

1. TEMA 2: HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Contenido del tema: Introducción. Tipos de Control. Control Estadístico de Procesos. Principales herramientas del control de calidad. Medidas características. Gráficos de control.

1.1. Introducción.

La importancia de la estadística para controlar la calidad y fiabilidad es algo que nadie pone en duda. Los juicios que no están respaldados por una buena elección y estudio de datos no deben ser tenidos en cuenta. Bajo esta filosofía de "hágalo con datos" cabe señalar la frase pronunciada por Deming quien afirmaba: "No hay conocimiento que pueda contribuir tanto a la mejora de la calidad, productividad y competitividad de las empresas como el de los métodos estadísticos".

Habitualmente se divide la Estadística entre **estadística inductiva** o **inferencial** (aquella parte que trata de extraer conclusiones de una muestra a la población) y **estadística descriptiva** o **deductiva** (cuando se trata de describir y analizar un conjunto de datos sin sacar conclusiones o inferencias acerca de la población que los ha generado).

El objetivo de cualquier control de calidad o fiabilidad se basará en la recogida de información acerca de "individuos" (que tendrán un sentido amplio como lámparas, tornillos, motores, etc) de cierto colectivo llamado **población**.

El proceso de toma de información acerca de los individuos de una población, en el campo del control de calidad, suele realizarse mediante la extracción de una parte de esa población teórica que interesa estudiar a la que se llamará **muestra**. Es importante fijar cuando se está hablando de muestra o de población. En la práctica el estudio se llevará a cabo mediante la recogida de información del proceso a partir de una muestra para lo que se utilizará un determinado **método de muestreo**. Si la muestra es representativa de una población, se podrá deducir (inferir) importantes conclusiones acerca del proceso a controlar.

Desde el punto de vista del control estadístico el interés se centrará en analizar características de calidad o fiabilidad de un producto o servicio. Estas características desde la teoría estadística serán **variables estadísticas**, que en

el caso en que sea utilizado un procedimiento de muestreo para su obtención, se llamarán **variables aleatorias**. Así, cuando estudiamos solamente un grupo de 10 probetas de acero con objeto de verificar su dureza, estaríamos hablando de variable estadística, pero en el supuesto de interesar el estudio de toda la producción de planchas de acero, si para ello seleccionamos una muestra aleatoria de 10 de estas planchas lo que tendríamos sería una variable aleatoria.

Dependiendo de la característica de calidad analizada las variables suelen dividirse en **variables cualitativas y cuantitativas**. Las variables cuantitativas suelen además dividirse en discretas (toman un número finito o infinito numerable de valores distintos) y continuas (pueden tomar cualquier valor en un intervalo de valores real).

1.2. Tipos de control.

Según el momento en el que tiene lugar dicho control, el control estadístico de calidad se clasifica en **control de fabricación** y **control de recepción**.

El control de fabricación es el que se realiza durante la fase de fabricación de un producto. Normalmente se lleva a cabo a intervalos de tiempo fijos y tiene por objeto vigilar el funcionamiento correcto del sistema para que éste se encuentre en las mejores condiciones posibles así como tratar de mejorarlo.

El control de recepción es el que se aplica a una partida de un nuevo producto (sea este un producto final, una materia prima o un producto semielaborado). El objetivo del mismo es comprobar que se verifican las especificaciones establecidas.

Como se puede deducir de los objetivos de cada uno, es el control de fabricación el que ofrece mayores beneficios. También es muy importante incidir en la parte del diseño del producto. En la denominada "palanca de la calidad" se otorga la mayor incidencia en la calidad a la intervención que se realiza en la parte inicial del diseño.

Según la forma de observar la calidad en cada elemento del proceso, el control de calidad se clasifica en:

1. **Control por variables:** cuando se mide una característica cuantitativa de dicho elemento (su peso, longitud, resistencia, etc.) que se compara con un estándar preestablecido.
2. **Control por atributos:** si lo que se mide es una característica cualitativa que el producto puede presentar o no (una pieza es correcta o defectuosa, se acopla o no se acopla en otra, etc.).
3. **Control por número de defectos:** cuando lo que se observa es el número de defectos de cada elemento (variable discreta).

Es obvio que el control de calidad por variables da más información que el control por atributos. Así, por ejemplo, si se examina una serie de piezas que deben acoplar en otra pieza matriz, de una determinada longitud, obtendremos más información analizando la medida de cada pieza (variable cuantitativa) que solamente observando si la pieza se acopla o no en su matriz (atributo). A pesar de ello, en ocasiones se usa el control por atributos, por motivos de coste económico, cuando el objetivo es únicamente verificar las especificaciones previstas.

