

9.1.- INTRODUCCIÓN

Un ingrediente básico en la concepción actual del control de calidad es la utilización masiva del método científico y en concreto de la estadística, en la planificación de recogida y análisis de los datos necesarios para la toma de decisiones tendentes a mejorar todos los procesos. Un control de calidad del que no se deriven actuaciones constantes para el perfeccionamiento de los sistemas no es un verdadero control de calidad.

La extensión de los conceptos de calidad a todos los procesos de la empresa comporta una revolución en los métodos de gestión. La calidad es la responsabilidad de todas las personas de la empresa y no solo del departamento de Calidad. Para que este concepto no se quede en una mera afirmación, es necesario suministrar herramientas a todo el personal para que pueda integrarse en las tareas de control integral de la calidad. Ello requiere incrementar los esfuerzos en formación de todo el personal y sobre todo formación a partir del propio trabajo cotidiano.[22]

Durante mucho tiempo, calidad y productividad han sido considerados conceptos antagónicos. La causa más importante de este malentendido es considerar que para mejorar la calidad hay que aumentar los niveles de inspección. La inspección es una actividad no productiva, debida a la falta de calidad en la fabricación y cuya necesidad disminuye al mejorar ésta; la inspección no crea calidad en los productos, se limita a certificar si existe.

La calidad sólo puede obtenerse con un control de todas las fases del proceso de fabricación, desde el diseño hasta la recepción por el cliente.

En la concepción actual del control de calidad juegan un papel destacado el conocimiento de las necesidades y expectativas de los clientes y la participación de todo el personal de la empresa en la nueva concepción de la calidad, y como tercer pilar hay que señalar la utilización de la estadística como herramienta de análisis.

Para mejorar los niveles de calidad y productividad en una empresa es necesario algún tipo de cambio en los procedimientos empleados por la misma. La base racional para la toma de decisiones que generan los cambios precisos es la información (datos) fiable.

De este razonamiento se deriva la importancia que los métodos estadísticos tienen en el proceso de mejora de la calidad y la productividad de cualquier proceso. Esto se basa en los siguientes elementos:

- La información debe recogerse con un objetivo concreto: servir de base a decisiones de mejora de procesos.
- Los datos deben ser fiables y de calidad. De nada sirven enormes listas de datos sin información adecuada para la toma de decisiones.
- Los datos deben representar el estado actual del sistema, no el pasado. Por tanto deben recogerse de forma rápida, para que la realimentación necesaria para la acción sea lo más inmediata posible.

La eficacia de las actuaciones emprendidas para mejorar un proceso debe ser evaluadas con datos. La estadística proporciona la metodología adecuada para su recogida, su análisis y el diseño de experimentos necesario en dicha evaluación.

9.2.- DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

Todo el planteamiento inicial enlaza con la tendencia creciente hacia la prevención de los defectos frente a la detección de los mismos. El diseño de un sistema de control de calidad requiere:

- Planificar la calidad.
- Evaluar su cumplimiento.
- Tomar acciones para corregir sus desviaciones.

y sus etapas características son:

- Determinación de las características de calidad del producto, que pueden variar en función del usuario y medición de las mismas según se trate de medidas continuas, atributos, etc.
- Identificación de factores que influyen en la calidad usando técnicas como el diagrama causa-efecto.
- Determinación de los factores clave, ya que no todos los factores que afectan a la calidad tienen la misma importancia.
- Establecimiento de un sistema de control, definiendo qué características hay que controlar, cómo controlarlas y cuando controlarlas.

El objetivo del control de procesos es detectar cualquier posible desajuste susceptible de originar una disminución del nivel de calidad exigido. El método de averiguar si el proceso funciona correctamente es examinando su resultado final, es decir, controlando muestras de las unidades producidas tomadas a intervalos suficientemente breves con objeto de asegurar la debida actuación sobre las causas que provocan el desajuste.

Los indicadores de desajuste de un proceso se obtienen a partir de la aplicación de conceptos estadísticos y gráficos que permiten valorar los cambios en los valores medios y en la dispersión de los parámetros especificados como de consigna u objetivo.

9.3 PROCESOS ESTABLES. CAUSAS DE VARIACION

Todo proceso de fabricación produce variabilidad y, en consecuencia, algunos elementos resultan defectuosos. A veces estos defectos aparecen sin que sea posible atribuirlos a una causa única, siendo resultado de los efectos combinados de muchas causas. Estos defectos cuya aparición es impredecible, son debidos a causas impredecibles o aleatorias, entre las que se encuentran la materia prima, la precisión de las máquinas y de los instrumentos de medida, la destreza de los operarios y otras similares.

