

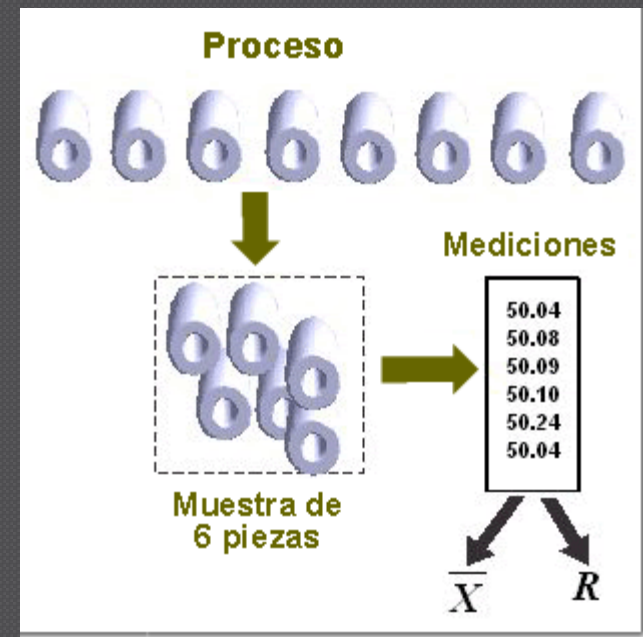
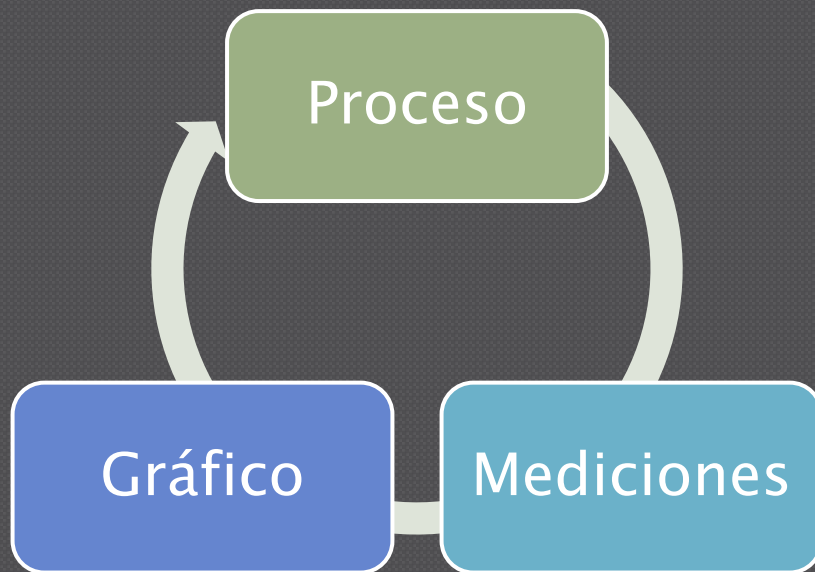
Control de Calidad

Gráficos de Control

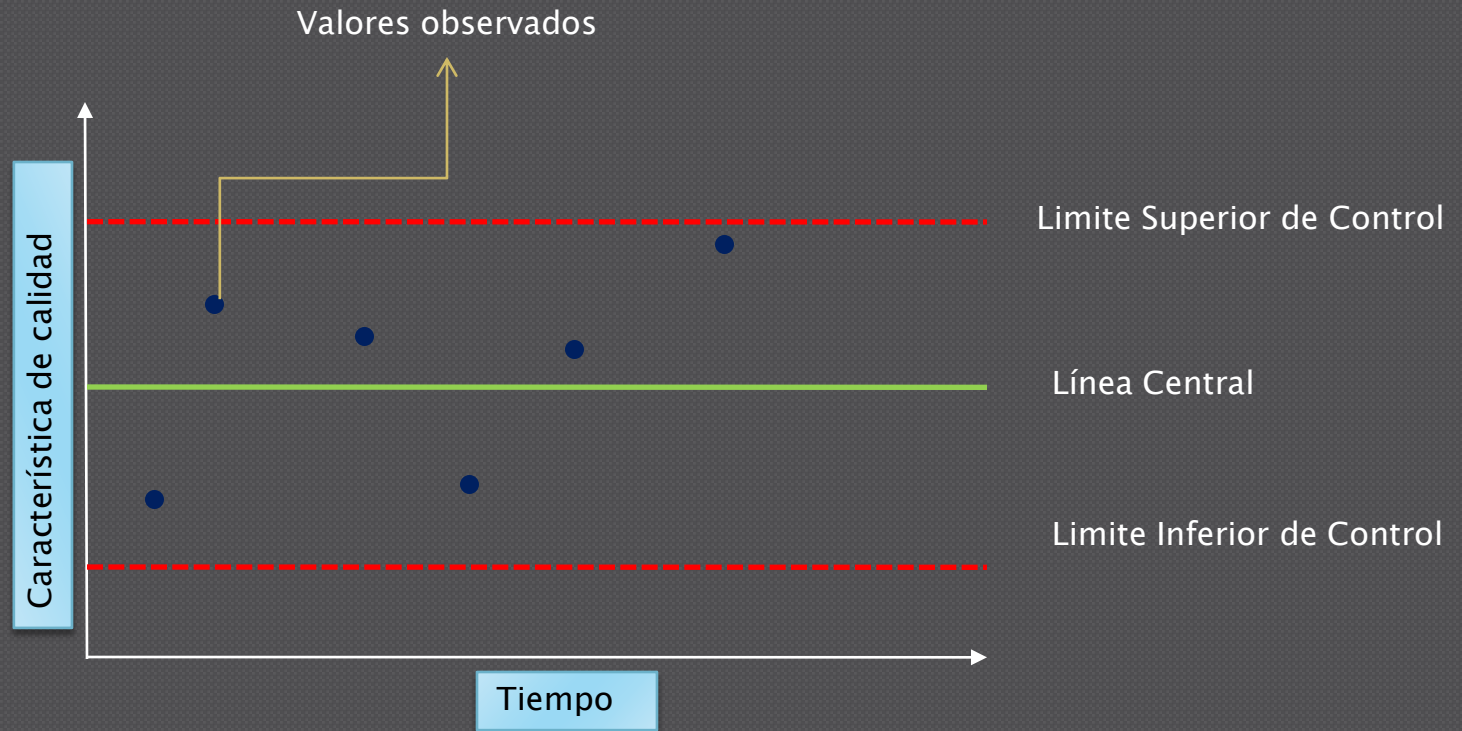
Prof. Douglas Rivas

Definición

Básicamente, un **Gráfico 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.