1.3. El control Estadístico de Procesos (CEP)

Es frecuente denominar al control estadístico de la calidad como Control Estadístico de Procesos (CEP o SPC del inglés), esta versión proviene de la orientación hacia los procesos industriales, aunque al idea de proceso abarca mucho más. Un **proceso** es una secuencia de operaciones en la que intervienen una serie de elementos o agentes y que tienen como finalidad la fabricación de un producto o la prestación de un servicio. Podemos pensar el proceso de fabricación de un coche, pero también podemos pensar como proceso el viaje que realizamos para ir de casa al trabajo, o el proceso de aprendizaje necesario para superar una materia.

Cada una de las operaciones está sujeta a una variabilidad, ya que está afectada por un gran número de causas, que dan lugar a la variabilidad que presenta el producto final. Asumida la imposibilidad de fabricar dos elementos que sean exactamente iguales, aunque si esta variabilidad está acotada entre unos límites fijos, podremos considerar como razonablemente iguales a elementos que en realidad no lo son.

Los distintos factores que afectan a un proceso pueden resumirse en el concepto de las 5M's empleado también en la elaboración del diagrama causa-efecto, y que son:

- Mano de obra.
- Maquinaria.
- Método de producción.
- Medio exterior.
- Material empleado.

Además, el proceso de medición de las características que se consideren de interés para la determinación de la calidad, también está sujeta a **variabilidad**, ampliando así el concepto a las 6 M's.

1.3.1. Proceso bajo control

Un concepto muy importante en el control de calidad es el de **proceso bajo control**. Para explicar su significado es necesario introducir previamente lo que se entiende por causas de variabilidad asignables y no asignables.

Llamaremos **causas asignables** (especiales o esporádicas) de variabilidad a las que producen efectos predecibles que aumentan la variabilidad. Normalmente son muy pocas, pero de mucha influencia. Por ejemplo un fallo en una máquina, una mezcla de materias primas en una proporción inadecuada, etc. Por el contrario, llamaremos **causas no asignables** (comunes o aleatorias) a aquellas que aparecen con efectos combinados, no predecibles de antemano e inherentes a la incertidumbre del proceso productivo. Suele haber muchas causas no asignables, cada una de las cuales tiene un efecto individual muy pequeño. Ejemplos de estas son la heterogeneidad de las materias primas, la precisión de las máquinas, la de los elementos de medida o la destreza de los operarios, entre otras.

Estudiando con detalle un proceso, es posible eliminar todas las causas asignables de variabilidad, para que así, la única variabilidad existente se deba a causas no asignables. En tal caso, diremos que el proceso se encuentra *bajo control* (o en estado de control). En la práctica, no existen procesos que se encuentren espontáneamente bajo control. A menudo son necesarios muchos esfuerzos para conseguir llevar un proceso a un estado de control. Ese es, precisamente, el objetivo del control de procesos.

La existencia de tolerancias obliga a que las unidades que no cumplan este requisito sean consideradas como defectuosas o, en términos más usuales, **no conformes**. La producción de este tipo de unidades, o su rectificación, conlleva un coste que podría ser eliminado; pero también la inspección y la búsqueda de las causas de esta situación presenta un coste monetario cada vez mayor. Surge así el reto de intentar reducir la proporción de unidades no conformes hasta un punto en el que el incremento del coste de inspección y control iguale al incremento de ahorro por la disminución del número de unidades rechazadas.

La inspección o medición de algunas características de calidad (como pueden ser la resistencia o tiempo de vida útil) son de carácter destructivo, por lo que no pueden ser llevadas a cabo sobre todas las unidades; incluso aunque las pruebas no fuesen destructivas, la inspección del 100 % de la producción puede ser improcedente económicamente. Aparece entonces la necesidad de garantizar la viabilidad de la producción de forma general mediante la inspección de una parte significativa de ésta y, por tanto, la necesidad de determinar qué proporción de unidades debe ser inspeccionada, cómo seleccionar dichas unidades y cómo garantizar que los resultados obtenidos son extrapolables a la generalidad de la producción.

Las causas no asignables o también llamadas causas comunes producen en los resultados del proceso una pauta de variabilidad, generalmente estable y globalmente predecible, que define la capacidad del proceso para satisfacer

determinadas especificaciones. Cuando en un proceso sólo están presentes sus causas comunes de variabilidad se dice que el proceso está “bajo control”. Por otra parte, en un proceso es posible que existan otras causas que afecten a la variabilidad, llamadas causas especiales de variabilidad, que suelen tener un carácter esporádico y puntual, y que provocan las denominadas “salidas de control” del proceso. Las causas especiales están asociadas, por tanto, a hechos excepcionales como averías o fallos humanos.