La característica común de las causas no asignables es que repitiendo el proceso en condiciones aparentemente análogas, producen resultados distintos.

Existen otras causas distintas que cuando actúan producen efectos previsibles y definidos, por ejemplo, un error humano, el desgaste de una máquina o un fallo en el control. Cuando cualquiera de éstas actúa, produce efectos que se pueden atribuir con certeza; por ejemplo un fallo en el control produce elementos defectuosos y, si se ajusta el sistema de control, se elimina esa causa de variabilidad. Estas se designarán como causas asignables

Todo proceso de funcionamiento regular tiene variabilidad debida a ambos tipos de causas. Las causas no asignables están presentes siempre y producen una variabilidad homogénea y continua que es constante. Las asignables sólo intervienen en determinados momentos, y producen entonces una variabilidad fuerte. Los defectos debidos a causas no asignables se presentan aleatoriamente y la aparición de un defecto no hace más probable la aparición del siguiente. Por el contrario los defectos debidos a causas asignables se mantienen hasta que se elimina la causa que los produce.

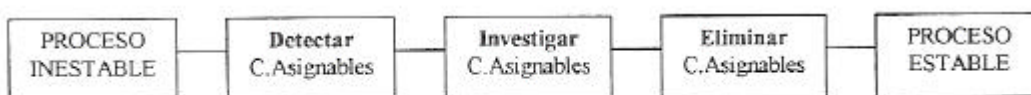
En la Tabla de la figura 9.1: "Causas de variabilidad en un proceso" se muestran las características de cada una de las causas asignables y no asignables respectivamente.

Estudiando un proceso de fabricación es posible eliminar sucesivamente las causas asignables de manera que la variabilidad restante sea debida únicamente a causas no asignables; se dice entonces que el proceso es estable, o está en estado de control. Ningún proceso es estable de manera espontánea. El responsable del proceso es quien debe detectar las causas asignables mediante el uso de técnicas estadísticas, para actuar sobre ellas, corregirlas y reconducir el proceso hacia un estado de control, dentro del marco del proceso productivo. Para reducir la variabilidad de las causas no asignables hay que actuar de forma global mediante la adecuada selección de proveedores, modificación de los métodos de trabajo, formación del personal y mejora de los recursos tecnológicos.

CAUSAS ASIGNABLES	CAUSAS NO ASIGNABLES
Constan de una o pocas causas importantes	Constan de muchas causas de variación pequeña
Aparecen esporádicamente en el proceso	Aparecen en muchos instantes del proceso
Son inestables	Son estables
Son imprevisibles	Son previsibles
Pueden desaparecer	Permanecen en el proceso

Figura 9.1

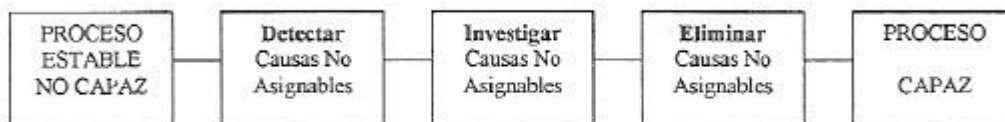
Un proceso estable es consistente. El resultado del proceso no varía en el tiempo: la media no se desvía y la dispersión no varía significativamente; se pueden predecir resultados. Es inestable aquel proceso que presenta causas asignables de variación. La mejora de un proceso inestable requiere seguir la siguiente secuencia genérica:



9.3.1.- PROCESO CAPAZ

Se puede definir capacidad de un proceso, como el rango total de variación inherente en un proceso estable. Es la variación entre el rango de especificaciones admitido como aceptable y la dispersión del proceso. Cuanto menor sea la dispersión del proceso, mayor será su capacidad.

Un proceso capaz genera productos que cumplen con las especificaciones. La secuencia genérica para conseguir un proceso capaz es la siguiente:



Una vez estabilizado el proceso y eliminadas las causas de variación, se debe realizar el estudio de capacidad y la reducción, si es preciso de las causas no asignables de variación, para conseguir que el proceso sea capaz. Los estudios de capacidad se deben abordar únicamente cuando el proceso esté bajo control y sea estable.

