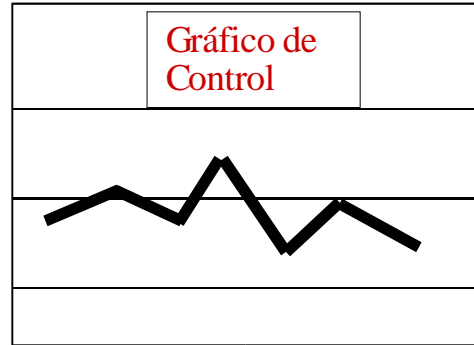


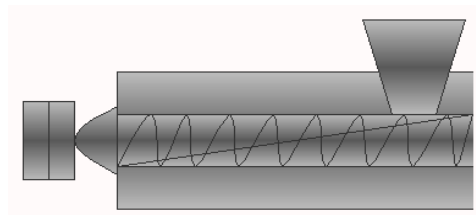
Control Estadístico de Procesos

Gráficos de Control

Los gráficos de control o cartas de control son una importante herramienta utilizada en control de calidad de procesos. Básicamente, una **Carta de Control** es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, y que sirve para controlar dicho proceso. Vamos a tratar de entenderlo con un ejemplo.

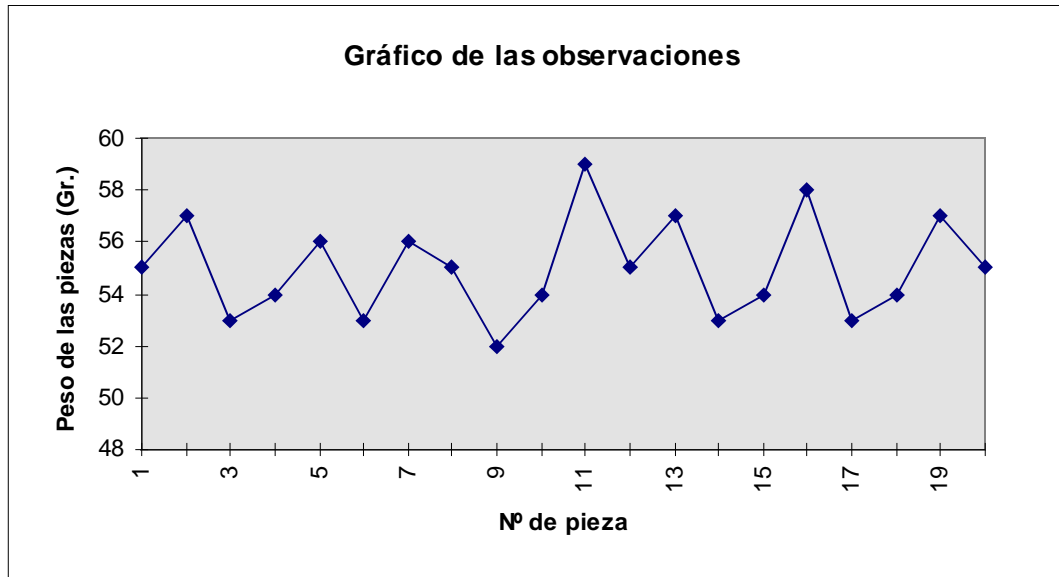


Supongamos que tenemos una máquina inyectora que produce piezas de plástico, por ejemplo de PVC. Una característica de calidad importante es el peso de la pieza de plástico, porque indica la cantidad de PVC que la máquina inyectó en la matriz. Si la cantidad de PVC es poca la pieza de plástico será deficiente; si la cantidad es excesiva, la producción se encarece porque se consume más materia prima. Entonces, en el lugar de salida de las piezas, hay un operario que cada 30 minutos toma una, la pesa en una balanza y registra la observación:



pieza:	1	2	3	4	5	
						Etc.
	55,1 gr.	57,1 gr.	53,3 gr.	53,9 gr.	55,9 gr.	

Supongamos que estos datos se registran en un gráfico de líneas en función del tiempo:

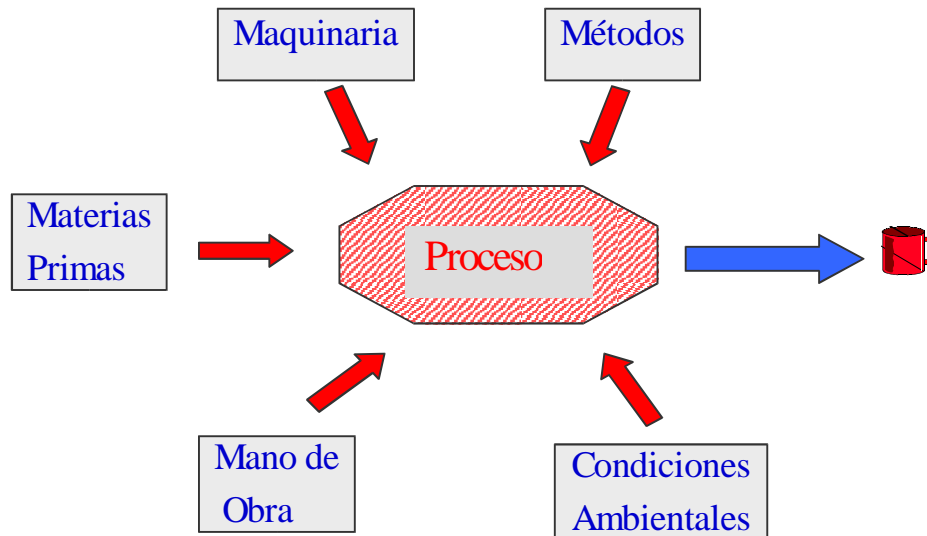


Observamos una línea quebrada irregular, que nos muestra las fluctuaciones del peso de las piezas a lo largo del tiempo. Esta es la fluctuación *esperable y natural* del proceso. Los valores se mueven alrededor de un valor central (El promedio de los datos), la mayor parte del tiempo cerca del mismo. Pero en algún momento puede ocurrir que aparezca uno o más valores demasiado alejados del promedio.

Cómo podemos distinguir si esto se produce por la *fluctuación natural* del proceso o porque el mismo ya no está funcionando bien?

Esta es la respuesta que provee el control estadístico de procesos, y a continuación veremos como lo hace.

Todo proceso de fabricación funciona bajo ciertas condiciones o variables que son establecidas por las personas que lo manejan para lograr una producción satisfactoria.



Cada uno de estos factores está sujeto a *variaciones* que realizan aportes más o menos significativos a la fluctuación de las características del producto, durante el proceso de fabricación. Los responsables del funcionamiento del proceso de fabricación fijan los valores de *algunas* de estas variables, que se denominan *variables controlables*. Por ejemplo, en el caso de la inyectora se fija la temperatura de fusión del plástico, la velocidad de trabajo, la presión del pistón, la materia prima que se utiliza (Proveedor del plástico), etc.

Pero un proceso de fabricación es una suma compleja de eventos grandes y pequeños. Hay una gran cantidad de variables que sería imposible o muy difícil controlar. Estas se denominan *variables no controlables*. Por ejemplo, pequeñas variaciones de calidad del plástico, pequeños cambios en la velocidad del pistón, ligeras fluctuaciones de la corriente eléctrica que alimenta la máquina, etc.

Los efectos que producen las variables no controlables son aleatorios. Además, la contribución de cada una de las *variables no controlables* a la variabilidad total es cuantitativamente pequeña. **Son las variables no controlables las responsables de la variabilidad de las características de calidad del producto.**

Los cambios en las variables controlables se denominan Causas Asignables de variación del proceso, porque es posible identificarlas. Las fluctuaciones al azar de las variables no controlables se denominan Causas No Asignables de variación del proceso, porque no son posibles de ser identificadas.

Causas Asignables: Son causas que pueden ser identificadas y que conviene descubrir y eliminar, por ejemplo, una falla de la máquina por desgaste de una pieza, un cambio muy notorio en la calidad del plástico, etc. Estas causas provocan que el proceso no funcione como se desea y por lo tanto es necesario eliminar la causa, y retornar el proceso a un funcionamiento correcto.

Causas No Asignables: Son una multitud de causas no identificadas, ya sea por falta de medios técnicos o porque no es económico hacerlo, cada una de las cuales ejerce un pequeño efecto en la variación total. Son inherentes al proceso mismo y no pueden ser reducidas o eliminadas a menos que se modifique el proceso.

Cuando el proceso trabaja afectado solamente por un sistema constante de variables aleatorias no controlables (Causas no asignables) se dice que está *funcionando bajo Control Estadístico*. Cuando, además de las causas no asignables, aparece una o varias causas asignables, se dice que el proceso está *fuera de control*.

El uso del control estadístico de procesos lleva implícitas algunas hipótesis que describiremos a continuación:

1) Una vez que el proceso está en funcionamiento bajo condiciones establecidas, se supone que la variabilidad de los resultados en la medición de una característica de calidad del producto se debe sólo a un *sistema de causas aleatorias*, que es inherente a cada proceso en particular.