Las causas asignables dan lugar a dos tipos distintos de modificaciones: **modificaciones por descentrado** y **modificaciones por aumento de variabilidad**. Las primeras son las que se producen cuando se presenta una traslación del valor medio de la característica de calidad, mientras que en las segundas lo que ocurre es un aumento de la variabilidad (véase gráfico):

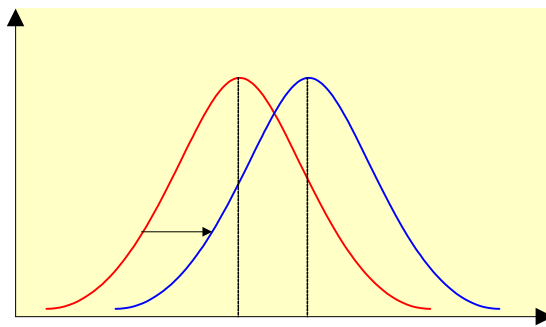


Figura 1-1 Modificaciones por descentrado.

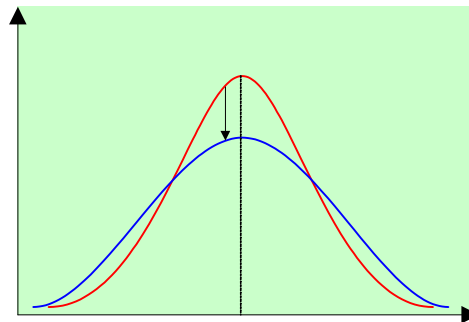


Figura 1-2 Modificaciones por aumento de la dispersión.

Las modificaciones por descentrado del proceso se observan sobre todo en procesos de fabricación automáticos mientras que en los semiautomáticos son más frecuentes las modificaciones por dispersión. En la práctica, ambos tipos de modificaciones se mezclan y confunden, dando lugar en cualquier caso a un incremento del número de piezas fuera de especificación.

Las técnicas de control de calidad en curso de fabricación tienen por objeto mantener estable la variabilidad propia del proceso y detectar con la mayor eficacia posible la aparición de causas asignables de fluctuación.

La manera de controlar un proceso es mediante el control de la variabilidad. Si la variabilidad observada es la que se corresponde con la actuación únicamente de las causas no asignables, el proceso se dirá que está bajo control.

1.4. Principales herramientas del control de calidad

En la práctica cualquier herramienta estadística es de gran interés para el control de la calidad, sin embargo, históricamente se vienen empleando una serie de herramientas y conceptos propios que analizaremos en esta sección. Entre ellos estarían las llamadas 7 herramientas de Ishikawa, también denominadas las 7 magníficas (Guide to Quality Control (1972)). Ishikawa señalaba las siguientes: diagramas de flujo, tormenta de ideas, diagramas causa - efecto (hoy llamados de Ishikawa), diagramas de barras, análisis de Pareto, histogramas y diagramas de dispersión

Además de estas 7 herramientas de, se han añadido a este grupo otra serie de técnicas de gran implementación como por ejemplo (Juran Institute): hojas de datos, mapa de procesos, gráficos de cuartiles o Box Plot (Tukey 1977), análisis de estratificación, métodos de Componentes Principales (PCA) y, por supuesto, los gráficos de control de Shewhart.

A continuación se analizarán algunas de estas herramientas desde la perspectiva del control de procesos.

1.4.1. Hojas de datos

Las llamadas **hojas de datos o de control** se tratan de impresos para la recogida organizada de datos para su posterior estudio estadístico. Suele llevarse a cabo de forma sistemática. Requieren un cuidadoso diseño para que los datos recogidos sirvan al propósito establecido. En algunos casos no son más que hojas para recopilar las frecuencias de fallos o disconformidades, en otros pueden ser una representación del objeto a controlar en el que se van anotando el lugar en el que se observan los fallos.

1.4.2. Diagrama de Pareto

En general, estudio de las **distribuciones de frecuencias**, tiene por objeto la construcción de tablas de frecuencias que podrán utilizarse para una

mejor presentación e interpretación de la información contenida en los datos observados en la muestra, en el contexto del control de calidad es habitual representar estas frecuencias ordenadas, unas veces por su valor absoluto y otras por el coste económico del producto que se pretende controlar, ese tipo de gráfico con las frecuencias ordenadas es el denominado gráfico o diagrama de Pareto.

