

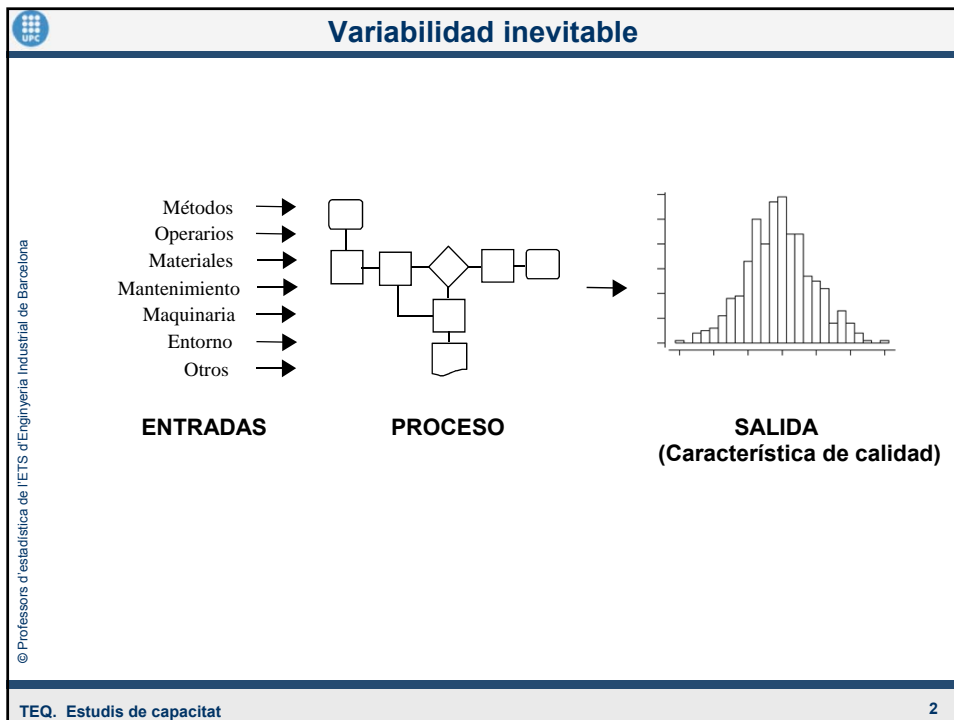
Estadística Industrial


Estudis de capacitat



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Departament d'Estadística
i Investigació Operativa

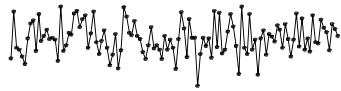




Caracterización de las causas de variabilidad

Proceso en estado de control estadístico:
sólo sometido a causas aleatorias de variabilidad

Aleatorias



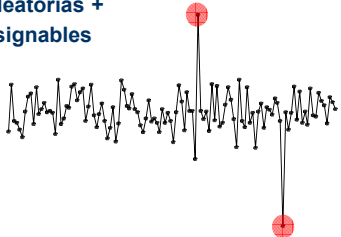
Son muchas, cada una produce pequeñas variaciones

Son parte permanente del proceso

Difíciles de eliminar

Previsible estadísticamente

Aleatorias + asignables



Son pocas, pero cuando aparecen producen variaciones importantes


Aparecen esporádicamente

Fáciles de identificar (y, por tanto, fáciles de eliminar)

No previsibles estadísticamente

TEQ. Estudis de capacitat

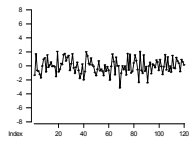
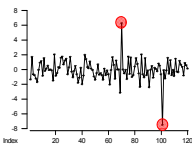
3