Determinar la capacidad del proceso requiere, en general, recoger datos de su funcionamiento en condiciones normales de operación. En procesos nuevos, puede obtenerse una información a priori de la capacidad. Suponiendo que el proceso está en funcionamiento, se tomarán datos de su producción en condiciones estándar, tratando de evitar causas asignables de variación para que el proceso esté en condiciones de control estadístico. Los datos deben tomarse durante un tiempo lo suficientemente dilatado para incluir todas las posibles causas de variación: cambios de turno, fatiga de los operarios, distintos proveedores de materia prima, etc. Un problema que puede presentarse es que durante la recogida de esta información el proceso se sitúe fuera de control porque: se modifique la media, se modifique la desviación típica o aparezcan valores extremos debido a causas asignables.

Cada una de estas causas que pueden darse además conjuntamente, al situar al proceso fuera de control, invalidaría el estudio de capacidad. Se necesita por tanto asegurarse de que el proceso ha estado en situación de control durante la recogida de datos.

9.4.-IMPLANTACION DEL SPC EN bct

El objetivo de todo proceso es producir bienes o servicios sin defectos. Esto sólo puede conseguirse si los procesos son capaces de cumplir las especificaciones. En caso contrario aparecen los defectos, provocando desechos, reproceso y reinspecciones que además de incrementar los costes imposibilitan alcanzar los requerimientos del cliente. Los estudios de capacidad de proceso se deben abordar únicamente cuando el proceso esté bajo control y estable. Es recomendable realizarlos en los siguientes casos:

- Incorporación de una nueva máquina en el proceso.
- Equipo reajustado o trasladado.
- Asignación de trabajos a cada una de las operaciones.

En el caso de bct, el cálculo de capacidad y por tanto la aplicación del control estadístico de procesos (SPC), se impone como una obligación de QS-9000, apartado 4.9.2 "Requisitos de Capacidad Preliminar de los Procesos": Se requieren estudios preliminares de capacidad de proceso para cada característica especial designada por el cliente o suministrador relativa a los nuevos procesos. Estos datos deberán cumplir los requisitos del cliente [.....] y apartado 4.9.3: Los requisitos permanentes sobre el comportamiento del proceso son definidos por el cliente. Los acontecimientos significativos del proceso (ej.: cambio de útiles, reparaciones de máquinas, etc.) deberán ser anotados en los gráficos de control.

Aunque QS-9000 considera que todos los parámetros del producto y proceso son importantes y deben ser controlados, sin embargo hay algunos que requieren una especial atención y son denominados como "especiales". Una variación excesiva en estas características podría afectar a la seguridad del producto, la conformidad con normativas gubernamentales, el montaje, la funcionalidad, la apariencia o la calidad de operaciones posteriores de fabricación.

En bct se consideran características especiales aquellas que cumplen alguno de los aspectos mencionados en el párrafo anterior y por ello se incluyen en el Plan de Control. Por supuesto no son todas las que suelen aparecer en el plano del componente en cuestión. La definición de las características que deben considerarse la hace el departamento de calidad o bien el cliente indica en sus documentos aquellas a las que se debe prestar una especial atención.

Antes de introducir el SPC, no se podía hablar de control de los procesos, sino más bien de inspección sobre las piezas producidas. A intervalos regulares de tiempo, el mismo para todas las referencias fabricadas en un momento dado, la persona de calidad encargada de estas tareas, comprobaba en cada puesto que las piezas cumplían las medidas especificadas en los Planes de Control. Estas medidas o comprobaciones realizadas no se anotaban en ninguna parte de forma que se carece de un histórico de datos, o una visión real de la evolución del proceso a lo largo del tiempo, es decir se controla la conformidad de las piezas pero cada vez que se empieza un lote de fabricación se parte de cero respecto al control del proceso: influencia del operario, variaciones producidas en la máquina después de un periodo de funcionamiento, etc.

El objetivo es implantar el control estadístico en todas las etapas de producción, no sólo por el cumplimiento de la norma sino para aprovechar las ventajas que ofrece esta técnica.

La recepción de materiales, componentes o piezas sometidas a tratamientos en el exterior se controla aplicando muestreo simple, inspección severa, según la tabla II-B de la norma MIL-STD-105.