El **diagrama de Pareto** es un tipo de gráfico para el análisis que ordena una serie de aspectos (problemas o causas de problemas) según su importancia relativa respecto a un criterio determinado. Es muy interesante para un primer estudio cualitativo del proceso, normalmente los procesos industriales, y muchos otros, se rigen por el determinado "Principio de Pareto" que dice que un pequeño porcentaje de causas (podría ser el 5 %) es el que genera un gran porcentaje de problemas (en este caso el 95 %). El visualizar en un gráfico, similar al gráfico de frecuencias, pero con un orden de prioridad permite analizar en que parte del proceso es más importante centrar el esfuerzo de mejora. Normalmente un análisis de Pareto permite resaltar los valores de datos que ocurren con más frecuencia. Aunque el nombre proviene del economista italiano Wilfredo Pareto (1848-1923) sería el economista americano Lorenz quien lo popularizaría al representar el reparto de la riqueza mediante esta distribución. En el caso de la calidad fue el propio Juran quien da importancia a este principio de Pareto, acuñando la frase de "pocos vitales y muchos triviales" que viene a reflejar esta misma idea de que la mayoría de los defectos y el coste que estos generan provienen de un pequeño número de causas.

Para la construcción de este gráfico se parte de un sistema de ejes de coordenadas, representando en el eje de abscisas las modalidades de la variable y en el eje de ordenadas las frecuencias, bien absolutas o relativas. A continuación, sobre cada modalidad se levanta un rectángulo o barra de altura igual a la frecuencia (absoluta o relativa) representada, siendo todos los rectángulos de igual base y ordenándose de mayor a menor frecuencia. En el gráfico 1-4 puede verse un ejemplo donde se representan los fallos anotados por el departamento de control de calidad de un astillero en la construcción de un barco, se observa que cerca del 60 % de los fallos son debidos a problemas de soldadura, lo que aporta una interesante información de cara a la mejora.

1.4.3. Diagrama causa-efecto o de Ishikawa

También se conoce como diagrama de espina de pescado por su forma característica. Permite dividir el proceso de estudio en pequeños procesos, lo que facilita un análisis visual muy cómodo para buscar causas que influyen en la respuesta. Está también ligado al empleo de la técnica del brainstorming (tormenta de ideas) ya que la visualización del conjunto de causas que pueden originar un problema y de sus posibles relaciones, permite a las personas conocedoras del proceso proponer soluciones.

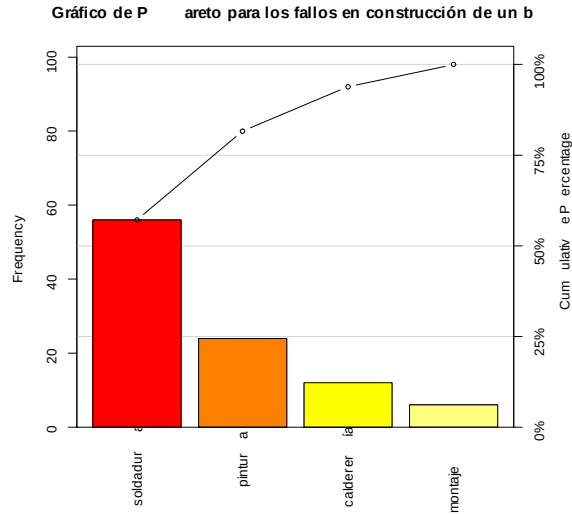


Figura 1-4 Gráfico de Pareto para fallos en construcción de barcos.

En un principio fue utilizado por Kaoru Ishikawa en una acería de Kawasaki para clasificar las diferentes causas que influían en la calidad del acero producido, de ahí el nombre de Diagrama de Ishikawa. Luego sería adoptado como herramienta imprescindible por la JIS (Japan Industrial Standard) que lo define como "diagrama que muestra la relación entre una característica de calidad y los factores de producción", puede verse un ejemplo del control de calidad de un acero en el gráfico ???. El objeto de este tipo de representación es el de determinar la estructura de las relaciones causa-efecto que influyen en una característica de calidad o fiabilidad de un producto, siendo de gran ayuda para el conocimiento del proceso.

1.4.4. Histograma.

En el caso de analizar una variable continua o discreta con muchos valores distintos es muy útil agrupar los de valores en intervalos, llamados **intervalos de clase**. Cada intervalo será considerado como una modalidad, tomándose como frecuencia absoluta de cada modalidad el número de observaciones agrupadas en el intervalo correspondiente.