Estrategias para reducir la variabilidad

OBJETIVO:
Reducir la variabilidad

Diagnóstico: SPC

Causas Aleatorias

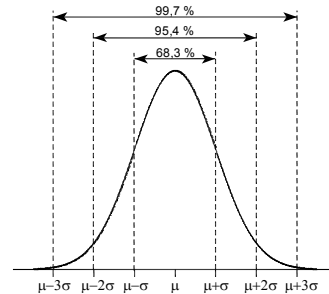
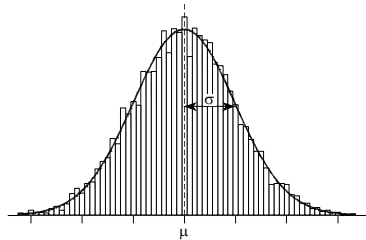
- Cambiar las máquinas
- Introducir mejoras importantes
- Modificar el diseño (DOE robusto)
- Modificar el servicio

Causas Asignables

- Establecer una estrategia (recogida de datos) para identificar las causas y un plan de acciones correctivas y preventivas
- Eliminar estas causas

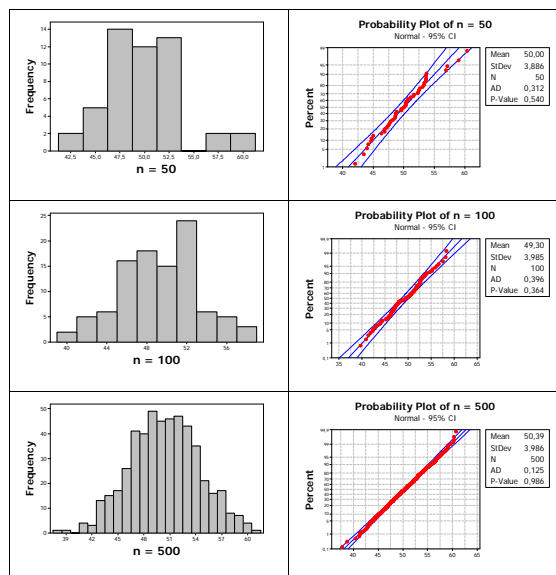
TEQ. Estudis de capacitat

4



Se caracteriza por dos parámetros: μ y σ

Proporción de observaciones en el intervalo media $\pm k$ desviaciones tipo



Situación 1

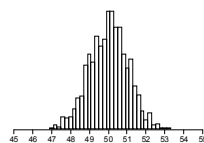
Se desea comprar una máquina rectificadora que sea capaz de realizar la operación en diámetros interiores dentro de unas tolerancias de ± 10 micras. Hay cuatro posibles proveedores de máquinas ¿Cómo decidimos si sus máquinas permiten cumplir nuestras tolerancias?

Situación 2

El cliente exige una calidad de 50 ppm o superior.

¿Cómo podemos llegar a tener una idea global de la calidad que estamos produciendo sin inspeccionar la producción total?

Variabilidad a corto plazo
Capacidad de máquina

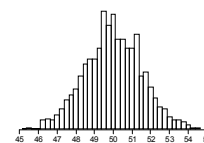


+

Variaciones debidas
a cambios de:
Turno
Operario
Materias primas, etc.

=


Variabilidad a largo plazo
Capacidad de proceso



Los índices de capacidad se calculan de forma análoga, lo que cambia es **como se recogen los datos**. Y también la notación:

Corto plazo (capacidad de máquina): C_m y C_{mk}

Largo plazo (capacidad de proceso): C_p y C_{pk}

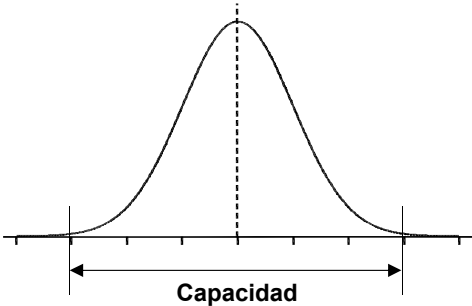


Concepto de capacidad

Variabilidad cuando sólo afectan causas aleatorias


Capacidad = Medida de variabilidad

Capacidad = “Anchura de la campana”: 6σ
 (algunas organizaciones usan 8σ o 10σ)



