límites de tolerancias. Esto quiere decir que el número de defectos esperables por billón es de 2.

4.6. Preguntas propuestas

1. Teniendo en cuenta los principios o pilares de la Gestión de la Calidad Total, ¿Dónde encuadrarías el Control de Calidad ?. ¿De que manera contribuye a esos principios o pilares de la Calidad?.
2. El Jefe de Explotación de una empresa de transporte de pasajeros le pide que como Responsable de Calidad haga un estudio del cumplimiento de los tiempos previstos de salida y llegada de las guaguas. Para ello Ud. propone conocer la variabilidad del proceso primero y determinar si está bajo control o no. ¿Que tipo de herramienta gráfica utilizaría?. ¿Por qué?.
3. La empresa de aguas de la CC.AA. Canaria está convencida de la buena calidad de sus servicio. Para demostrarlo con datos, el Gerente de la misma emite una nota a la prensa donde figura información sobre el período de espera de un nuevo usuario para conectarse a la red general. El período medio de este proceso es de 10 días, siendo las tolerancias admisibles por la empresa de ± 3 días. Entre los datos aportados, el Gerente hace alarde de un servicio excepcional ya que con el actual proceso el 95% de los usuarios es atendido dentro de ese período límite. ¿Es el proceso capaz, si el objetivo exigido por el Ayuntamiento es trabajar con una calidad de 6σ ?. En caso negativo, ¿Qué habría que hacer para que se lograra una capacidad del proceso igual a la unidad?. ¿Aseguraría esto la satisfacción del usuario?. ¿Plantea una cifra de "malos" servicios, con una capacidad del proceso igual a la unidad, teniendo en cuenta que la demanda de conexiones a la red general de aguas de abasto es de 1.500.000 solicitudes al año?.

4. Construir un gráfico de control para un proceso del que se han extraído los siguientes datos:

muestra	peso en gramos de la caja de cereal (datos por horas de medición)				
	06:00	10:00	14:00	18:00	22:00
1	14.0	12.6	13.2	13.1	12.1
2	13.2	13.3	12.7	13.4	12.1
3	13.5	12.8	13.0	12.8	12.4
4	13.9	12.4	13.3	13.1	13.2
5	13.0	13.0	12.1	12.2	13.3
6	13.7	12.0	12.5	12.4	12.4
7	13.9	12.1	12.7	13.4	13.0
8	13.4	13.6	13.0	12.4	13.5
9	14.4	12.4	12.2	12.4	12.5
10	13.3	12.4	12.6	12.9	12.8
11	13.3	12.8	13.0	13.0	13.1
12	13.6	12.5	13.3	13.5	12.8
13	13.4	13.3	12.0	13.0	13.1
14	13.9	13.1	13.5	12.6	12.8
15	14.2	12.7	12.9	12.9	12.5
16	13.6	12.6	12.4	12.5	12.2
17	14.0	13.2	12.4	13.0	13.0
18	13.1	12.9	13.5	12.3	12.8
19	14.6	13.7	13.4	12.2	12.5
20	13.9	13.0	13.0	13.2	12.6
21	13.3	12.7	12.6	12.8	12.7
22	13.9	12.4	12.7	12.4	12.8
23	13.2	12.3	12.6	13.1	12.7
24	13.2	12.8	12.8	12.3	12.6
25	13.3	12.8	12.0	12.3	12.2

¿Está el proceso de llenado de cajas de cereales sometido exclusivamente a variaciones por causas naturales?. ¿Es capaz el proceso si se quiere una calidad de 6 sigmas?.
 ¿Necesitas de alguna información adicional para responder a estas cuestiones?.