

A hand holding a silver pen points towards a control chart. The chart features a blue line with square markers, a red line with circular markers, and a green line with triangular markers. The background is a light gray grid with horizontal dashed lines. Below the chart, a bar chart with blue bars is partially visible. The text 'Gráficos de Control' is overlaid in the center in a bold, red, sans-serif font.

# Gráficos de Control

# *Introducción a los Gráficos de Control*

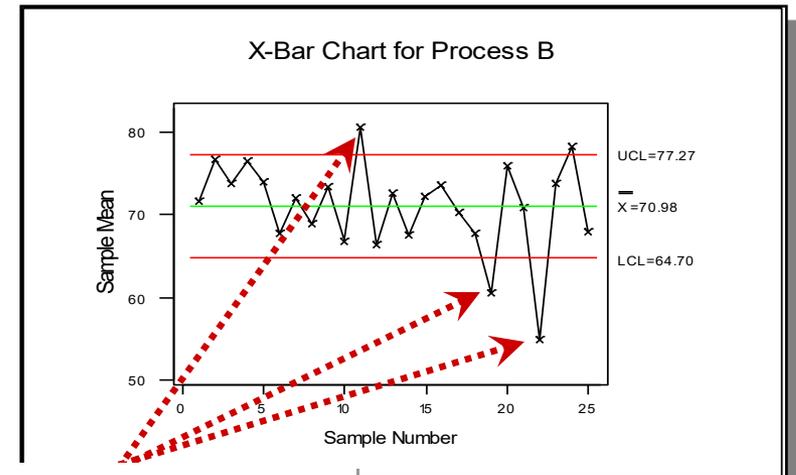
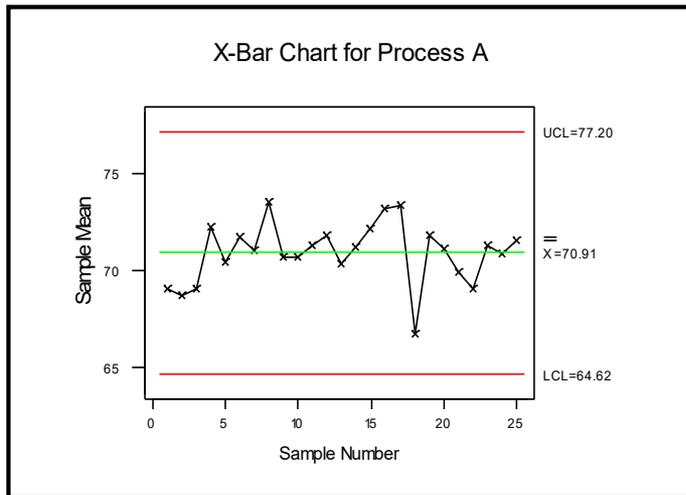
- Su objetivo es hacer “hablar” al proceso y ayudar a identificar oportunidades para reducciones de variabilidad.
- Ayuda a identificar causas especiales de variación y a tomar acciones para evitar re-ocurrencia del problema y reducir, así, desperdicios, reprocesos y rechequeos.
- Se usa para monitorear la variabilidad natural del proceso y para verificar el éxito de un cambio de proceso.
- Ayuda a identificar cuáles son las causas principales de la variabilidad.

# *Conceptos Generales del CEP*

- El principal objetivo es el de detectar rápidamente la presencia de causas especiales a fin de poder investigar y tomar las acciones correctivas.
- Los Gráficos de Control es una técnica de control de procesos en línea, que se utiliza ampliamente con este propósito.
- Se pueden utilizar también con el fin de estimar los parámetros del proceso de producción y a partir de esa información determinar la capacidad del proceso.
- El Gráfico de Control es también una herramienta efectiva para lograr el objetivo de la reducción de la variabilidad del proceso.