A partir del tamaño de lote, se obtiene el tamaño de la muestra que ha de aplicarse en cada caso. El lote se aceptará si todos los elementos de la muestra están conforme a las especificaciones que aparecen en la Pauta de Inspección correspondiente, de lo contrario se rechazará dicho lote. Aunque en esta etapa también se puede aplicar control estadístico utilizando gráficos de control, puesto que la información obtenida es acerca de los procesos del proveedor y los elementos suministrados están controlados mediante muestreo, se decidió que esta fase del proceso no se incluiría en el proyecto de SPC. Esto podría suponer una mejora de cara a un futuro cercano, sobre todo si con el estudio de los procesos internos se descubre que la variabilidad producida es debida en parte, al material, componente, operación o en general parte suministrada por alguno de los proveedores.

El control estadístico constituye una herramienta de gestión y como tal tiene una serie de requisitos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de su implantación.

- **Compromiso de la Dirección.**

En bct la Dirección se comprometió en el momento que decidió que era necesario certificar la empresa según QS-9000, con todo lo que ello conlleva, proporcionando los recursos necesarios para su consecución.

- **Conocimiento de las especificaciones del producto.**

Para establecer un control estadístico es necesario que los productos que van a someterse a posteriores procesos estén perfectamente definidos. En bct la definición de los productos se hace a través de los planos que entrega el cliente, donde se indican las cotas con sus correspondientes tolerancias, tratamientos y acabados superficiales, si se trata de piezas de seguridad, características especiales, etc.

Todas estas especificaciones son las que permiten definir el proceso productivo y determinar que características son las que van a requerir de un control más exhaustivo.

- Conocimiento del proceso y sus parámetros críticos.

En esta etapa se parte con cierta ventaja por el hecho de que los procesos están definidos a priori y llevan en marcha un periodo lo suficientemente largo como para conocerlos y que funcionen en un régimen estable, es decir muchas de las causas asignables han sido eliminadas con anterioridad.

Por supuesto, cada vez que comienza la fabricación de un nuevo producto se estudia el proceso con la preparación de muestras iniciales y se crea el Plan de Control con la definición de las características especiales. Es importante destacar que en un proceso, no todos los parámetros a controlar son medibles. Existen algunas como las relativas al aspecto, acabado de la pieza, etc., que no se pueden cuantificar, y sin embargo son tan importantes como las anteriores a la hora de aceptar o rechazar un producto. Se denominan respectivamente variables y atributos, y la técnica de control estadístico aplicado a cada una de ellas es diferente. A veces las variables son controladas como atributos ya que la técnica de medida es un calibre pasa/no pasa y la información obtenida no corresponde a una variable.

Aunque no hay una metodología fija, las etapas genéricas seguidas en un proyecto de estas características son.

1.- Fijar objetivos, asignar recursos y plazos

El objetivo planteado al implantar el control estadístico en los procesos, además de cubrir un requisito de QS-9000, fue llevar a cabo una verificación de los parámetros en función de su criticidad. Hasta ahora todos los puntos reflejados en el Plan de Control, incluso todos los procesos, se comprobaban con la misma frecuencia.

Puede que haya casos en los que no sea necesario comprobar piezas con tanta frecuencia, porque el utillaje asegure las medidas, o por el contrario procesos en los que los controles establecidos no son suficientes para asegurar que se cumple el nivel de calidad exigido por el cliente. Esto supone que existe la posibilidad de estar empleando demasiados recursos por un lado y por otro, menos de los necesarios.

En cuanto a los plazos, se fijó una fecha de implantación, a partir de que las etapas de establecimiento del equipo de proyecto, formación y documentación estuvieron cubiertas.

Estas fases previas llevaron un tiempo aproximado de un mes, siendo la etapa de formación y adaptación a las características de la empresa, la más duradera.

2.- Constituir el equipo de proyecto

El Departamento de Calidad es el encargado del desarrollo y puesta en marcha de este proyecto, por supuesto contando con la colaboración de todo el personal de fabricación

3.- Formar al personal en técnicas estadísticas.

La primera fase de formación fue a nivel de los responsables del proyecto. Para ello se utilizó el Manual de Referencia de QS-9000, "Control Estadístico de Proceso (SPC)" y otros libros que trataban sobre este tema. No se recurrió a cursos externos, pues los conocimientos de estadística necesarios ya estaban cubiertos. El resto de personal implicado, recibió formación interna.

El siguiente paso fue la documentación del proceso. Para ello se creó una Instrucción de Aplicación, donde se explican los pasos a seguir hasta llegar a calcular la capacidad de un proceso.

4.- Seleccionar los procesos de implantación piloto.

Antes de empezar con la implantación total del control estadístico, se eligieron varias referencias para confirmar el procedimiento definido. Para cada una de las variables se realiza un gráfico de control, para los atributos se construye un único gráfico donde se contabilizan el número de piezas defectuosas, según aparece en la Instrucción.