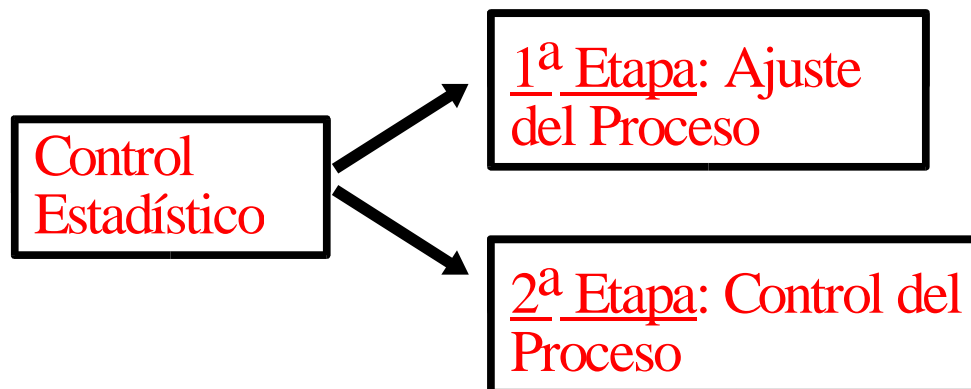
2) El sistema de causas aleatorias que actúa sobre el proceso genera un *universo hipotético de observaciones* (mediciones) que tiene una **Distribución Normal**.

3) Cuando aparece alguna *causa asignable* provocando desviaciones adicionales en los resultados del proceso, se dice que el proceso está fuera de control.

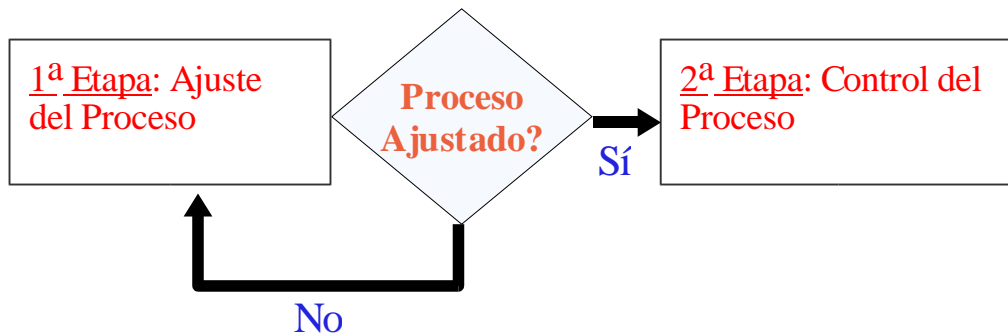
La función del control estadístico de procesos es comprobar en forma permanente si los resultados que van surgiendo de las mediciones están de acuerdo con las dos primeras hipótesis. Si aparecen uno o varios resultados que contradicen o se oponen a las mismas, es necesario detener el proceso, encontrar las causas por las cuales el proceso se apartó de su funcionamiento habitual y corregirlas.

Control Estadístico...Cómo ponerlo en marcha?

La puesta en marcha de un programa de control estadístico para un proceso en particular implica dos etapas:



Antes de pasar a la segunda etapa, se verifica si el proceso está ajustado. En caso contrario, se retorna a la primera etapa:



En la 1ª etapa se recogen unas 100–200 mediciones, con las cuales se calcula el promedio y la desviación standard:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