# Variación No Asignable y Asignable

- “Todo proceso muestra Variación; algunos procesos muestran variación controlada, y otros muestran variación no controlada”  
(Walter Shewhart)



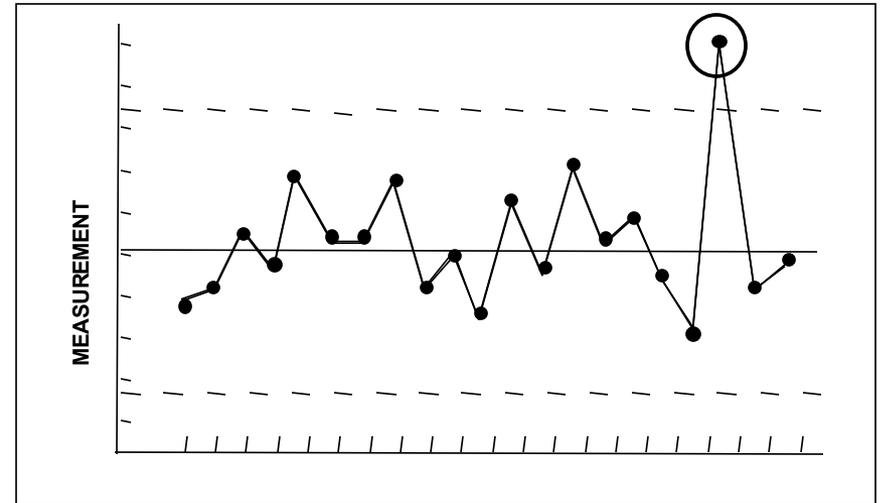
## Causas Especiales

La Variación No Asignable es afectada por Causas Comunes y se caracteriza por un patrón consistente y estable de variación a través del tiempo.

La Variación Asignable es afectada por Causas Especiales y es la que cambia a través del tiempo. El proceso muestra Variación No Controlada.

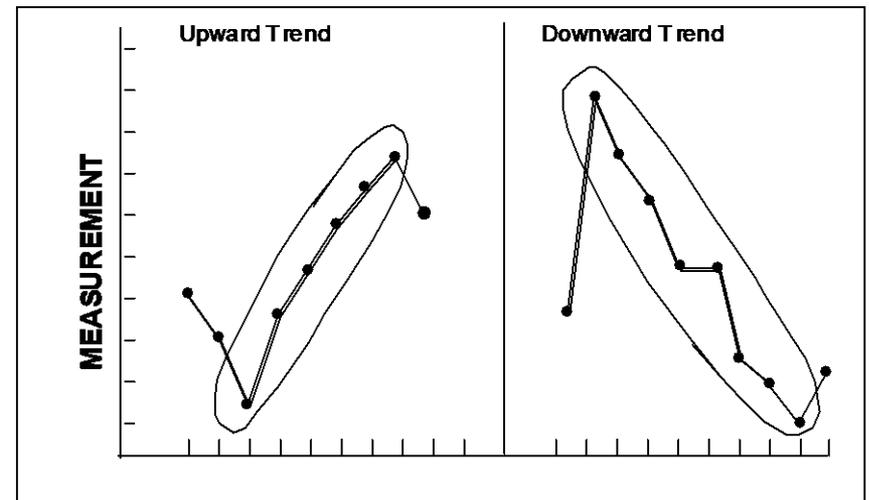
# Pruebas para identificar Causas Asignables

- Uno o más puntos fuera de los límites de Control indica que algo es diferente en esos puntos.



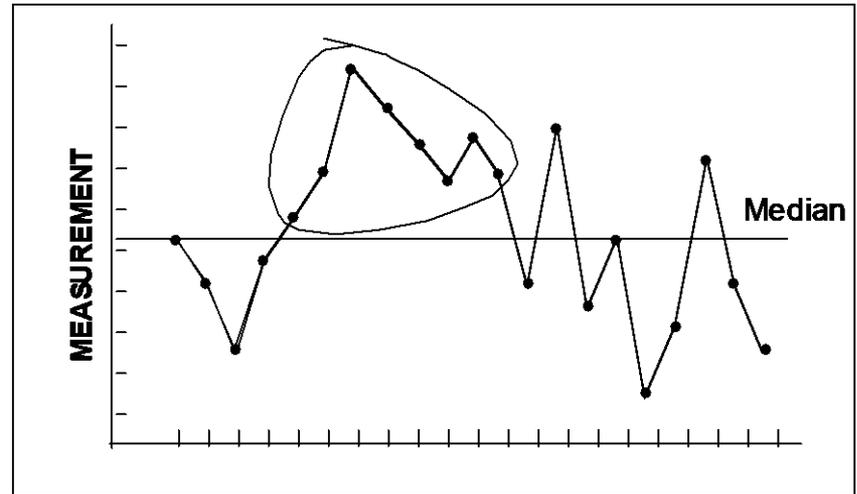
- 6 puntos continuamente creciendo o decreciendo, o más, indican una tendencia.