En bct, los lotes de producción no son demasiado grandes, por lo que en una fabricación no se puede obtener demasiada información, ni observar tendencias, rachas o variaciones. Para poder sacar conclusiones de este tipo, son necesarios varios lotes de fabricación. Por ello la prueba piloto no duró más de unos cuantos días, ya que era preferible comenzar a implantarlo de forma generalizada.

5.- Aplicación del Control Estadístico de Procesos.

La extensión a todos los procesos del control estadístico se realiza a medida que estos se van fabricando. Cuando comienza una fase de fabricación de una referencia se preparan las hojas de variables, atributos o ambas y se colocan en el puesto correspondiente junto con la Hoja de Fase y el Plan de Control. En principio se ha acordado que se contabilizará una muestra de cinco piezas cada tres horas, hasta que se complete la primera hoja de datos.

Con el gráfico de control construido a partir de estos datos se tomarán decisiones acerca de aumentar o disminuir la frecuencia de la toma de muestras. Si antes se observa alguna anomalía se tomarán mas datos sin tener que completar antes la primera hoja.

La capacidad del proceso se calcula también con los datos del primer gráfico de control para que pueda resultar un valor significativo. Para los procesos nuevos, éste será el valor de capacidad preliminar, según aparece en el apartado 4.9.2 de QS-9000.

Para el resto de procesos corresponde a capacidad permanente, aunque se recalcula continuamente.

9.5.- BASES DE CALCULO

El Control Estadístico de Procesos lleva consigo una serie de cálculos que se detallan a continuación. Son de aplicación siempre que se ponga en marcha un nuevo proceso, o durante la fabricación en serie en procesos que ya están funcionando.

Los cálculos a desarrollar, son diferentes según se trate de variables, parámetros medibles, o atributos, características no medibles. En ambos casos la herramienta utilizada para el control estadístico de procesos y posterior estudio de la capacidad, es el Gráfico de Control.

Nota adicional: En principio, se mantendrá la nomenclatura de la QS9000, para identificar las variables y elementos aplicados en los cálculos estadísticos.

9.5.1.- GRAFICO DE CONTROL POR VARIABLES

9.5.1.1.- CONDICIONES DE APLICACIÓN.

Se utiliza para controlar variables medibles. Da información de la dispersión de las piezas y su posición. Se realiza un gráfico de control para la posición y otro para la dispersión.

9.5.1.2.-COMPROBACIONES A REALIZAR PREVIAS A LA EJECUCION.

- Definir el proceso, en función de todos los elementos que influyen en el mismo.
- Determinar las características a controlar, teniendo en cuenta:
 - Necesidades/Exigencias del cliente
 - Problemas actuales y potenciales(áreas de riesgo)
 - Correlación entre características

9.5.1.3.- PROCESOS DE INSPECCION, ENSAYO Y RECOGIDA DE DATOS

- Tamaño del subgrupo: 5 unidades(aprox.) producidas consecutivamente
- Frecuencia del subgrupo: en función del tamaño del lote y los resultados de estudios anteriores
- Número de subgrupos: se debe disponer de unas 100 medidas individuales

9.5.1.4.- CÁLCULOS

Para cada subgrupo:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

$$R = X_{mayor} - X_{menor}$$

siendo R la amplitud o recorrido.

Para el periodo de estudio I

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{k}$$

donde k, es el número de subgrupos, o lo que es lo mismo, m muestras de tamaño n cada una, utilizando el recorrido muestral para cada una de las muestras.

Cálculo de los límites de control:

$$LCS_R = D_4 \bar{R}$$

$$LCI_R = D_3 \bar{R}$$

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCI_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

donde D_4 , D_3 y A_2 son constantes que varían con el tamaño de la muestra, según la siguiente tabla:

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D ₄	3.267	2.575	2.285	2.115	2.004	1.924	1.864	1.816	1.777
D ₃	0	0	0	0	0	0.076	0.136	0.184	0.223
A ₂	1.880	1.023	0.729	0.577	0.483	0.419	0.373	0.337	0.308
d ₂	1.128	1.693	2.059	2.326	2.534	2.704	2.847	2.970	3.078

CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO (C_{pk}) :

Una vez que hemos dibujado el gráfico de control, y vemos que el proceso está bajo control, podemos calcular (aproximadamente) la capacidad del proceso. Los cálculos que se muestran a continuación se emplean cuando los datos los podemos aproximar a una distribución normal.