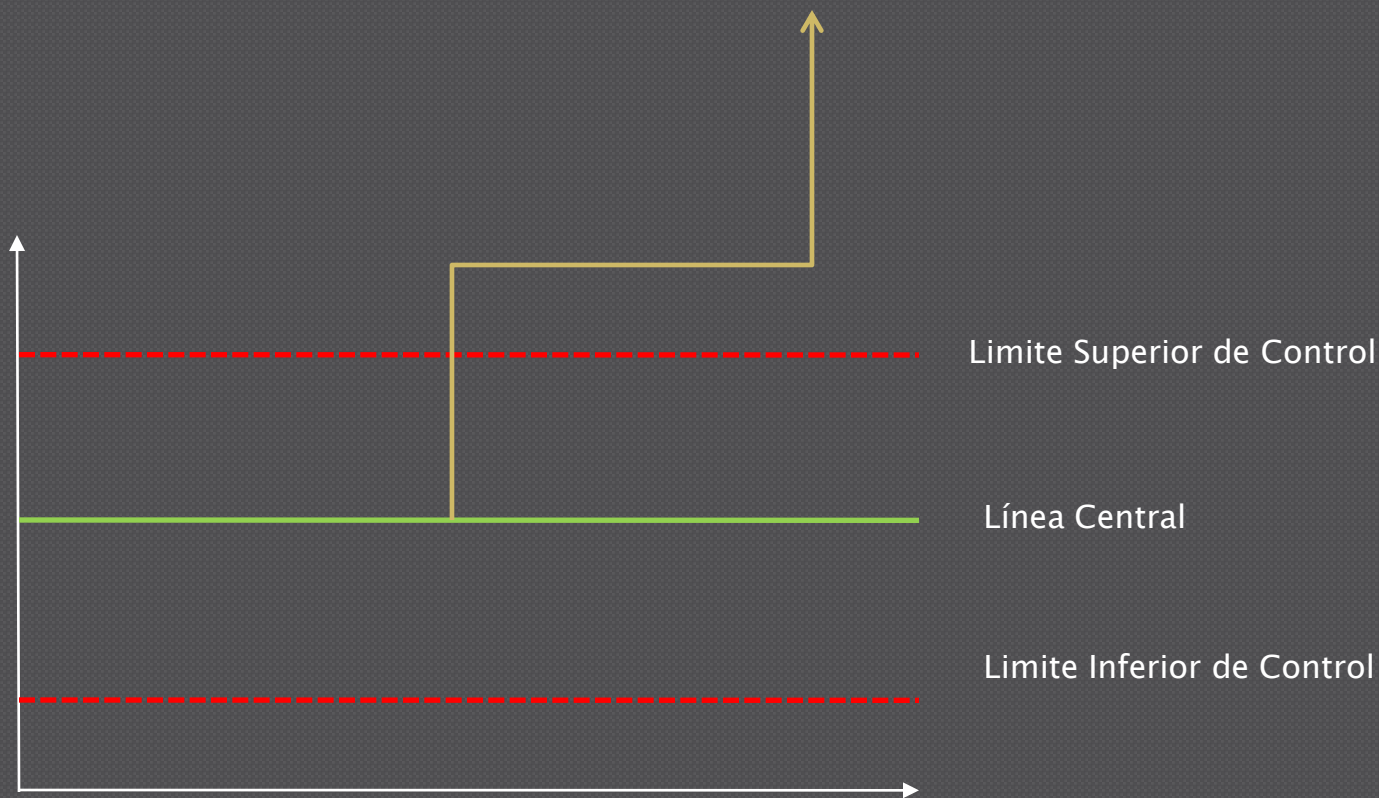


Elementos



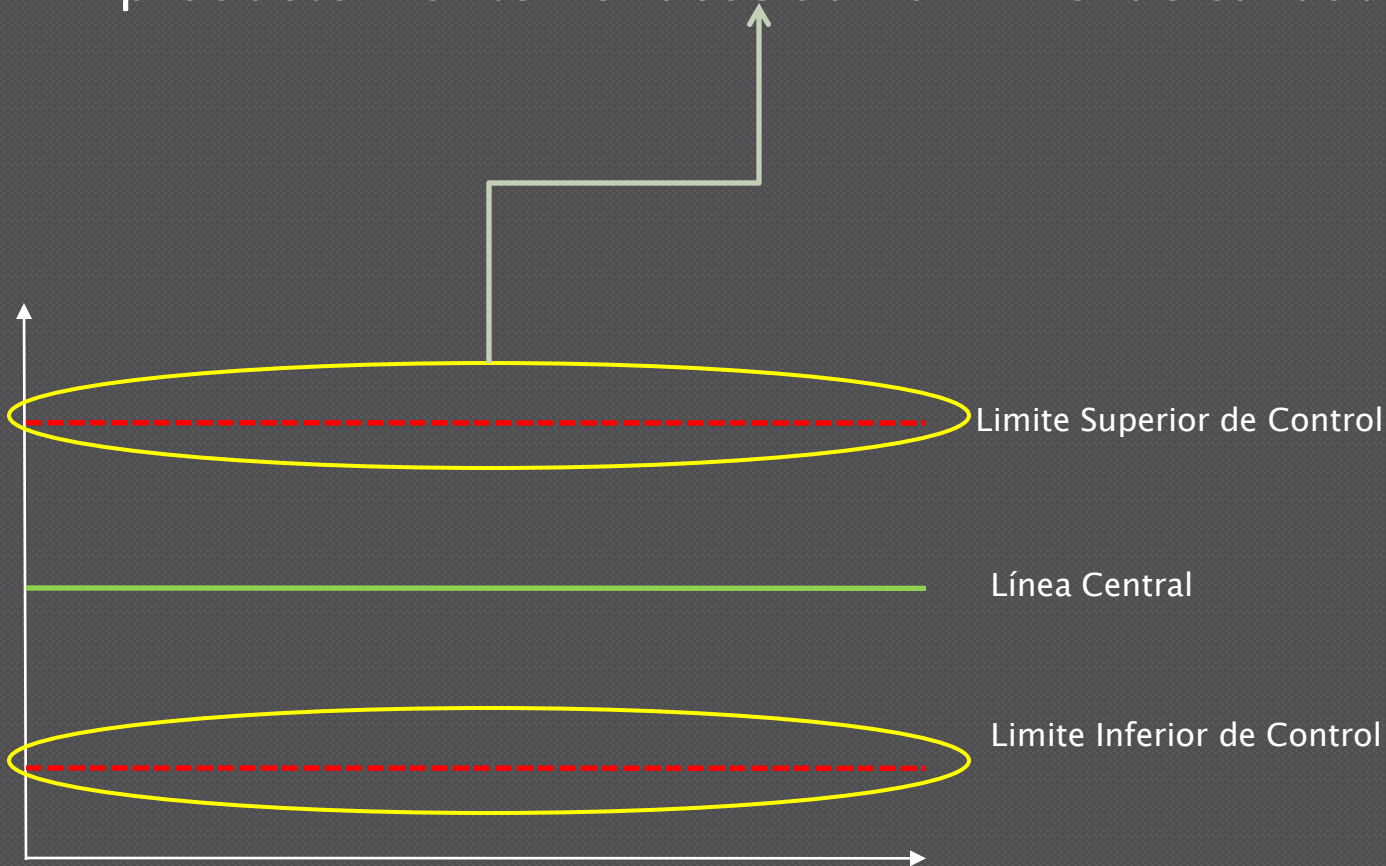
Elementos

La línea central representa el nivel esperado de la característica de calidad del producto.