TEQ. Estudis de capacitat

9

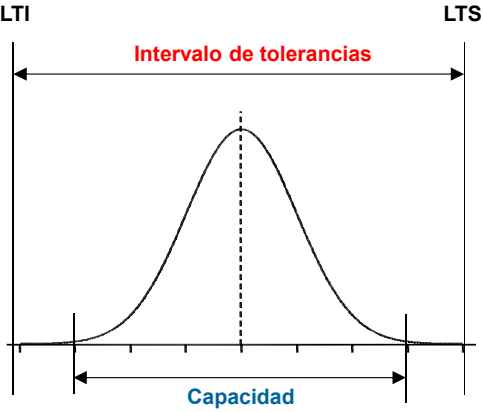


Índice de capacidad

$$C_p = \frac{LTS - LTI}{6\sigma}$$

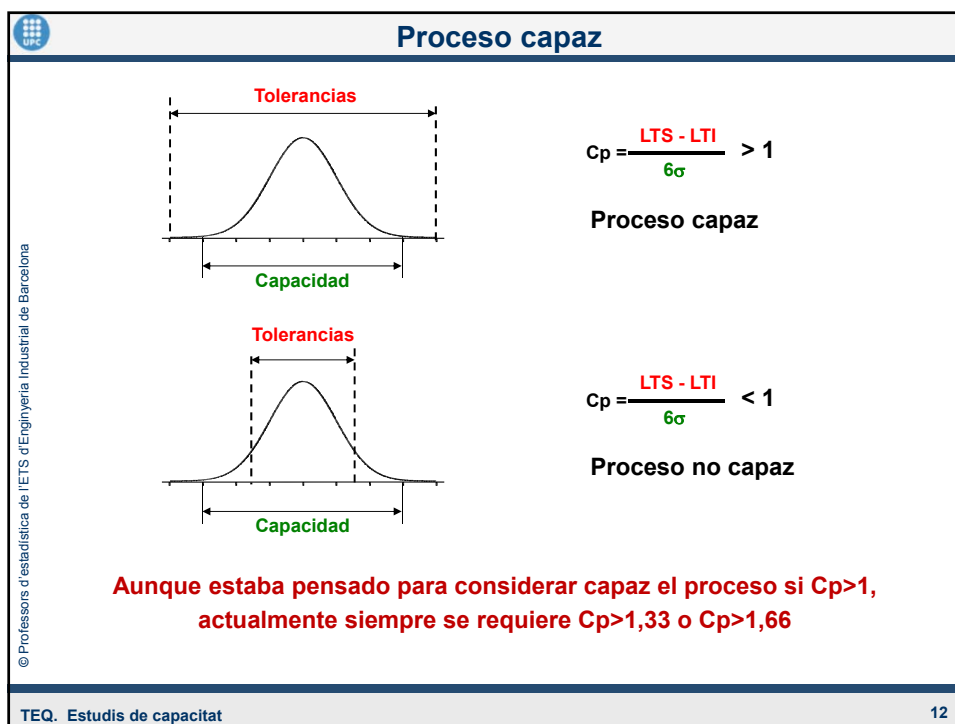
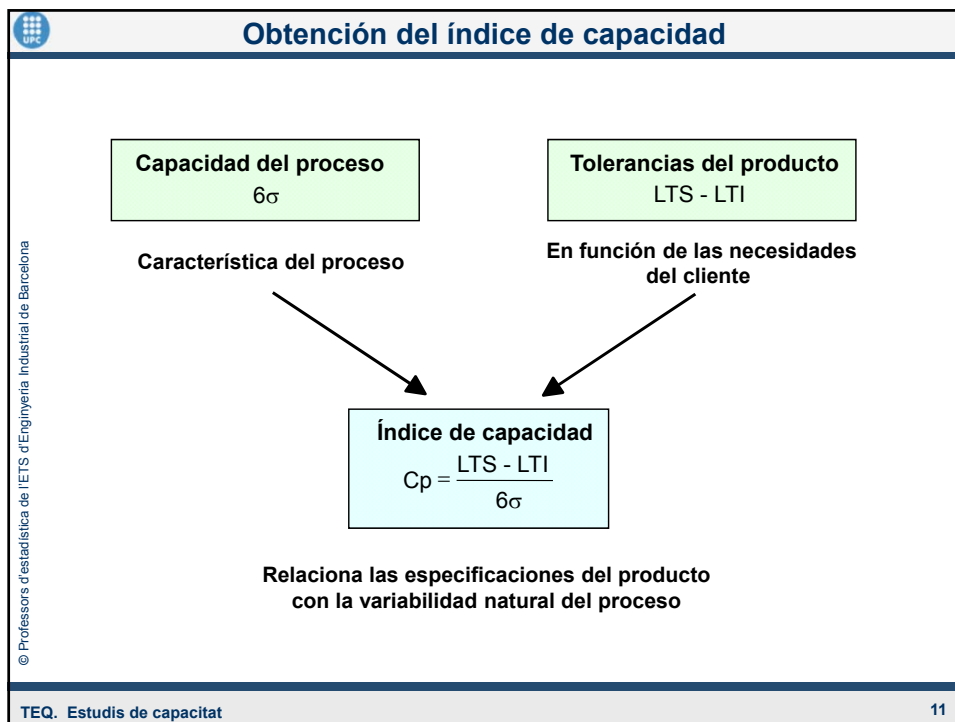
Anchura tolerancias