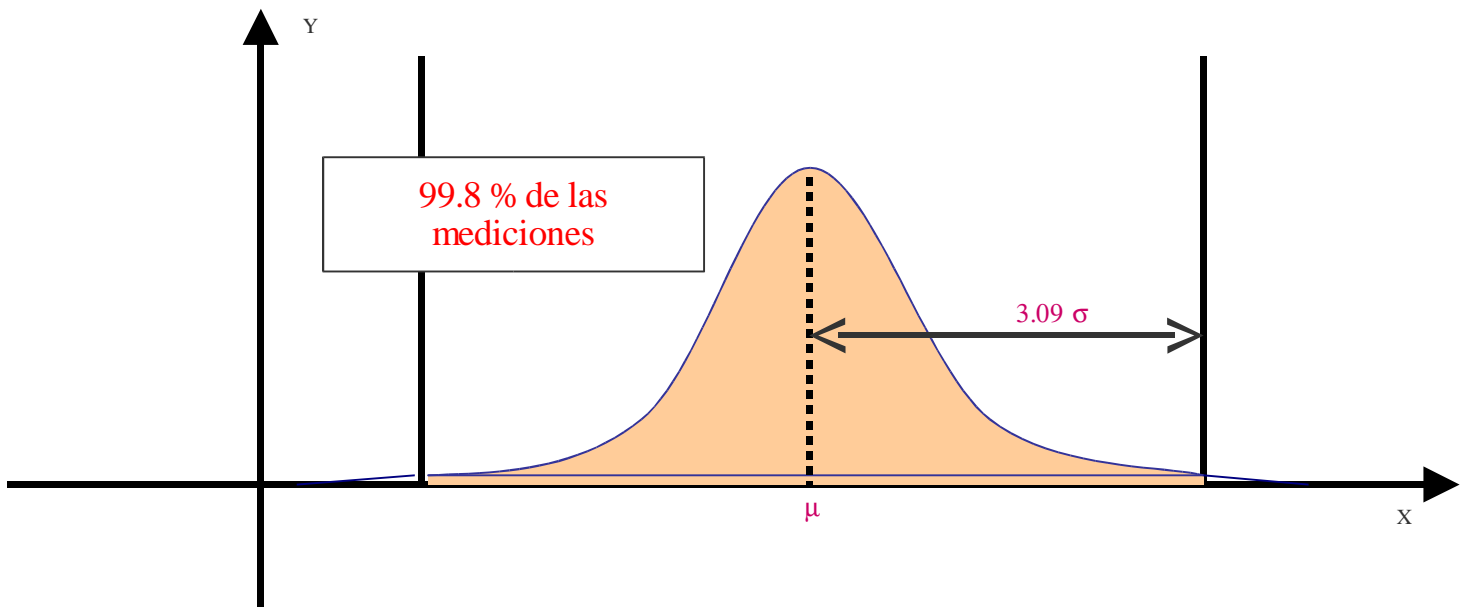
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{N}}$$

Luego se calculan los **Límites de Control** de la siguiente manera:

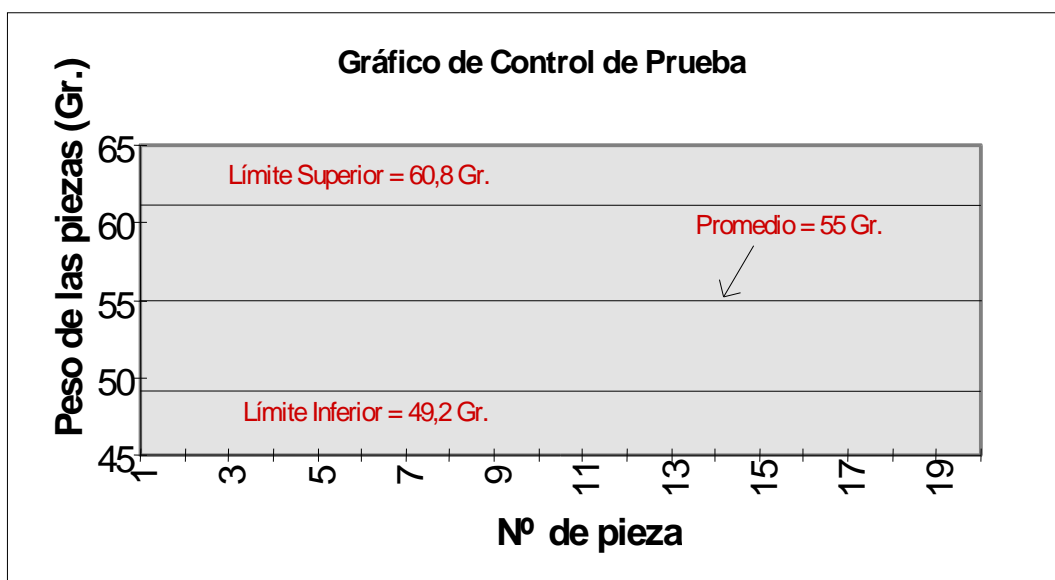
$$\text{Lím. Superior} = \bar{X} + 3,09 \cdot \sigma$$