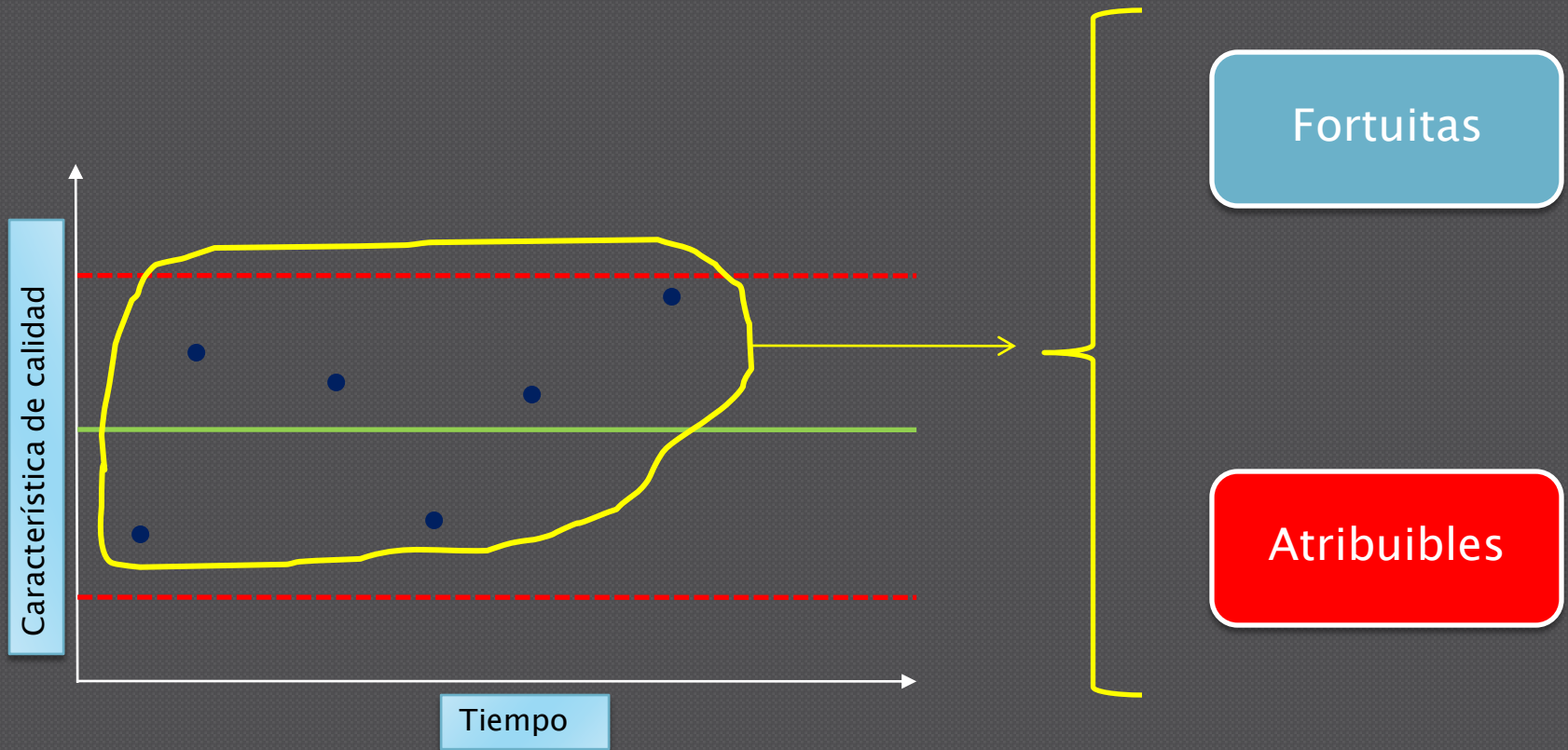


Elementos

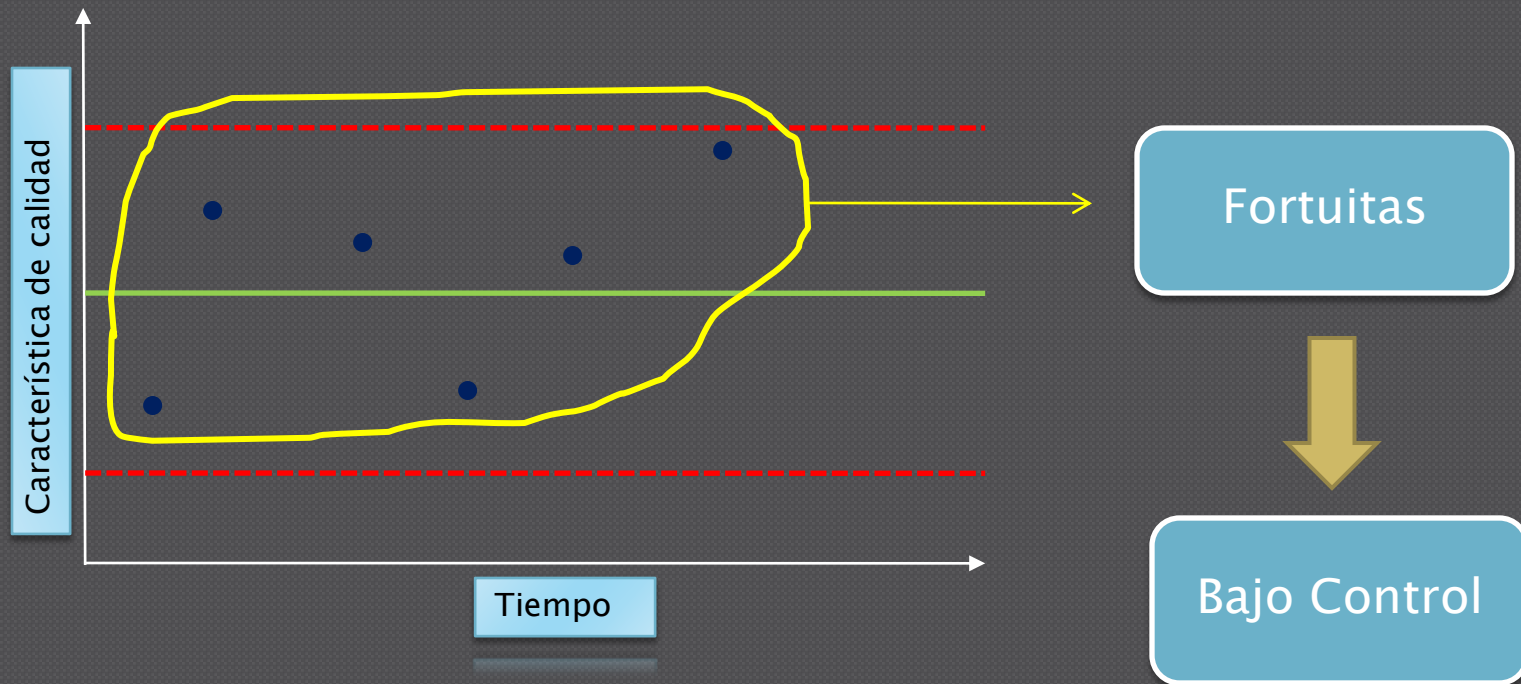
Definen que tanto puede variar la característica de calidad del producto manteniéndose aún un nivel de calidad aceptable.