Anchura campana



TEQ. Estudis de capacitat

10






¿Basta con ser capaz?

Pregunta: Un proceso sobradamente capaz,
¿puede producir piezas defectuosas?

Respuesta: Sí, si está descentrado

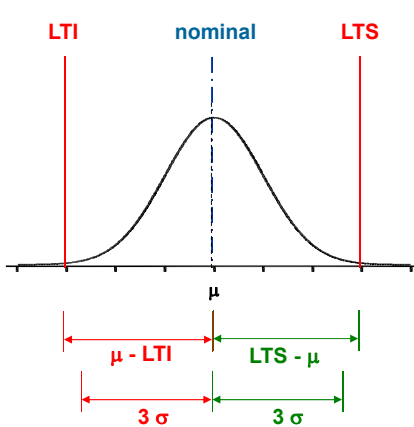
TEQ. Estudis de capacitat

13



Índice Cpk (1)

Campana centrada



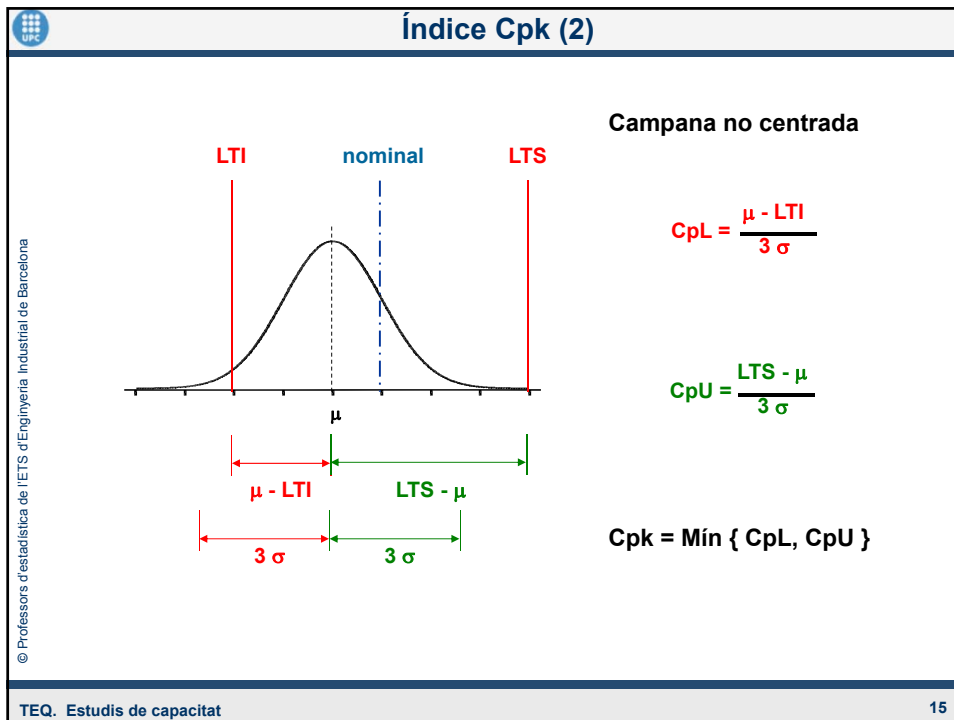
$$CpL = \frac{\mu - LTI}{3\sigma}$$

$$CpU = \frac{LTS - \mu}{3\sigma}$$

$$Cpk = \text{Mín} \{ CpL, CpU \}$$

TEQ. Estudis de capacitat

14



- Estudios de capacidad de máquina (corto plazo): pasos**
1. Asegurarse de que la máquina se encuentra en estado de control (no causas asignables).
 2. Tomar un mínimo de 50 unidades consecutivas (normalmente entre 50 y 100), midiendo para cada una la característica a estudiar.
 3. Verificar la normalidad de los datos. (Papel probabilístico normal).
 4. Estimar la desviación tipo del proceso o, directamente, su capacidad y calcular los índices.
- Cm y Cmk**
- © Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona
- TEQ. Estudis de capacitat 16

UPC

Capacidad de máquina con Minitab

Subgroup size: num. de observaciones

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Process Data

LSL	7
Target	+
USL	13
Sample Mean	9,98166
Sample N	50
StDev (Within)	1,00191
StDev (Overall)	0,996809

Observed Performance

PPM < LSL	0,00