El histograma es la representación gráfica apropiada para la representación de datos agrupados en intervalos de clase. Su construcción se hace representando en un sistema de ejes de coordenadas, donde en el eje de abscisas se presentan los extremos de cada clase, e_i , y, tomando como base de cada rectángulo la amplitud del intervalo de clase, se levanta sobre cada uno de los intervalos un rectángulo cuya área es proporcional a la frecuencia (absoluta o

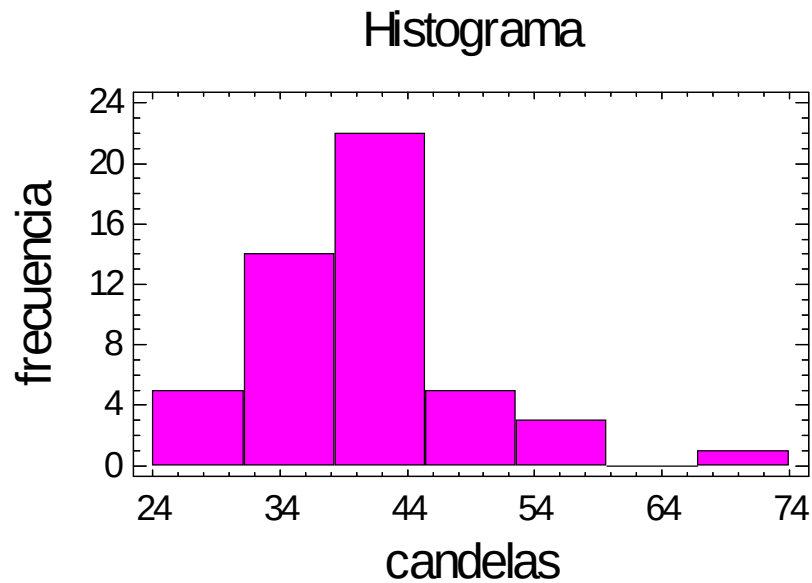


Figura 1-5 Histograma de la variable candelas de intensidad de un grupo de lámparas.

relativa) de ese intervalo.

El histograma permite estimar la "densidad de frecuencia" asociada al concepto de variable continua.

Suele ser útil unir los puntos medios de las bases superiores de cada rectángulo del histograma se obtiene la representación gráfica llamada **polígono de frecuencias**.

El histograma permite un análisis rápido visual del comportamiento del proceso. En el gráfico de la figura ??, se han formado 7 intervalos de clase, desde el límite inferior, fijado en 24 candelas, hasta el límite superior fijado en 74. El gráfico muestra el número de datos que corresponden en cada intervalo, proporcionando el área de cada rectángulo a la frecuencia correspondiente al intervalo de clase. En este ejemplo se ha medido la intensidad de luz de 50 lámparas. En los histogramas de la figura ?? se representan distintas variables de un estudio sobre la calidad del aire en la ciudad de New York.

1.4.5. Diagrama de dispersión o correlación

Los diagramas de dispersión ponen de manifiesto la posible correlación entre dos variables características de la calidad. El objeto de este gráfico es poner de manifiesto la relación entre dos variables de interés (véase el gráfico 1-7).

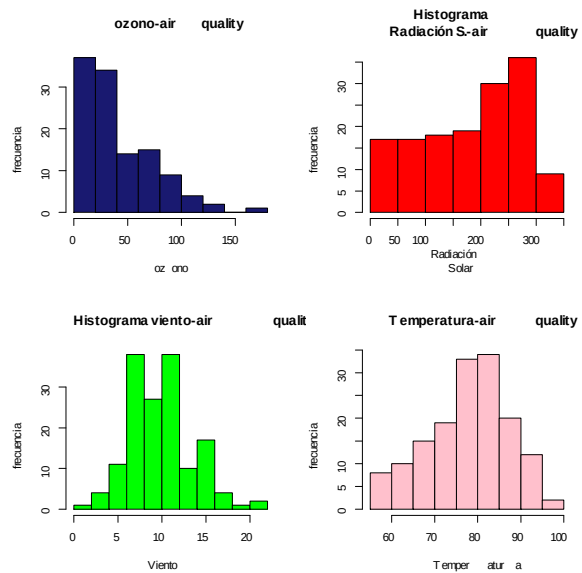


Figura 1-6 Diferentes histogramas de variables que analizan la calidad del aire.

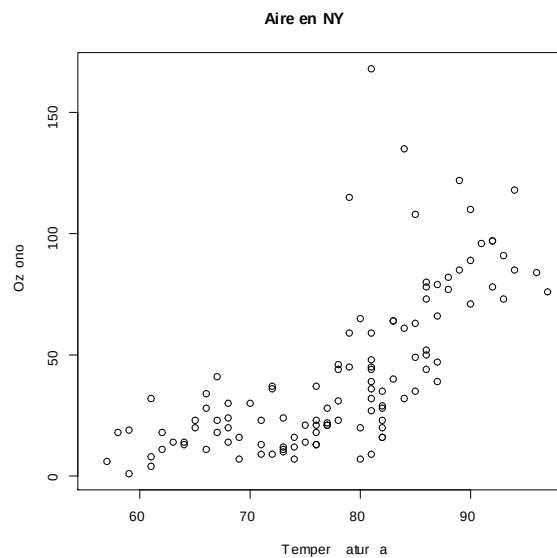


Figura 1-7 Diagrama de dispersión que relaciona la temperatura con el nivel de ozono.