$$\text{Lím. Inferior} = \bar{X} - 3,09 \cdot \sigma$$

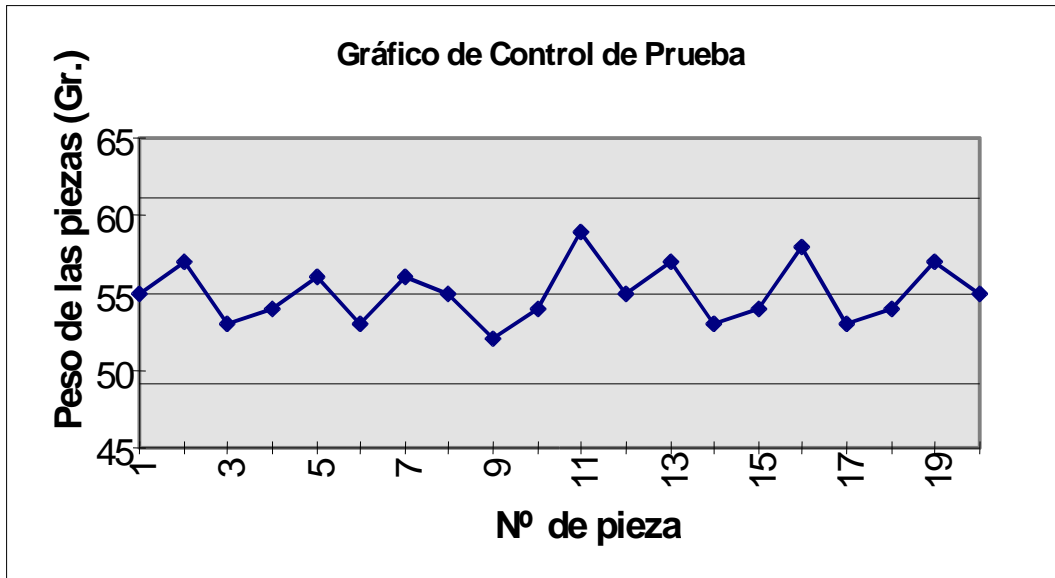
Estos límites surgen de la hipótesis de que la distribución de las observaciones es normal. En general se utilizan límites de 2 sigmas ó de 3 sigmas alrededor del promedio. En la distribución normal, el intervalo de 3,09 sigmas alrededor del promedio corresponde a una probabilidad de 0,998.



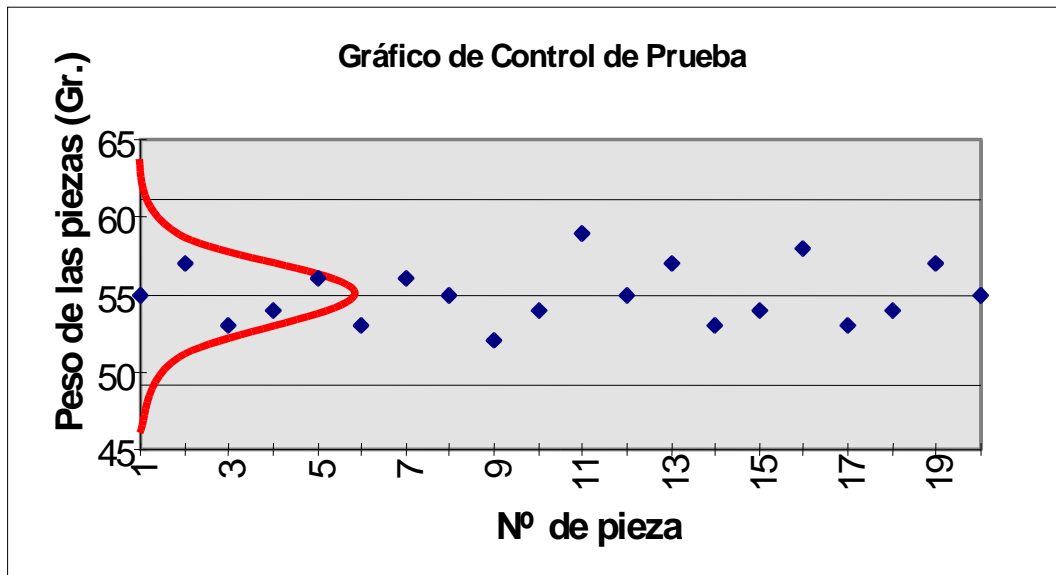
Entonces, se construye un gráfico de prueba y se traza una línea recta a lo largo del eje de ordenadas (Eje Y), a la altura del promedio (Valor central de las observaciones) y otras dos líneas rectas a la altura de los límites de control:



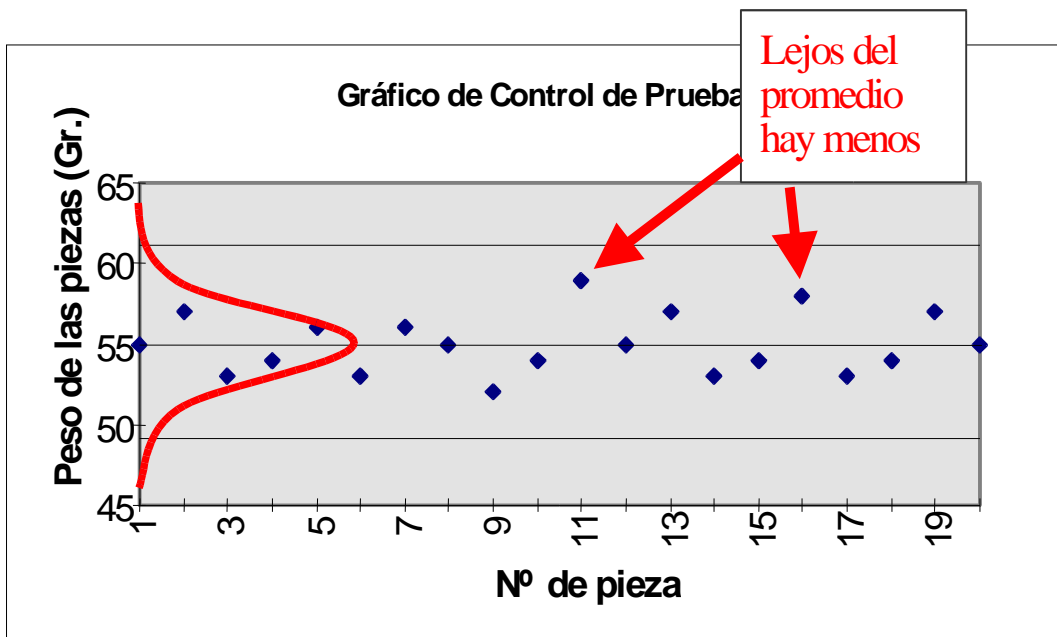
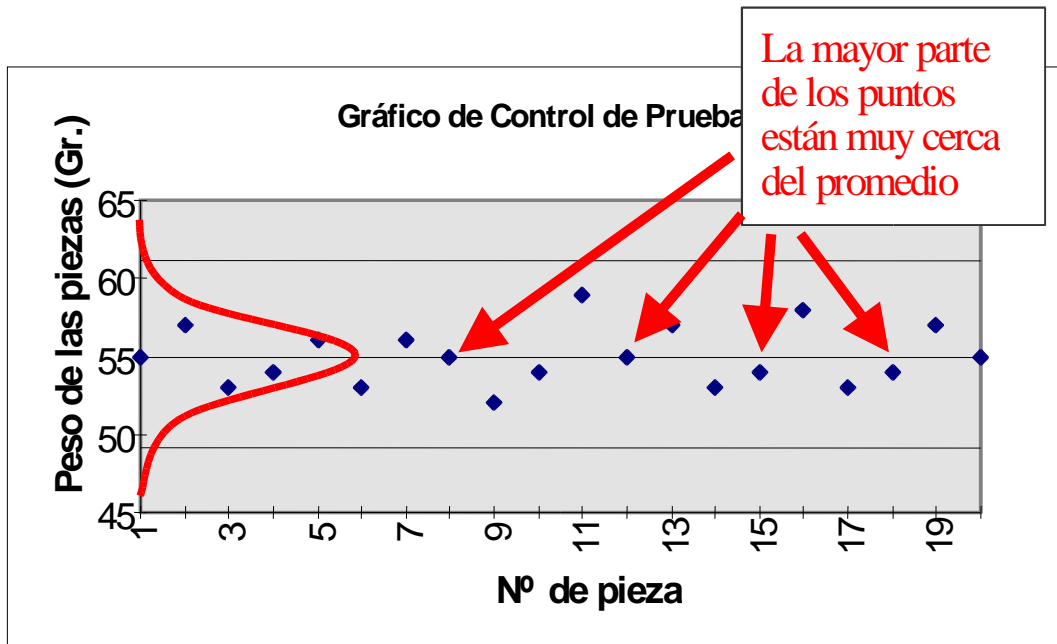
En este gráfico se representan los puntos correspondientes a las observaciones con las que se calcularon los límites de control:

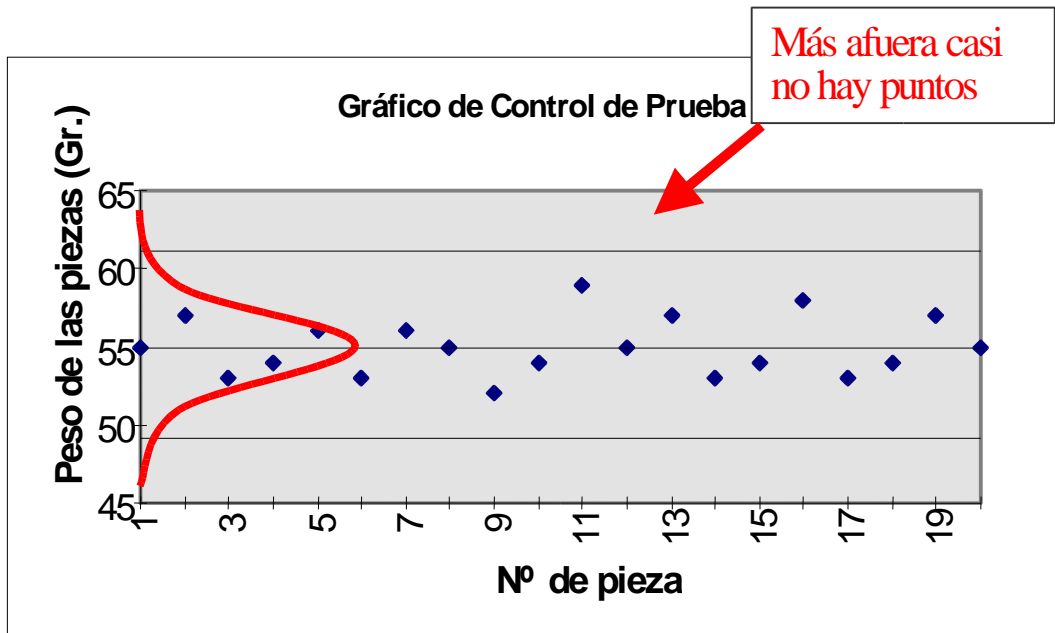


Este gráfico de prueba se analiza detenidamente para verificar si está de acuerdo con la hipótesis de que la **variabilidad del proceso** se debe sólo a un *sistema de causas aleatorias* o si, por el contrario, existen causas asignables de variación. Esto se puede establecer porque cuando la fluctuación de las mediciones se debe a un sistema constante de causas aleatorias la distribución de las observaciones es normal:



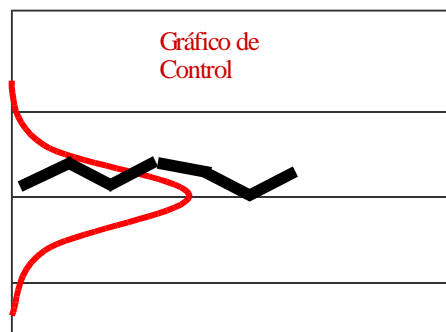
Cuando las observaciones sucesivas tienen una distribución normal, la mayor parte de los puntos se sitúa muy cerca del promedio, algunos pocos se alejan algo más y prácticamente no hay ninguno en las zonas más alejadas:



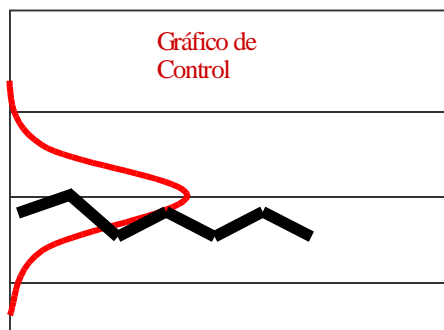


Es difícil decir como es el gráfico de un conjunto de puntos que siguen un **patrón aleatorio de distribución normal**, pero sí es fácil darse cuenta cuando no lo es. Veamos algunos ejemplos de patrones **No Aleatorios**:

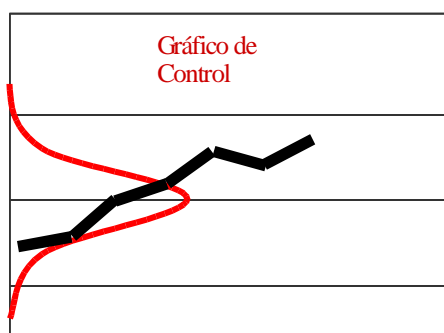
Una sucesión de puntos por encima ...



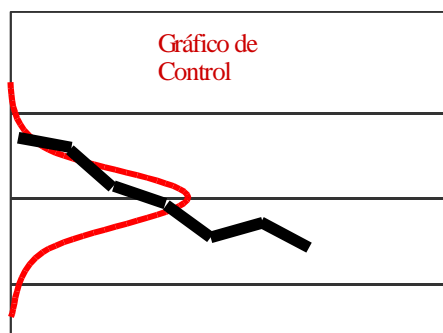
... o por debajo de la línea central.