PPM > USL	0,00
PPM Total	0,00

Exp. Within Performance

PPM < LSL	1460,23
PPM > USL	1295,14
PPM Total	2755,37

Exp. Overall Performance

PPM < LSL	1389,38
PPM > USL	1230,90
PPM Total	2620,27

Potential (Within) Capability

Cp	1,00
CPL	0,99
CPU	1,00
Cpk	0,99

Overall Capability

Pp	1,00
PPL	1,00
PPU	1,01
Ppk	1,00
Cpm	+

Minitab llama a los índices:

Cp y Cpk, son Cm y Cmk

Calcula variabilidad Within y Overall, no tiene sentido (todos los datos están en el mismo grupo)

TEQ. Estudis de capacitat

17

UPC

Estudios de capacidad de máquina (corto plazo): utilidad

© Professors d'estadística de l'ETS d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Permiten saber con qué variabilidad es capaz de producir el proceso cuando sólo está sometido a fuentes internas (inherentes al propio proceso) de variación.

Conocimiento muy útil para:

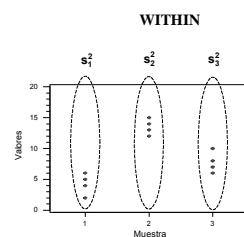
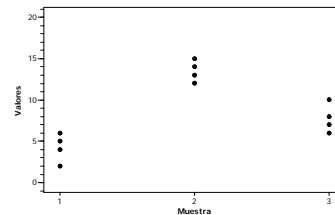
- Comprar una máquina
- Seleccionar proveedores
- Decidir sobre la aceptación de pedidos
- Las relaciones entre ingeniería de producto e ingeniería de proceso
- ...

TEQ. Estudis de capacitat

18

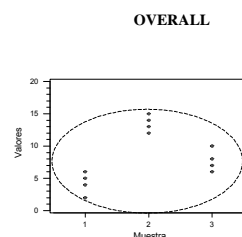
Permiten saber con qué variabilidad es capaz de producir el proceso cuando está sometido a fuentes de variación internas y externas, pero aleatorias.