(Empiece contando en el punto en que cambia la dirección)

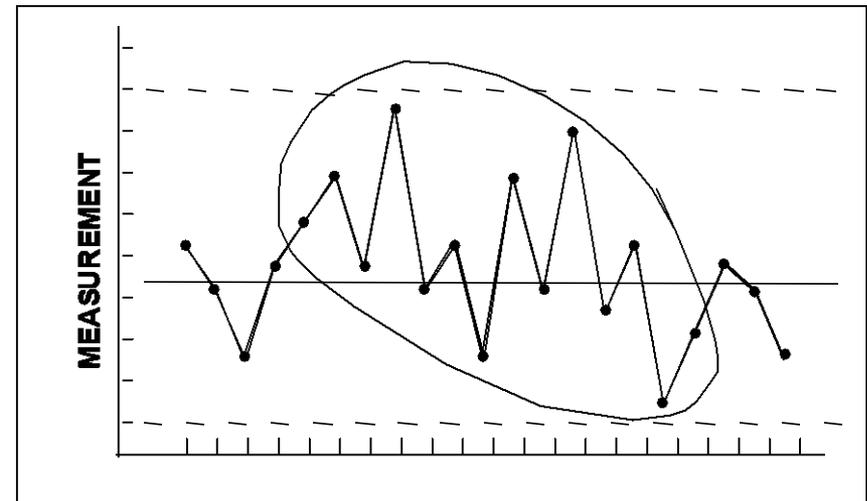


# Pruebas para identificar Causas Asignables

- 8 puntos seguidos, o más, a un mismo lado de la línea central indican cambios en el proceso.

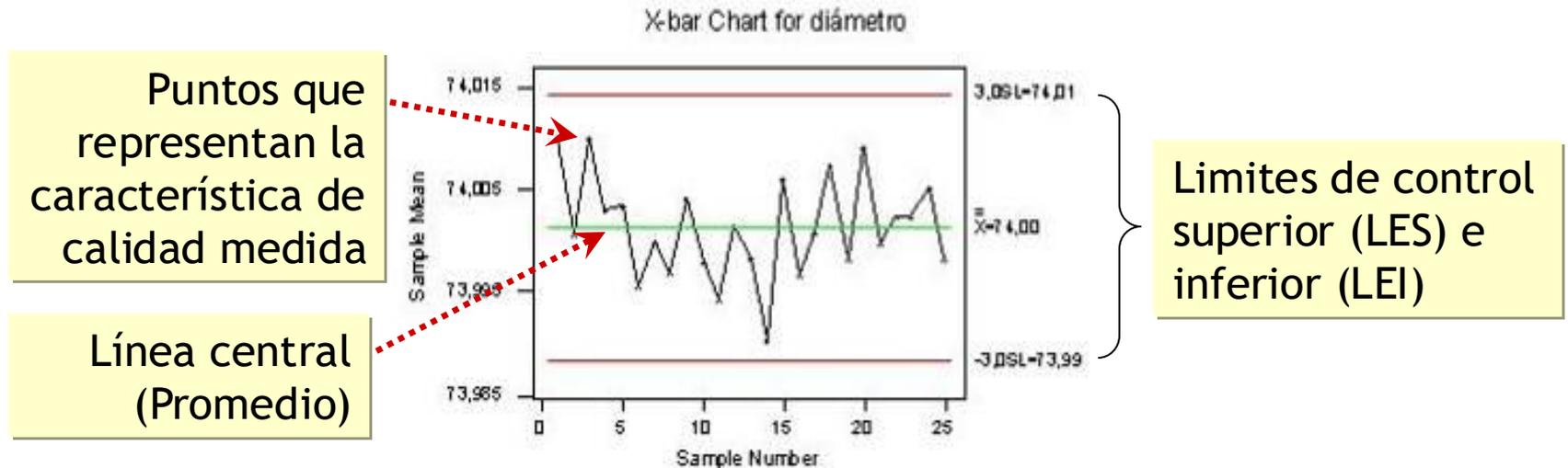


- 14 puntos continuos alternando arriba y abajo indica sesgo o problemas de muestreo.