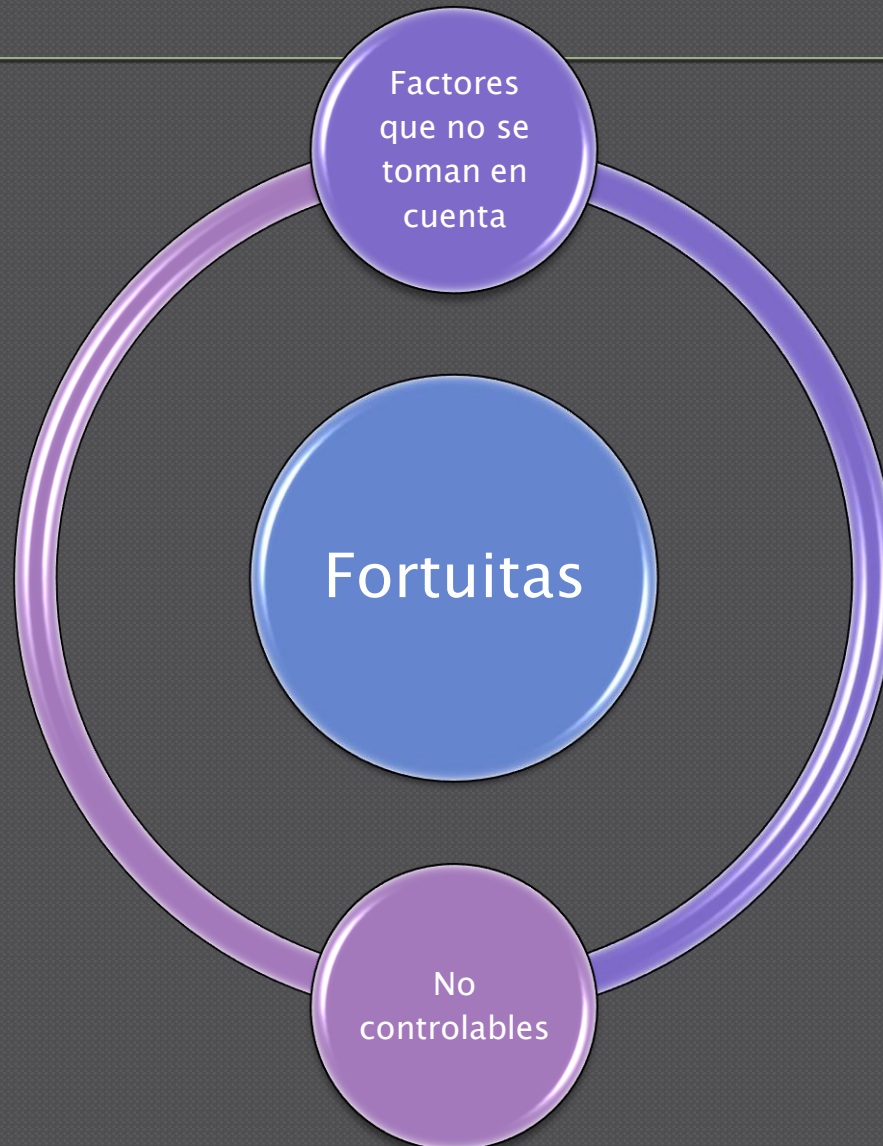
Variabilidad en un proceso



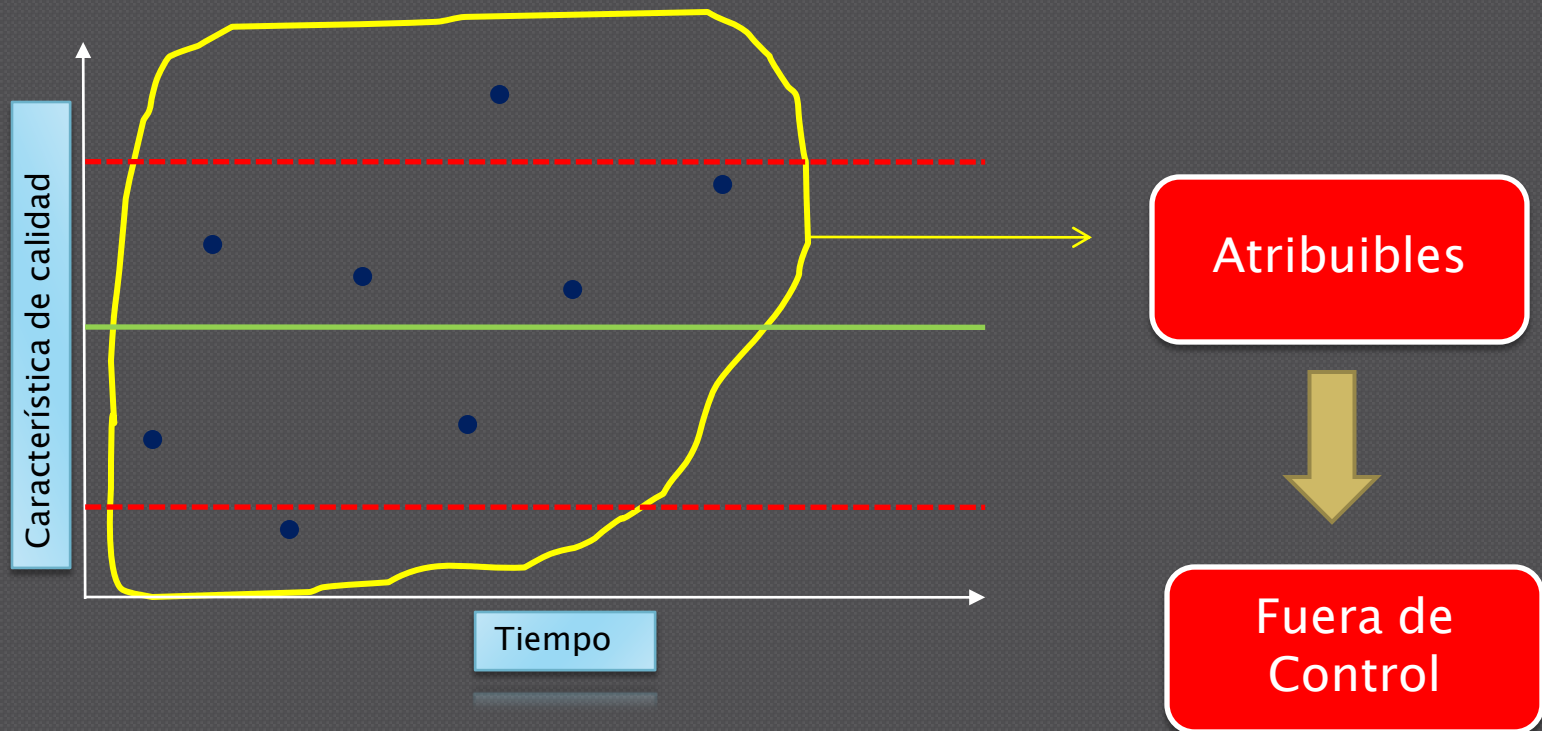
Fortuitas – Bajo Control



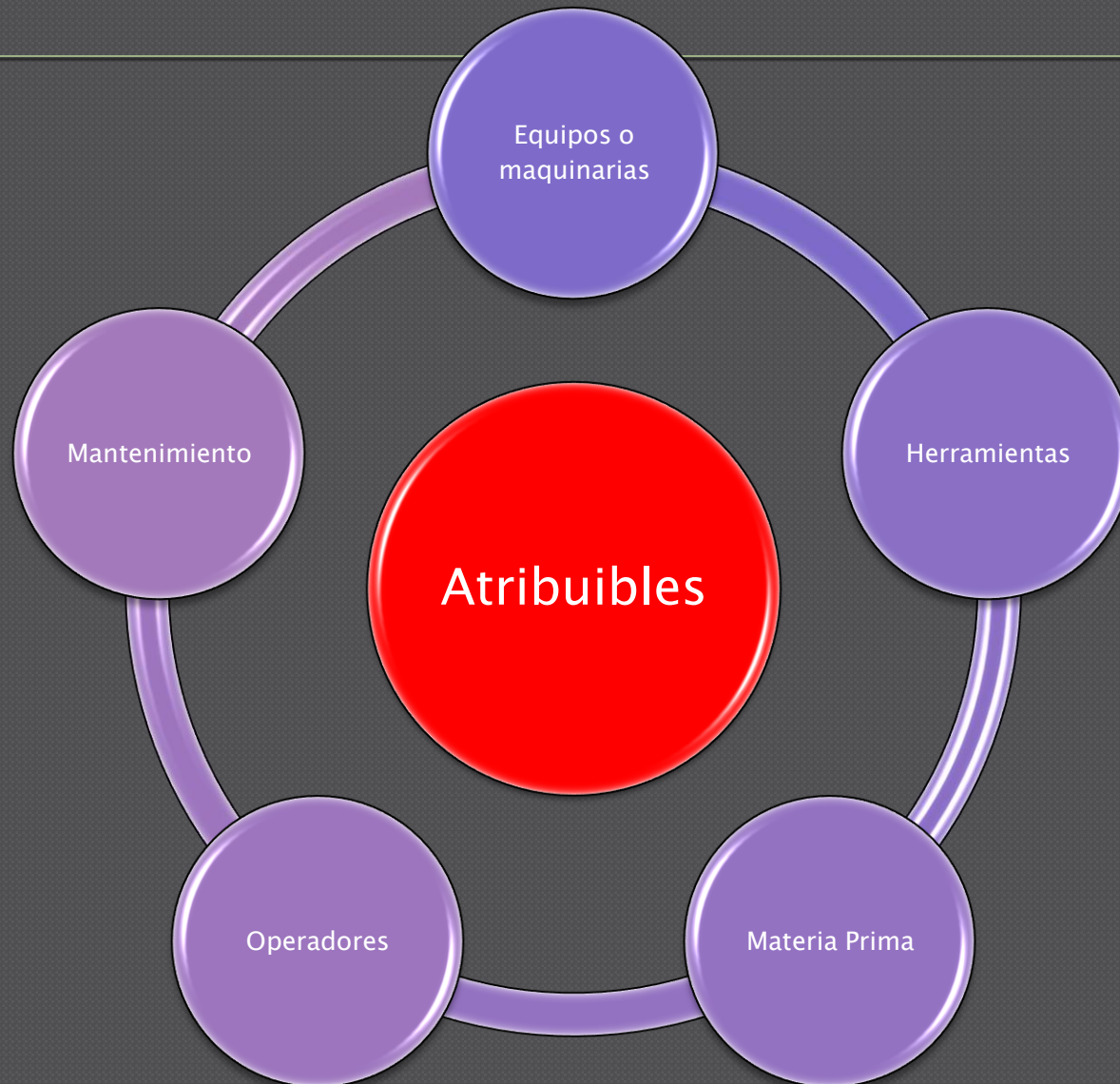
Fortuitas – Bajo Control



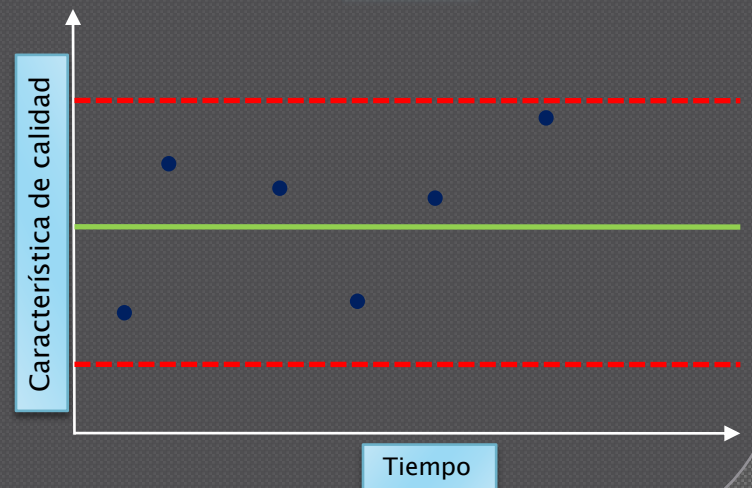
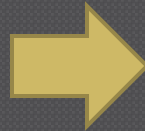
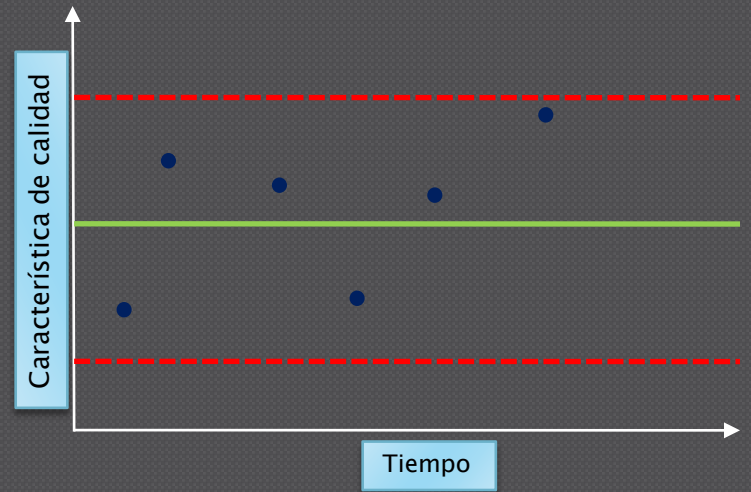
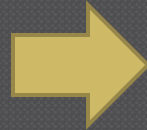
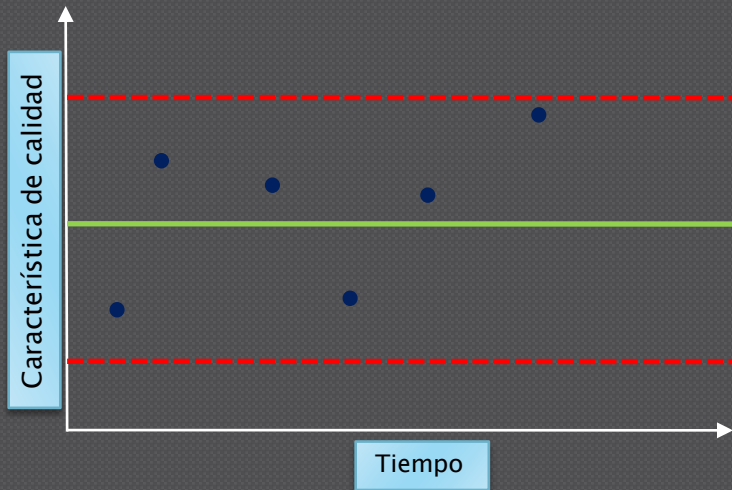
Atribuibles – Fuera de Control



Atribuibles – Fuera de Control

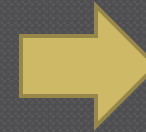
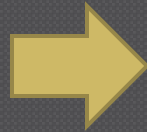


Objetivos de los gráficos de control



Ejemplo

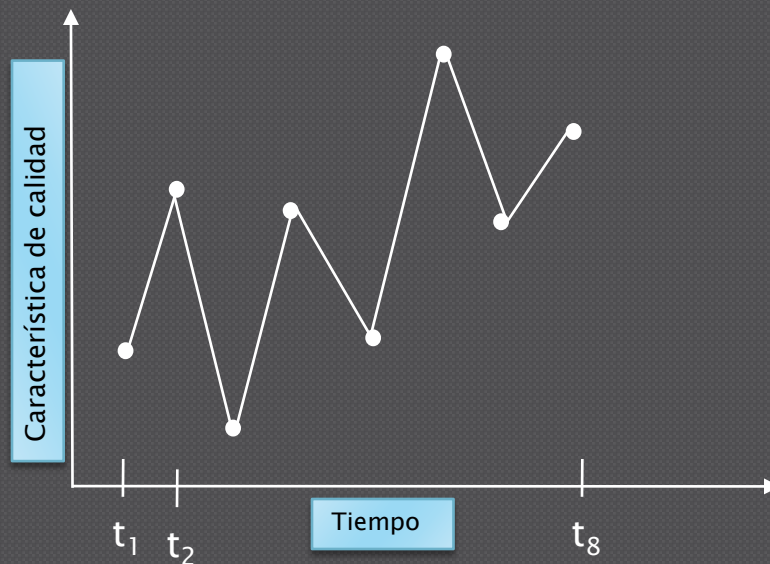
Supongamos que tenemos una máquina que produce envases de PVC. Supongamos además que una característica de calidad importante es el peso de la pieza. Un peso bajo o excesivo de la pieza incide sobre la calidad de la misma.