1.5. Medidas estadísticas

Para el estudio de otras herramientas, como los gráficos de cajas o los gráficos de control, es necesario introducir algunas medidas estadísticas construidas a partir de los datos. El objetivo de estas medidas es medir alguna característica (variabilidad, simetría, etc.) de los datos de las muestras con objeto de estimar sus correspondientes valores poblacionales y dar información cuantitativa del proceso. Estas medidas suelen clasificarse en tres grandes grupos de posición, de dispersión y medidas de forma.

Para poder representar otro tipo de herramientas es necesario introducir algunas definiciones de medidas estadísticas previas de uso común en cualquier estudio estadístico.

Se supone que se parte de una muestra de tamaño n que se denotará por $x_1, x_2, \dots, x_n$ de una variable X que puede tener k modalidades distintas $c_1, c_2, \dots, c_k$, y se denotará por n_i el número de individuos de la muestra que presentan la modalidad c_i ($i = 1, 2, \dots, k$).

Las medidas de posición determinan una posición en el conjunto de los datos. Normalmente suelen utilizarse medidas de posición central. La más importante de estas medidas es la media aritmética. La **media aritmética** ($\bar{x}$) de una variable cuantitativa X es el valor numérico:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Es interesante resaltar que la media conserva las transformaciones lineales de los datos, es decir, si $y_i = a + bx_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$), siendo a y b constantes arbitrarias, entonces $\bar{y} = a + b\bar{x}$.

Otra importante propiedad es que la media aritmética de las desviaciones con respecto a $\bar{x}$ es cero:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) = 0$$

Se define la **mediana** (M_e) como la medida de posición central que, supuestos los datos ordenados de menor a mayor, deja igual número de valores a su izquierda que a su derecha.

Una ventaja de la mediana es que es una medida robusta menos sensible a la presencia de observaciones atípicas en la muestra que la media.

En el caso de estudiar una variable discreta, se define la **moda** (M_0) como el valor más frecuente de la variable. Si se trata de una variable continua, no tiene sentido hablar del valor más frecuente, por lo que se introduce el concepto de **intervalo modal**, que se define como aquel intervalo de clase al que le corresponde mayor altura en el histograma de frecuencias y se toma como **moda** un representante del intervalo modal (por ejemplo, el valor central de esa clase).

Los cuantiles son las medidas de posición que generalizan el concepto de mediana. Supuestas ordenadas las observaciones de menor a mayor, se define el **cuantil de orden p** ($0 < p < 1$) como el valor q_p que deja a lo sumo np observaciones a su izquierda y a lo sumo $n(1 - p)$ observaciones a su derecha.

Son los cuantiles de órdenes $1/4$ (cuartil de primer orden o primer cuartil Q_1), $1/2$ (cuartil de segundo orden o mediana) y $3/4$ (cuartil de tercer orden o tercer cuartil Q_3), siendo las medidas de posición que dividen el conjunto de las observaciones en cuatro partes de igual frecuencia.

Diagramas de caja

Los diagramas de caja son gráficos contruidos para representar las características principales de la muestra, permitiendo además identificar la posible presencia de observaciones atípicas.

Para la construcción de esta representación, se calculan previamente la mediana, los cuartiles Q_1 y Q_3 y los valores extremos LI y LS , siendo LI la menor observación mayor o igual que $Q_1 - 1.5(Q_3 - Q_1)$ y LS la mayor observación menor o igual que $Q_3 + 1.5(Q_3 - Q_1)$.

$$LI = \min \{x_i / x_i \geq Q_1 - 1.5(Q_3 - Q_1)\}$$

$$LS = \max \{x_i / x_i \leq Q_3 + 1.5(Q_3 - Q_1)\}$$

Las observaciones que caen fuera del intervalo (LI, LS) se consideran datos atípicos (*outliers*).

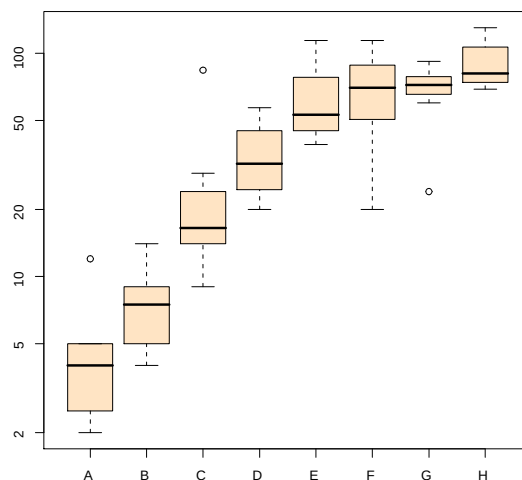


Figura 1-8 Gráficos de cajas para 8 variables.