Se suelen basar en datos tomados en subgrupos homogéneos (en general 4 o 5 observaciones consecutivas) a intervalos regulares de tiempo.



$$S_R = \sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}{3}}$$

Proporciona una estimación de la variabilidad similar a la de un estudio “a corto plazo”

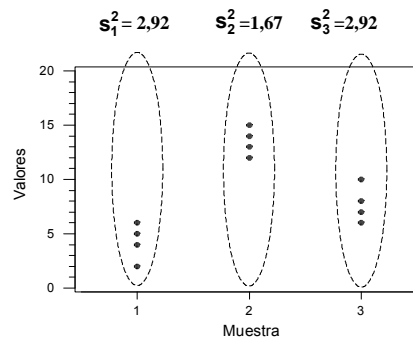


$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n-1}}$$

Proporciona una estimación de la variabilidad recogiendo la variación “a largo plazo”

Estimación de la variabilidad a corto plazo

Muestra	Valores			
1	2	4	5	6
2	12	13	14	15
3	6	7	8	10



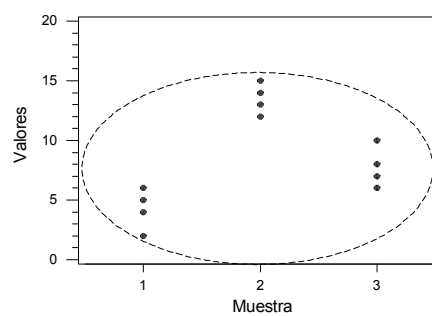
$$s_R^2 = (2,92 + 1,67 + 2,92) / 3 = 2,50$$

$$s_R = \sqrt{2,50} = 1,58$$

Estimación de la variabilidad a largo plazo

Muestra	Valores			
1	2	4	5	6
2	12	13	14	15
3	6	7	8	10

Varianza global de los 12 valores:
 $s^2 = 17,91$

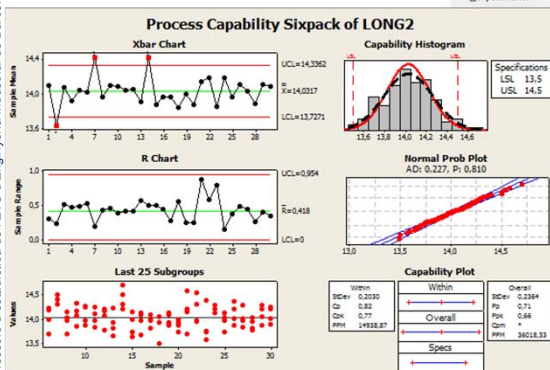


$$s = \sqrt{17,91} = 4,23$$

1. Asegurarse de que el proceso está en las “mejores condiciones” y de que en principio se encuentra en estado de control (no causas asignables).
2. Decidir el tamaño del subgrupo (puede ser 1) y la frecuencia de muestreo (intervalo de tiempo entre subgrupos). Como mínimo debería haber 100 unidades (normalmente entre 100 y 150).
3. Verificar la normalidad de los datos. (papel probabilístico normal).
4. Verificar que durante la recogida de datos no han actuado causas asignables (realizar un gráfico de control y ver que no hay puntos fuera de límites)
5. Estimar la desviación tipo “within” y la desviación tipo “overall” del proceso.
6. Calcular los índices de capacidad.

Cp y Cpk

Subgrupos de tamaño 4



Nótese la diferencia entre la variabilidad within y overall

Se deberían investigar las causas asignables y decidir si se excluyen esos puntos del cálculo de Cp y Cpk



Estudios de capacidad de proceso (largo plazo): utilidad

Permiten saber con qué variabilidad es capaz de producir el proceso “en condiciones normales” ya asumiendo que si aparece alguna causa asignable será detectada y corregida.

Conocimiento muy útil para:

- Relaciones comprador proveedor
- Garantizar la calidad del producto final
- Decidir sobre la aceptación de pedidos
- Las relaciones entre ingeniería de producto e ingeniería de proceso
- ...



Estudios de capacidad: resumen

Estudio	Tipo de causas	Fuentes	Índices
Capacidad de Máquina	Aleatorias	Endógenas: fijación, vibraciones, desgastes,	Cm Cmk
Capacidad de Proceso	Aleatorias	Exógenas: turnos, operarios, materias primas...	Cp Cpk
Process Performance	Aleatorias + Asignables	Todas	Pp Ppk