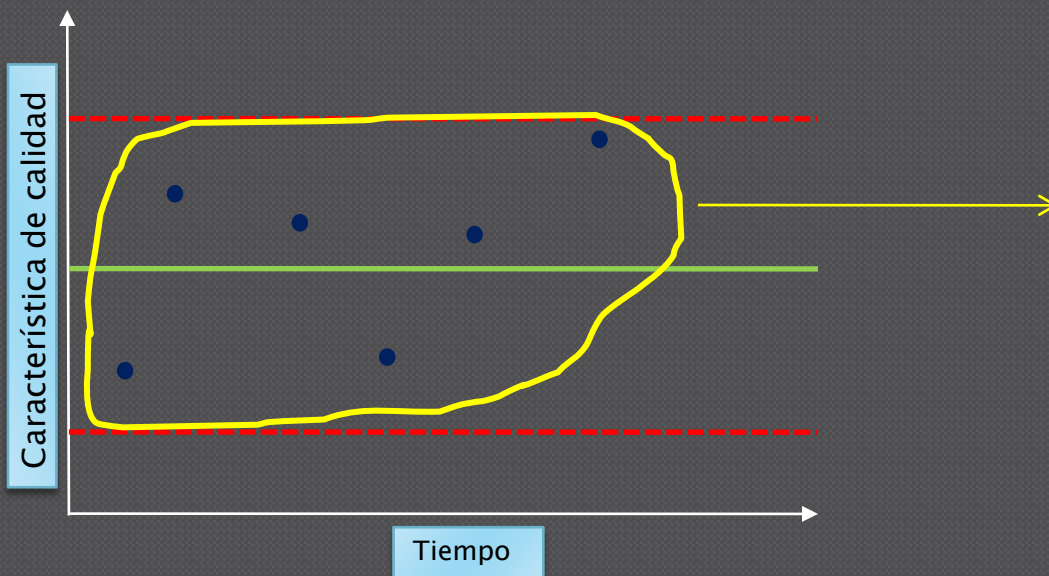
Peso

Ejemplo

Cada cierto tiempo se toma una pieza, se pesa y se registra dicho peso. Luego se registran estos datos en un gráfico en función del tiempo.

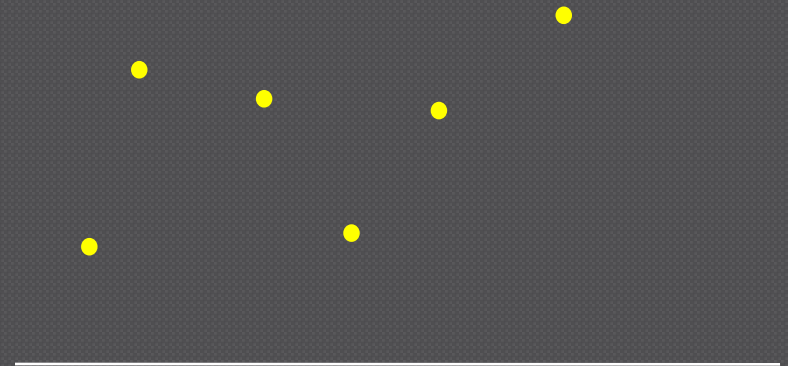
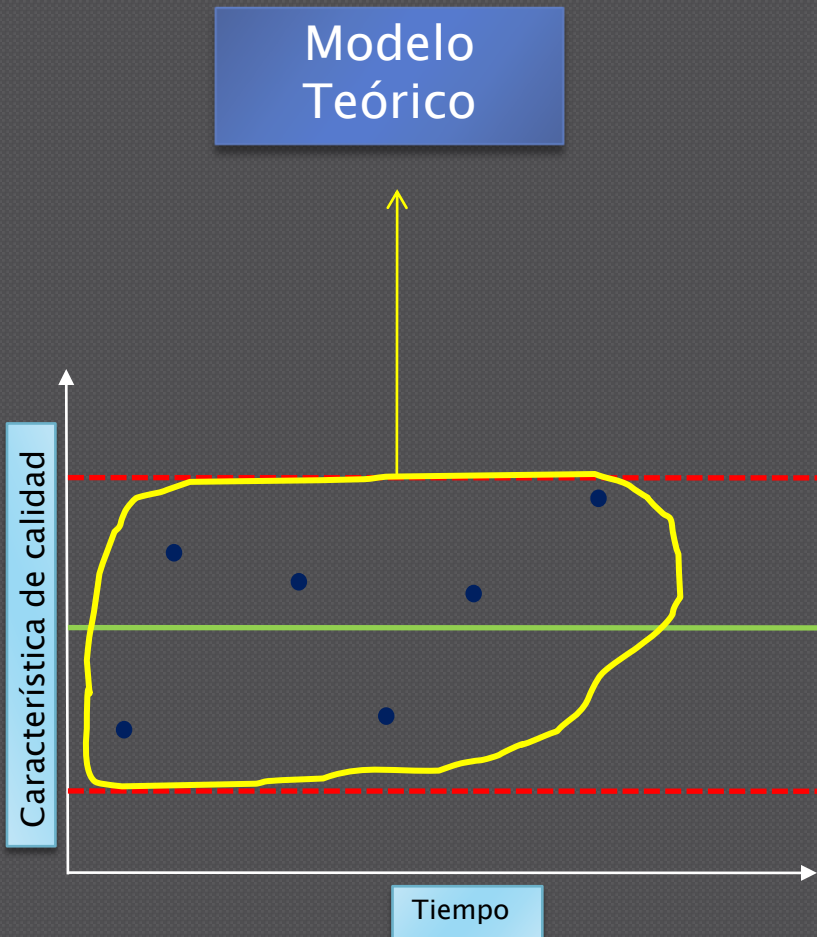


Fundamentación estadística



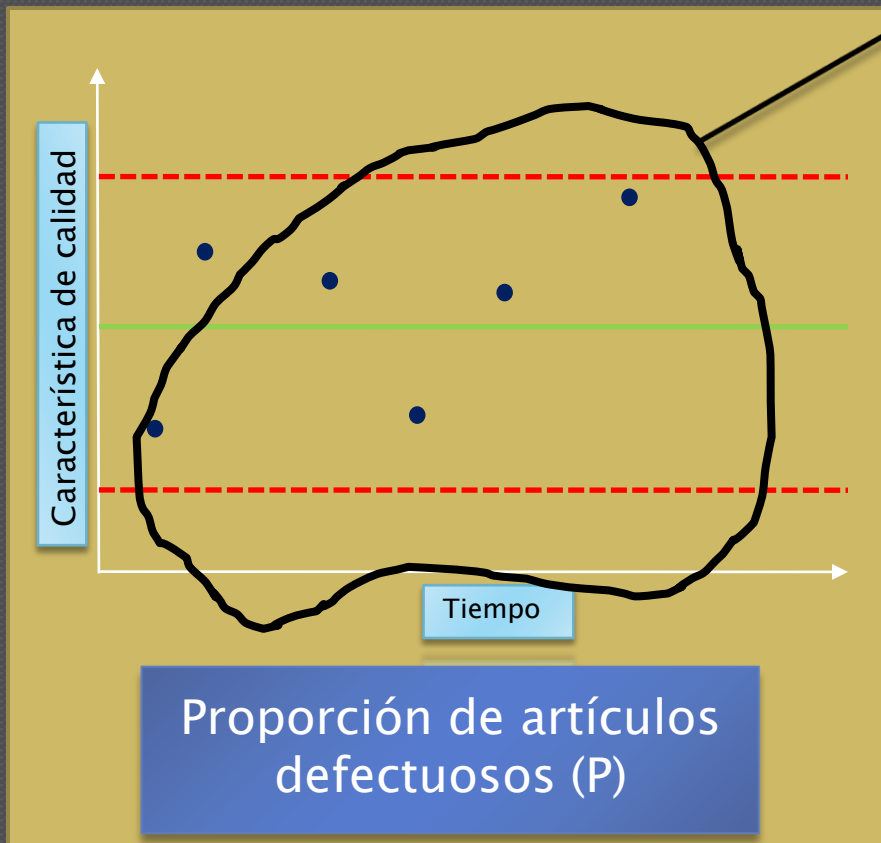
Constituye la base fundamental donde descansan los principios teóricos de los gráficos de control.

Fundamentación estadística



Por ejemplo...