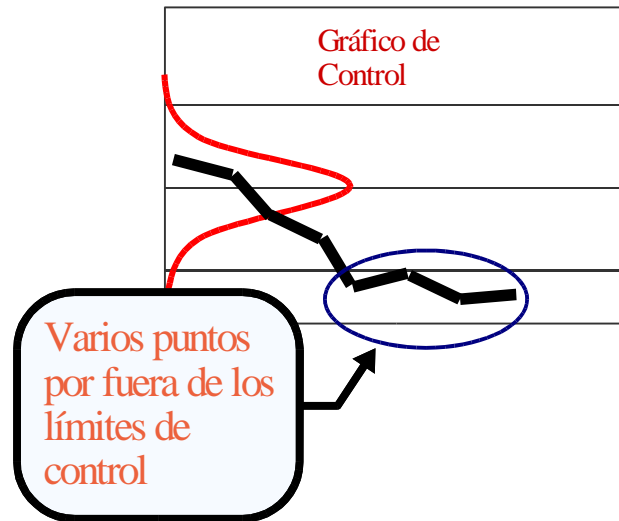


Una serie creciente de 6 ó 7 observaciones...

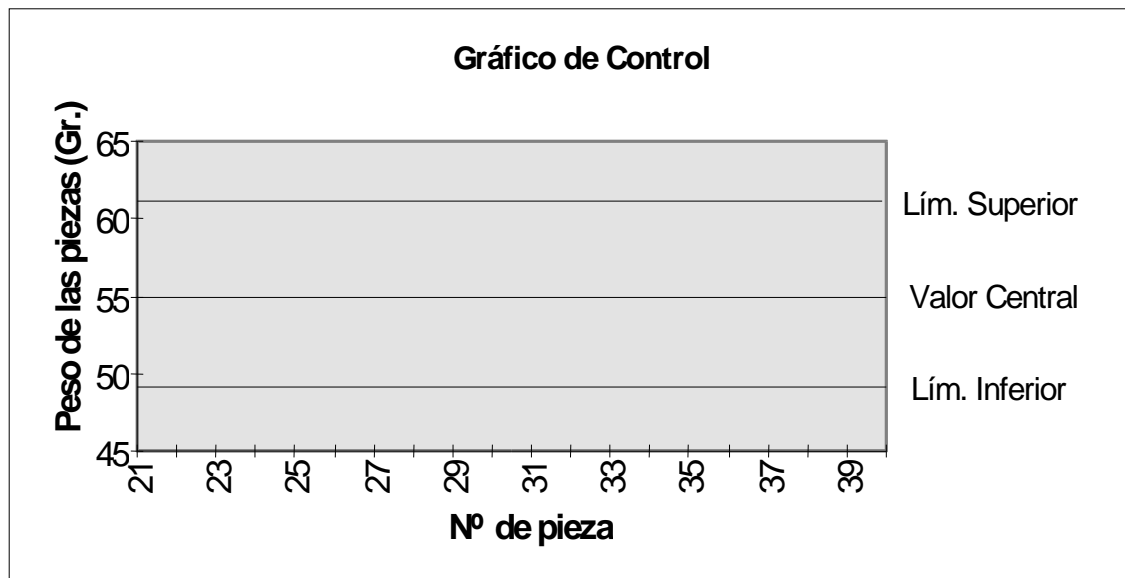


.. o una serie decreciente.





Si no se descubren causas asignables entonces se adoptan los límites de control calculados como definitivos, y se construyen cartas de control con esos límites:



Si sólo hay pocos puntos fuera de control (2 ó 3), estos se eliminan, se recalculan la media, desviación standard y límites de control con los restantes, y se construye un nuevo gráfico de prueba. Cuando las observaciones no siguen un patrón aleatorio, indicando la existencia

de causas asignables, se hace necesario investigar para descubrirlas y eliminarlas. Una vez hecho esto, se deberán recoger nuevas observaciones y calcular nuevos límites de control de prueba, comenzando otra vez con la primera etapa.

En la 2ª etapa, las nuevas observaciones que van surgiendo del proceso se representan en el gráfico, y se controlan verificando que estén dentro de los límites, y que no se produzcan patrones no aleatorios:



Como hemos visto, el 99,8 % de las observaciones deben estar dentro de los límites de 3,09 sigmas alrededor de la media. Esto significa que sólo 1 observación en 500 puede estar por causas aleatorias fuera de los límites de control. Entonces, cuando se encuentra más de 1 punto en 500 fuera de los límites de control, esto indica que el sistema de causas aleatorias que provocaba la variabilidad habitual de las observaciones ha sido alterado por la aparición de una causa asignable que es necesario descubrir y eliminar.

En ese caso, el supervisor del proceso debe detener la marcha del mismo e investigar con los que operan el proceso hasta descubrir la o las causas que desviaron al proceso de su comportamiento habitual. Una vez eliminadas las causas del problema, se puede continuar con la producción normal.