Como estimador del parámetro s del proceso se toma el estadístico:

$$\tilde{s} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \tilde{s}_{\bar{R}/d_2}$$

que es un estimador centrado de s. El factor de corrección d₂ de la estimación se halla tabulado en función del tamaño de la muestra. Ver valores en la tabla anterior.

(este valor indica la variación del proceso producida sólo por causas comunes)

Cuando las tolerancias superior (T_s) e inferior (T_i) son iguales:

$$Z = \frac{\bar{\bar{X}} - T_i}{\tilde{s}_{\bar{R}/d_2}} \qquad Z = \frac{T_s - \bar{\bar{X}}}{\tilde{s}_{\bar{R}/d_2}}$$

Si ambas tolerancias son diferentes:

$$Z_{inf} = \frac{\bar{\bar{X}} - T_i}{\tilde{s}_{\bar{R}/d_2}} \qquad Z_{sup} = \frac{T_s - \bar{\bar{X}}}{\tilde{s}_{\bar{R}/d_2}}$$

$$Z_{min} = \text{minimo} (Z_{inf} , Z_{sup})$$

El índice de capacidad C_{pk} se define como:

$$C_{pk} = \frac{Z_{min}}{3}$$

La letra k en el subíndice de C_{pk} se refiere al denominado *factor k*, que expresa la distancia relativa a la que la media del proceso se encuentra del objetivo o punto medio de los límites de especificación.

CUMPLIMIENTO DEL PROCESO (P_{pk})

La variación total del proceso, producida por causas comunes y especiales se puede calcular mediante:

$$s = \sqrt{\sum \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \tilde{s}_s$$

donde \bar{X} es la media de las medidas individuales y n el número total de medidas individuales .

$$P_{ps} = \frac{T_s - \bar{X}}{3 \tilde{s}_s}$$

$$P_{pi} = \frac{\bar{X} - T_s}{3 \tilde{s}_s}$$

$$P_{pk} = \min(P_{ps}, P_{pi})$$

CRITERIOS PARA LOS INDICES C_{pk} y P_{pk}

Se adoptarán los criterios definidos por el cliente o si este no establece especificaciones de capacidad se aplicarán los valores que aparecen en los "Requisitos del Sistema de Calidad" QS-9000":

- $P_{pk} = 1.67$, para procesos inestables que cumplen las especificaciones
- $C_{pk} = 1.33$, para procesos estables.

9.5.2 GRAFICO DE CONTROL POR ATRIBUTOS

9.5.2.1 CONDICIONES DE APLICACION

Los datos de tipo atributo se basan solamente en dos valores: aceptable/no aceptable, conforme/no conforme. Existen características mensurables que se registran como atributos (ej: pasa/no pasa) o simplemente características que no se pueden medir, como las relacionadas con el aspecto. Se suelen utilizar en muchas ocasiones: inspecciones, descripción de reparaciones, clasificación de piezas rechazadas. La recogida de información es rápida y poco costosa.

9.5.2.2.- COMPROBACIONES A REALIZAR PREVIAS A LA EJECUCION

- Definir el proceso, en función de todos los elementos que influyen en el mismo.
- Determinar la característica a medir, teniendo en cuenta:
 - Necesidades/Exigencias del cliente.
 - Problemas actuales y potenciales(áreas de riesgo).
 - Correlación entre características.

9.5.2.3 .- PROCESOS DE INSPECCION, ENSAYO Y RECOGIDA DE DATOS

- Tamaño del subgrupo: 50-200 unidades.
- Frecuencia del subgrupo: según el caso.
- Número de subgrupos: se debe disponer de unas 100 medidas individuales.

9.5.2.4.- CALCULOS

- n : número de unidades inspeccionadas.
- np : número de unidades no conformes detectadas.
- p : proporción de unidades no conformes, o fracción defectuosa del proceso.

Para cada subgrupo:

$$p = \frac{np}{n}$$

Para el periodo de estudio de k subgrupos:

$$\bar{p} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + \dots + n_k p_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

Los límites de control superior e inferior:

$$LCS_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \qquad LCI_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

donde el parámetro p , o fracción defectuosa del proceso, es desconocido, bien porque el proceso se halla en su etapa inicial

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

La capacidad del proceso es la medida de no conformes, p , cuando todos los puntos están bajo control. Se puede expresar también como la proporción de conformes, $1-p=q$.