Proceso



Muestra de tamaño n

$X = \{\text{Numero de artículos defectuosos}\}$

$X \sim \text{bin}(n, P)$

Por ejemplo...

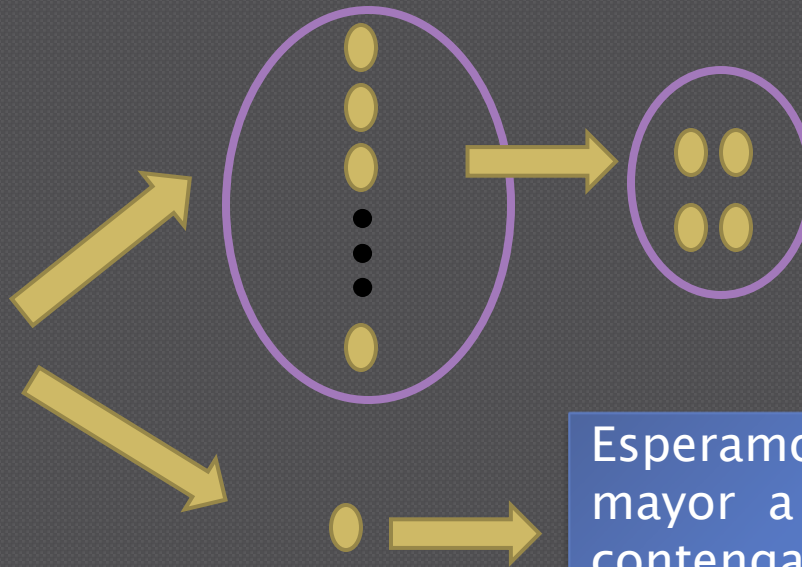
Si $n = 10$ y $P = 0.01$

$$\rightarrow P(X \geq 2) = 1 - P(X \leq 1) = 0.004$$

1000
Muestras

Bajo control

Esperamos con probabilidad mayor a 0.99 que la muestra contenga menos de 2 artículos defectuosos



Por ejemplo...

```
graph LR; A[More than 2 defective articles] --> B[The proportion of defective articles is 0.01, but a coincidence occurred because the probability of this happening was only 0.004]; A --> C[The event constitutes evidence to think that the proportion of defective articles is not equal to the assumed value but should be higher.];
```

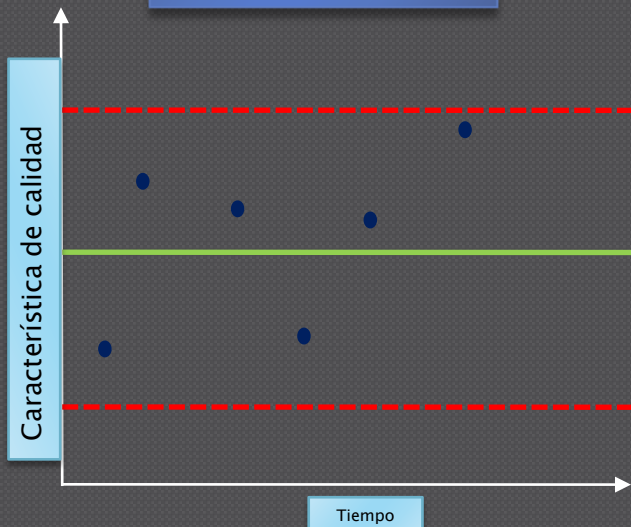
Mas de 2 artículos defectuosos

La proporción de artículos defectuosos del proceso es 0.01, pero ocurrió una casualidad, ya que la probabilidad de que esto ocurriera era apenas 0.004

El hecho ocurrido constituye una evidencia para pensar que la proporción de artículos defectuosos no es igual al valor supuesto sino que debe ser mayor.

Gráfico de control y prueba de hipótesis

Uso de



Contrastar a través del tiempo

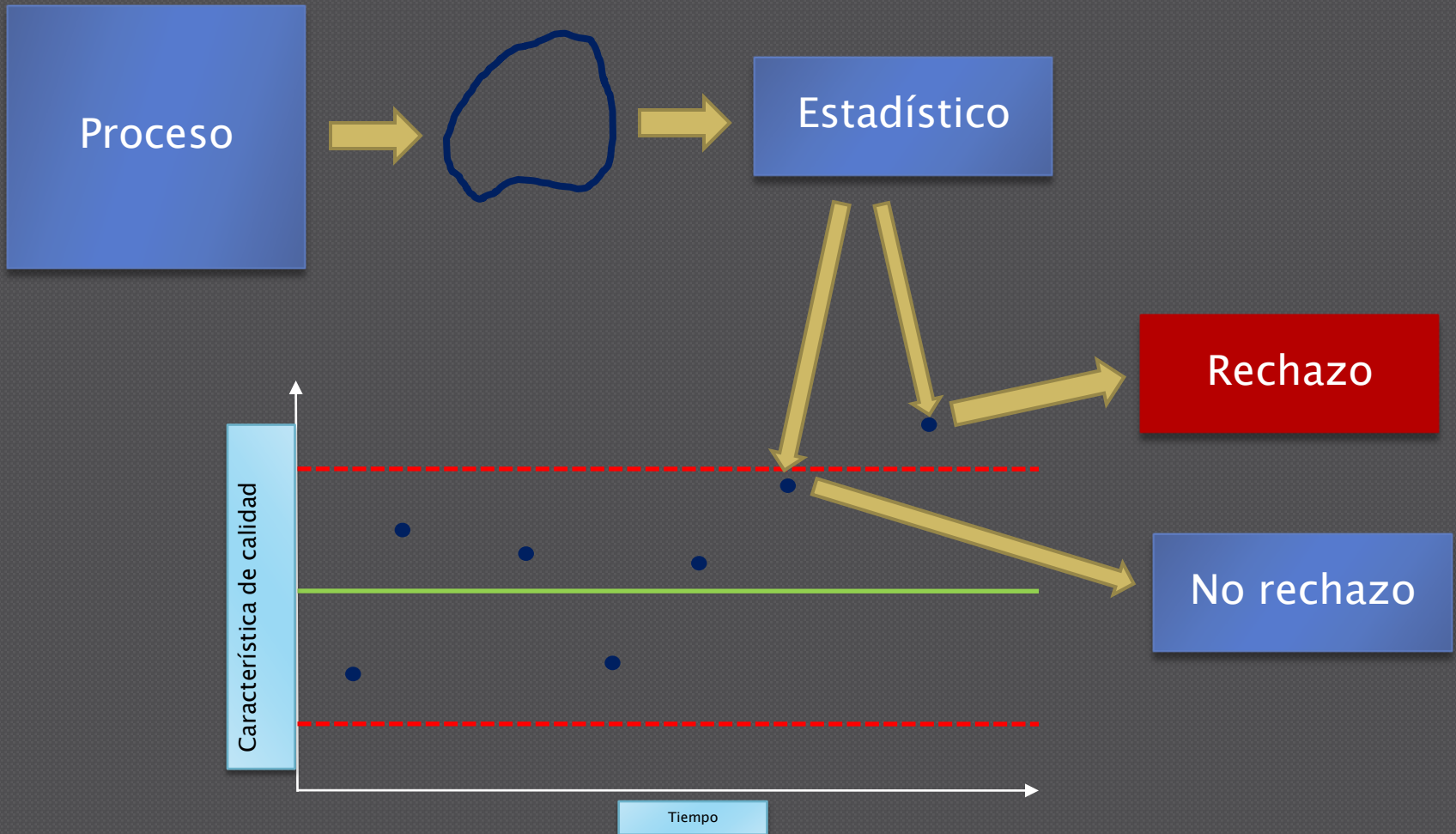
H_0

• El proceso se encuentra bajo control

H_1

• El proceso está fuera de control

Gráfico de control y prueba de hipótesis



Errores

Error Tipo I

- Concluir que el proceso está fuera de control cuando en realidad no lo está.

α

Error Tipo II

- Concluir que el proceso está en control cuando en realidad está fuera de control.

β

Gráfico de control en el caso normal

Proceso Estable



$$X \sim N(\mu_0, \sigma^2)$$

Mientras el proceso funcione con ese valor de la media se considerará que el proceso está bajo control

Si hay un cambio significativo en la media del proceso, entonces se considera que el proceso está fuera de control

Construcción de los límites de control

Los límites de control son las regiones críticas utilizadas para probar las hipótesis

$H_0 : \mu = \mu_0$ (El proceso está bajo control)

$H_1 : \mu \neq \mu_0$ (El proceso está fuera de control)

El estadístico de prueba es

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma_{\bar{X}}} \sim N(0,1)$$

Construcción de los límites de control

Desarrollando, obtenemos:

$$LSC = \mu_0 + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$LIC = \mu_0 - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$LC = \mu_0$$

Ejemplo

En una empresa embotelladora de bebidas gaseosas, un aspecto muy importante, es lograr que los envases queden sin fugas. Las tapas metálicas que se usan en la embotelladora, llevan una película de PVC, cuyo espesor es el responsable que el envase quede bien tapado. El espesor de la película depende directamente de la cantidad de PVC que lleva cada tapa, lo que hace que ésta sea una característica de calidad crítica.