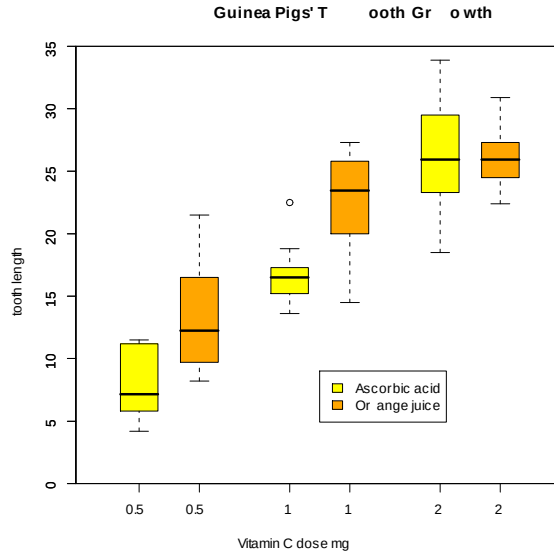


Figura 1-9 Distintos gráficos de cajas.

1.5.1. Medidas de dispersión

Como su propio nombre indica, tratan de medir la dispersión o concentración de las observaciones muestrales. Las más populares son aquellas que cuantifican la dispersión o variación con respecto a un valor central (la media aritmética o la mediana), pudiéndose interpretar como medidas de la representatividad de dicho valor.

Suelen clasificarse en **absolutas** o **relativas**, según dependan o no de las unidades de medida, debiendo utilizarse el último grupo para la comparación de variables.

Se define la **varianza** como la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones con respecto a la media aritmética:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Se define la **desviación típica** como la raíz positiva de la varianza, esto es, la media cuadrática de las desviaciones con respecto a la media aritmética:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Aunque tanto la varianza como la desviación típica son medidas de la variación con respecto a la media aritmética y tienen un significado semejante, el uso más frecuente en la práctica de la desviación típica se justifica porque

esta medida se expresa en las mismas unidades que los valores de la variable, al contrario que la varianza, cuyos valores se expresan en unidades al cuadrado.

Es resaltable que tanto la varianza como la desviación típica toman siempre valores no negativos. Además, si a y b son constantes cualesquiera e $y_i = a + bx_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$), se tiene que $s_y^2 = b^2 s_x^2$ y $s_y = |b| s_x$.

Cuando se desea realizar comparaciones entre valores particulares de variables medidas en distinta escala, deberán utilizarse las *variables tipificadas o estandarizadas*.

Se define la **variable tipificada** de una variable estadística X como la variable (Z) que resulta de restarle su media aritmética y dividir por su desviación típica:

$$Z = \frac{X - \bar{x}}{s}$$

obteniéndose de esta manera una variable adimensional de media cero y desviación típica unidad ($\bar{z} = 0$, $s_z = 1$).

En control de calidad es también utilizado el denominado **recorrido o rango** de una muestra que no es más que la diferencia entre los valores extremos:

$$R = \text{máx}(x_i) - \text{mín}(x_i)$$

Las medidas incluidas en este apartado se caracterizan por ser adimensionales (independientes de las unidades de medida) y, en consecuencia, serán las apropiadas para establecer comparaciones entre variables que tomen valores positivos. Así surge el interés de utilizar el **coeficiente de variación**. Este es la medida de dispersión relativa más popular y, supuesto que $\bar{x} > 0$, se define como el cociente entre la desviación típica y la media

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

Además de las medidas de posición y dispersión son útiles para conocer la forma de una distribución las medidas de forma que permiten identificar ciertas desviaciones en la forma de la distribución de frecuencias con respecto a un modelo de referencia: la *distribución normal*, cuya función de densidad adopta una forma característica, conocida como campana de Gauss. Entre ellas está el **coeficiente de asimetría de Fisher**. Esta medida relativa mide si las observaciones están dispuestas simétricamente con respecto a la media y es obtenible aunque la distribución no sea unimodal. Es la medida adimensional definida por:

$$g_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{s^3}$$

Si una distribución es **simétrica o insesgada** $g_1 \simeq 0$. Si $g_1 > 0$, diremos que la distribución es **sesgada a la derecha**; diremos que la distribución es **sesgada a la izquierda** si $g_1 < 0$.

1.6. Gráficos de control.

Dentro del control estadístico de procesos las herramientas clave son los gráficos o cartas de control, en las que se representa la evolución en el valor de un estadístico calculado sobre las mediciones de una característica de calidad efectuadas sobre los elementos de muestras sucesivas.