Ejemplo

Para que el proceso de fabricación de las tapas coloque la película con el espesor adecuado, el peso de los gránulos de PVC debe estar entre 212 y 218 mg. Se sabe que la desviación estándar del peso de los gránulos es de 1,00 mg. Si el peso es menor de 212 mg, la película queda muy delgada, lo que puede causar fuga de gas en la bebida. En cambio, si el peso es mayor de 218 mg, se gastaría más PVC de lo necesario, incrementando los gastos de producción.

Ejemplo

Para controlar el promedio de los pesos de los gránulos de PVC suministrados, podemos calibrar el equipo para trabajar con un promedio de 215 mg., y definir el esquema de muestreo a realizar, es decir, definir el tamaño de la muestra (n) y la frecuencia de muestreo. Si suponemos que se van a tomar muestras de 4 gránulos cada hora, podemos calcular los límites de control. Una vez obtenidos los límites calculamos el promedio en cada muestra y evaluamos el proceso.

Formulación general de un gráfico de control

Sea θ un estadístico muestral correspondiente a una característica de calidad

μ_θ representa la media.

σ_θ representa la desviación estándar

Limites de control

Los limites para monitorear el proceso son:

$$LSC = \mu_{\theta} + k\sigma_{\theta}$$

$$LIC = \mu_{\theta} - k\sigma_{\theta}$$

$$LC = \mu_{\theta}$$

Gráficos de control
de Shewhart

Despejando k, tenemos

$$k = \frac{LSC - \mu_{\theta}}{\sigma_{\theta}} = \frac{LIC - \mu_{\theta}}{\sigma_{\theta}}$$

Limites de control

De acuerdo con la selección de k , podemos clasificar los gráficos en 2 tipos

Gráficos de control 3 sigmas

$K = 3$

Gráficos de control con límites probabilísticos

α

Criterios para la especificación de los límites

1

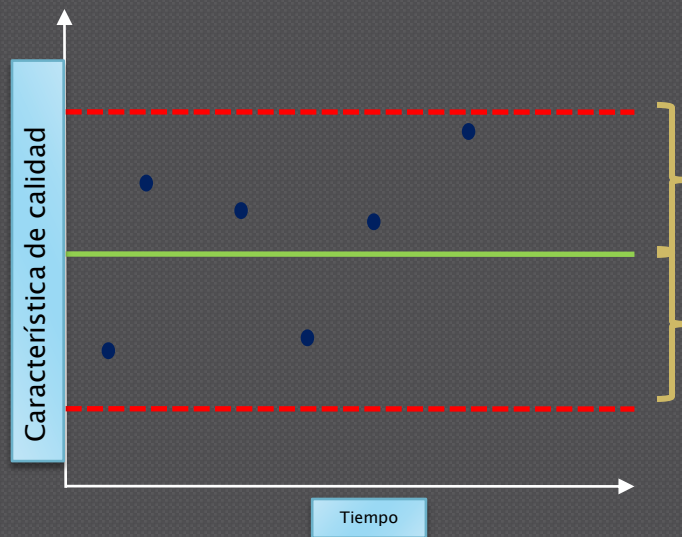
Criterios
Técnicos

2

Criterios
Económicos

Criterios Técnicos

Error Tipo I y Tipo II.



α
 β

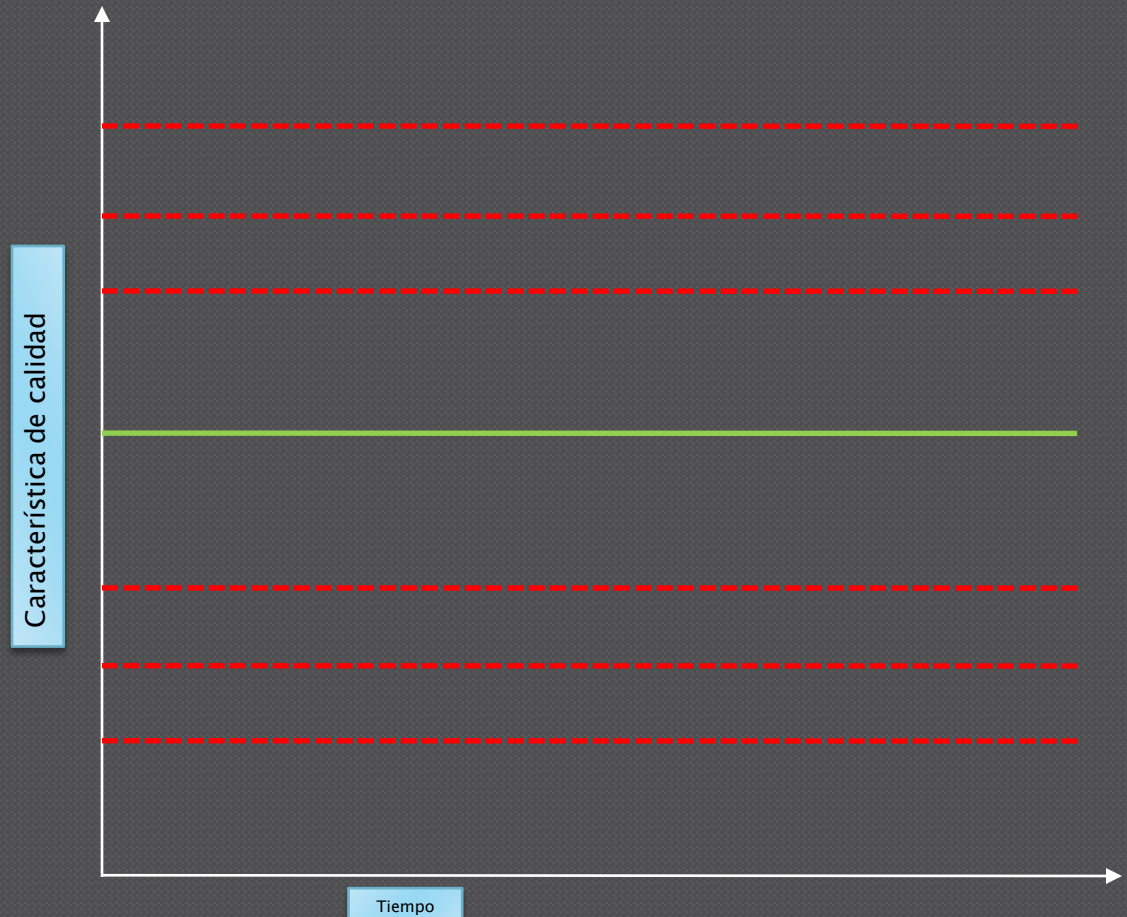
Criterios Técnicos

Error Tipo I

α

α

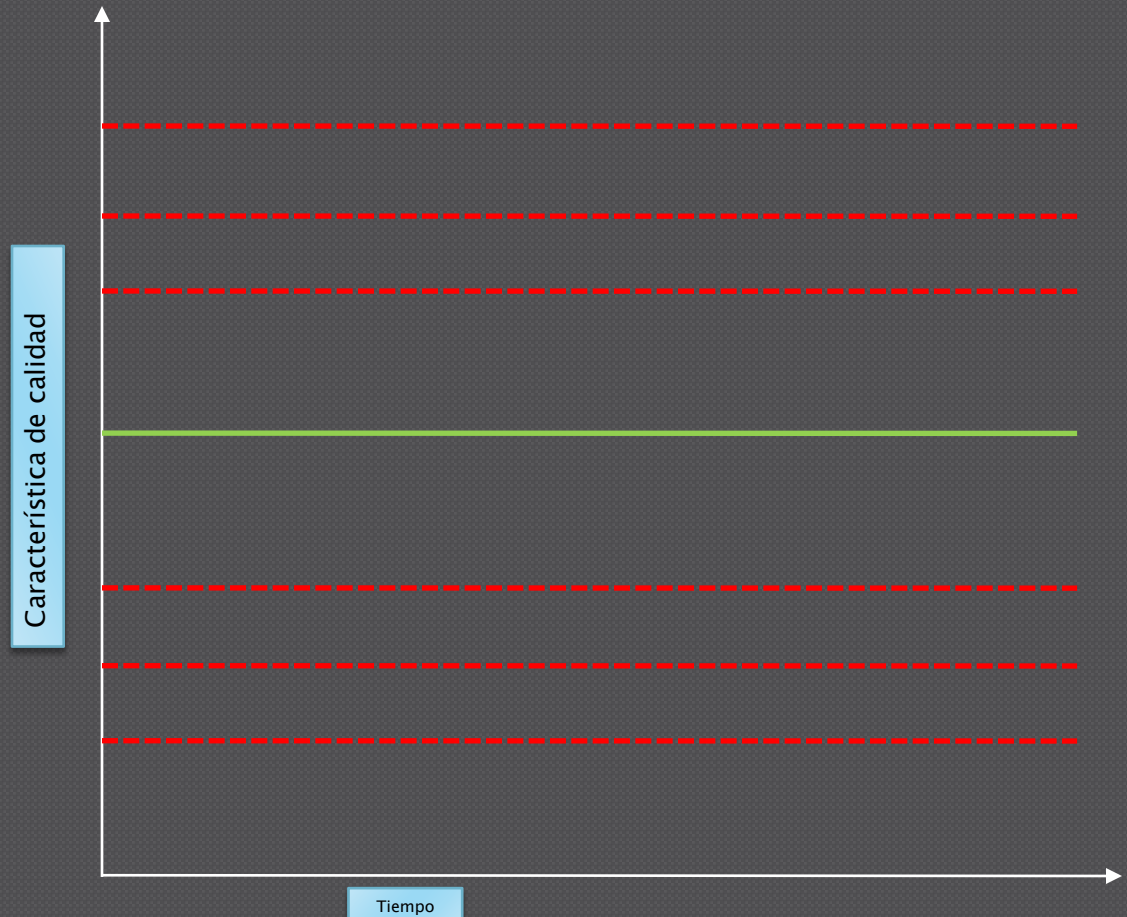
α



Criterios Técnicos

Error Tipo II

β
 β
 β



Criterios Técnicos

α

β

α

β

α

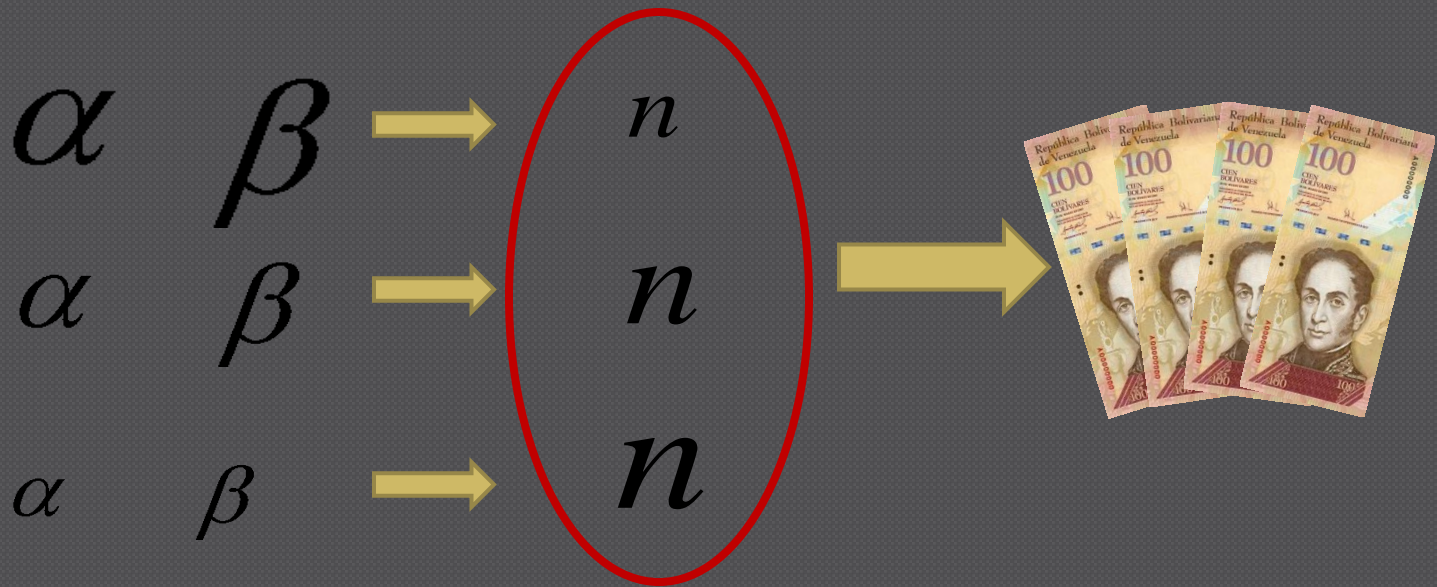
β

Evaluar cual de los 2 errores es más grave

Detener el proceso
para buscar una
causa atribuible
cuando no existe
(falsa alarma)

Detectar tarde una
condición fuera de
control y así fabricar
productos
defectuosos

Criterios Técnicos



Criterios Técnicos

Tamaño de la muestra y frecuencia de muestreo

Tamaño de Muestra

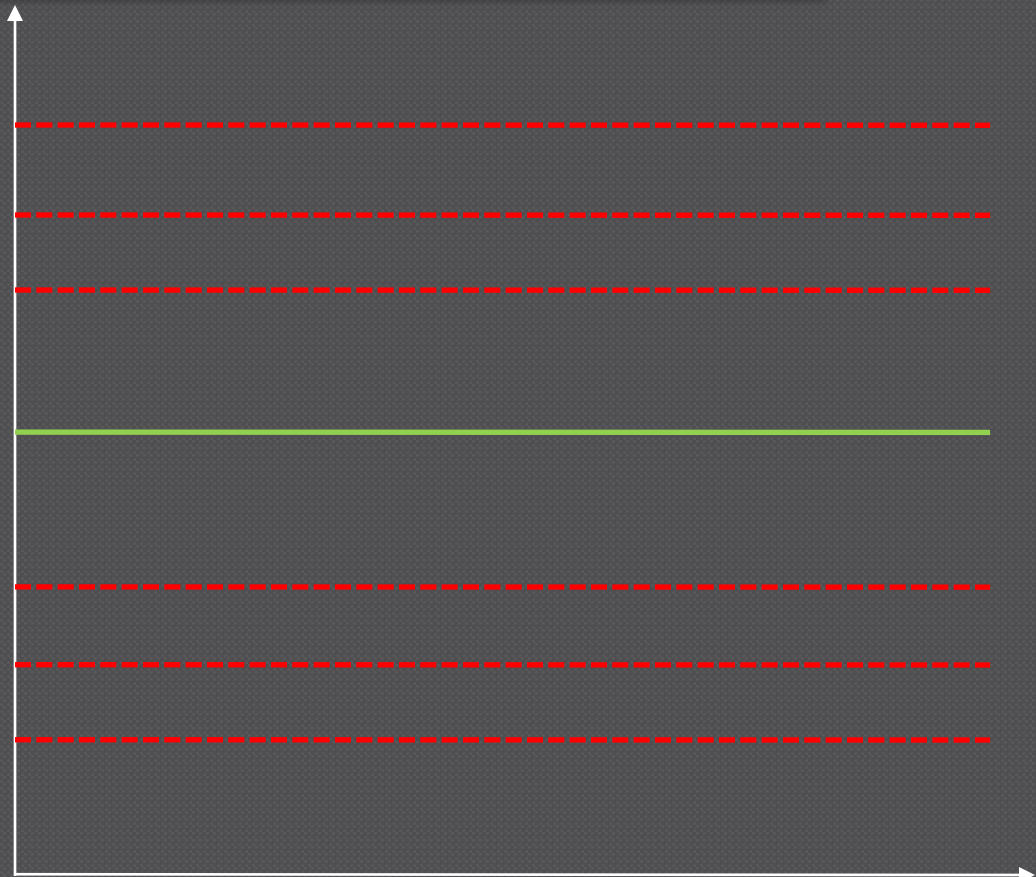
n

n

n

Característica de calidad

Tiempo



Criterios Técnicos

Tamaño de la muestra y frecuencia de muestreo

Frecuencia de muestreo

Mientras más frecuente sea el muestreo, más rápido se detectará una condición fuera de control y menos tiempo durará el proceso produciendo artículos fuera de especificaciones

Criterios Económicos

Costo del muestreo por unidad

Tasa de producción

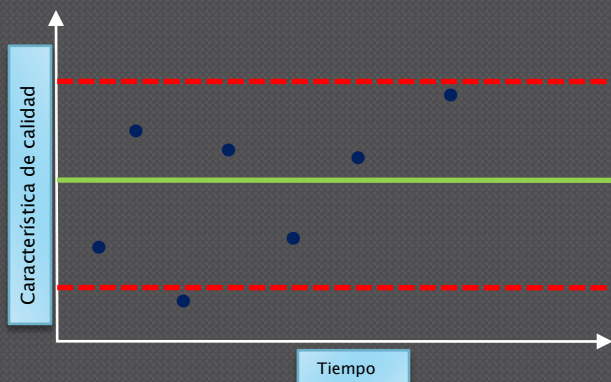
Confiabilidad de los equipos

Indicadores para evaluar un gráfico de control

Longitud media de corrida (LMC)



LMC = número de muestra, en promedio, que serían necesarias tomar hasta detectar la condición de fuera de control (pequeño)



LMC = número de muestra, en promedio, que se tomarían hasta obtener una falsa alarma (grande)

Indicadores para evaluar un gráfico de control

Longitud media de corrida (LMC)

De acuerdo con la definición el cálculo de la LMC depende del estado en que se encuentre el proceso.

Fuera de control

$$\Rightarrow LMC = \sum_{n=1}^{\infty} nP_n \Rightarrow LMC = \frac{1}{1-\beta}$$

n = número de muestras tomadas hasta detectar la condición fuera de control.

P_n = probabilidad de que la detección de la condición fuera de control, ocurra en la n -ésima muestra.

Indicadores para evaluar un gráfico de control

Longitud media de corrida (LMC)

Bajo control

$$\Rightarrow LMC = \sum_{n=1}^{\infty} nP_n \Rightarrow LMC = \frac{1}{\alpha}$$

n = número de muestras tomadas hasta obtener una falsa alarma

P_n = probabilidad que la falsa alarma, ocurra en la n -ésima muestra.

Subagrupamiento o grupos racionales

Las máquinas, los operadores, turnos, materia prima pueden ser todos fuente de variabilidad. Para neutralizar dicha variabilidad se recomienda crear grupos homogéneos.

Clasificación de los gráficos de control