Para construir un gráfico de control es necesario definir tres aspectos fundamentales:

1. Tamaño de la muestra
2. Intervalo de muestreo
3. Límites de control

La adopción del muestreo es crucial desde el punto de vista de la economía del control. Antes del desarrollo del control estadístico, el control de la calidad se basaba en la inspección del producto final y la separación (eliminación) de aquellos productos considerados como defectuosos.

La inspección al 100 % rigurosa, efectuada por un controlador experto que utiliza métodos de medición absolutamente fiables, es la única que podrá darnos la seguridad de que las piezas finales son aceptables.

Pero esta manera de proceder presenta una serie de problemas, por una parte es demasiado costosa y por otra sirve únicamente para separar piezas buenas de piezas malas.

Hay un consumo de recursos en la elaboración de las piezas que finalmente son defectuosas, recursos que se pierden. Incluso aunque la pieza pueda ser reparada o reprocesada, hay un nuevo consumo de recursos productivos y una nueva inspección, aumentando el coste por unidad producida. La inspección de 100 % de los productos no implica que la inspección abarque el 100 % de los aspectos que deberían ser inspeccionados y provocará una sensación de seguridad ficticia.

El control estadístico de procesos (CEP) representa una enorme ventaja frente al enfoque clásico, pues mediante la determinación del tipo de muestreo adecuado (procedimiento, tamaño de muestra e intervalo de muestreo) y la medición del valor de una determinada variable usada para el control de calidad y su representación en un tipo especial de gráfico (el gráfico de control) puede tenerse un conocimiento preciso del comportamiento del proceso, permitiendo a los analistas reaccionar adecuadamente frente a las variaciones.

Gracias a la metodología desarrollada por Shewhart el control de calidad se desplazó desde la inspección del producto final a la etapa de fabricación de los productos, de modo que lo que se intenta es minimizar la producción de piezas defectuosas. Con el enfoque clásico de inspección a posteriori, no se puede evitar el consumo de recursos que supone la producción de una unidad defectuosa.

Se tiende a pensar que un gráfico de control no es más que la representación gráfica de un contraste de hipótesis sobre la estabilidad de los parámetros

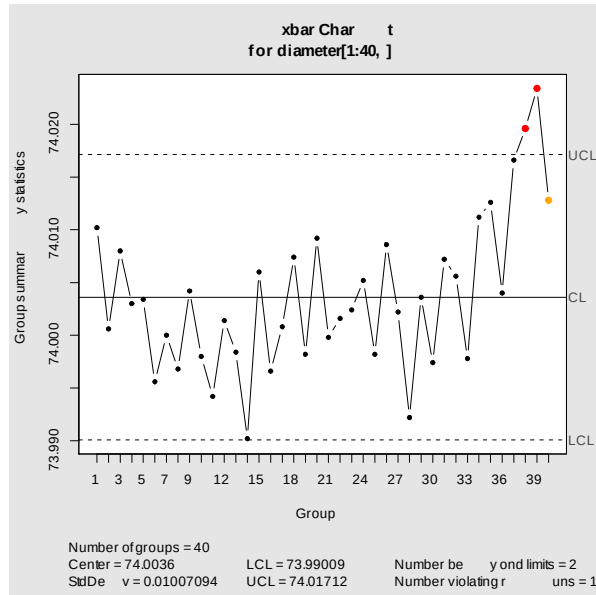


Figura 1-10 Gráfico de control tipo Shewhart para el diametro de 40 pistones.

que rigen la distribución probabilística de una variable de calidad, usualmente normal, pero detrás de ellos hay una metodología que se va a tratar de presentar con mayor detalle en los temas posteriores.

Se definen cinco condiciones necesarias para definir una operación de control de calidad:

1. Especificar, de forma general, cómo se examinará una secuencia de n observaciones para indagar la existencia de causas asignables de variabilidad.
2. Especificar cómo se obtendrán los datos y cómo se organizarán de forma que sea posible determinar si las condiciones bajo las que fueron obtenidos son las mismas o no.
3. Especificar el criterio de control que se usará, indicando qué estadísticos se emplearán y cómo intervendrán en la determinación de los límites de control.
4. Especificar qué acción se emprenderá cuando un estadístico observado esté fuera de los límites de control.
5. Especificar de qué cantidad de datos que cumplan los criterios de control debe disponerse para aceptar que el proceso ha alcanzado un estado de control estadístico. Ya que las causas asignables de variación pueden estar presentes desde el principio, es necesario que el proceso de control sea gradual.

En la figura 1-10 pueden verse un gráfico de control que se analizará con detalle en los temas siguientes.