# Componentes de un gráfico

- Un Gráfico de Control es la representación gráfica de una característica de calidad medida o calculada a partir de una muestra, como función del número de muestra o tiempo.

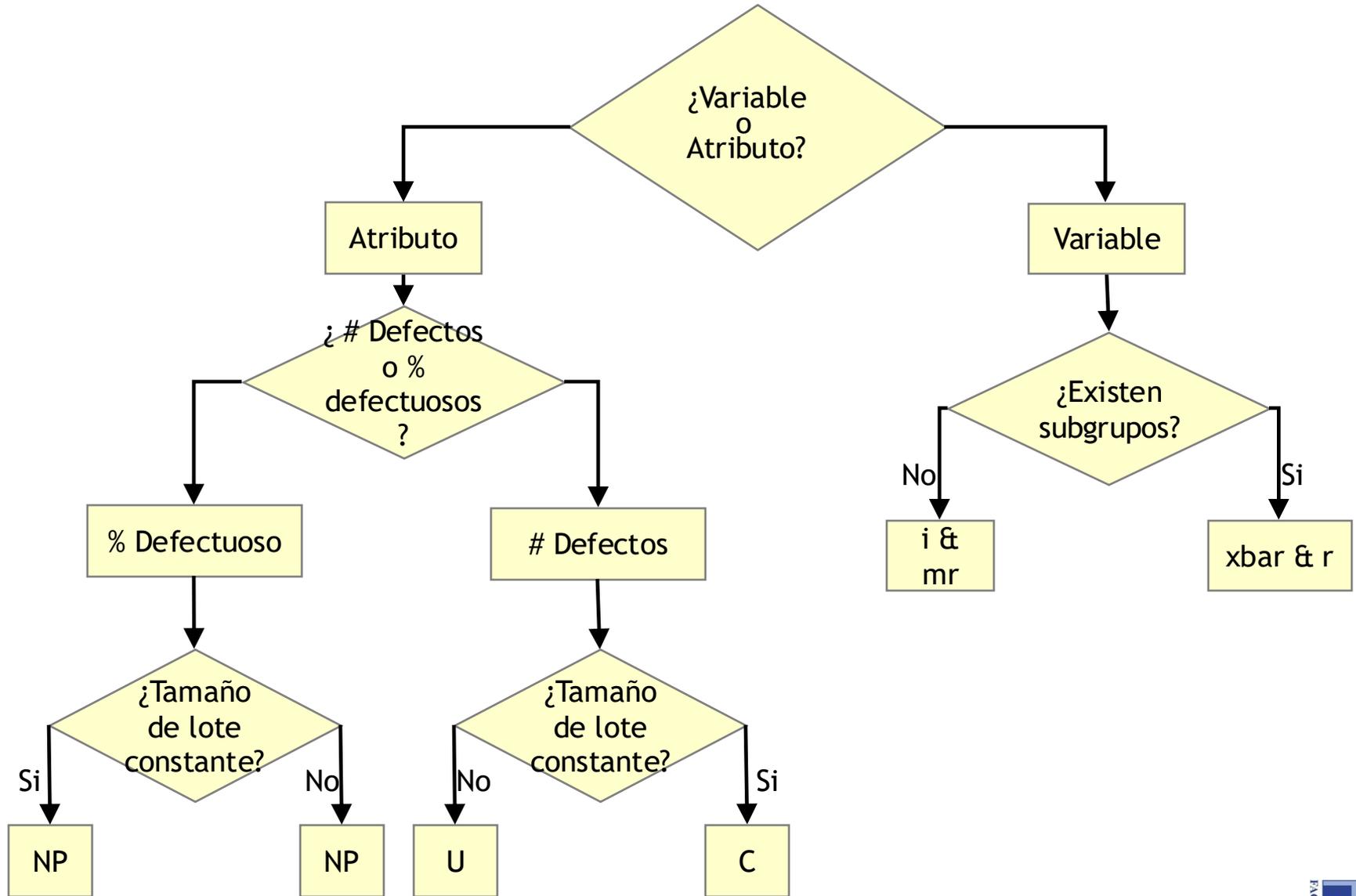


Se eligen estos límites de manera que si el proceso está bajo control, casi la totalidad de los puntos se encontrará entre ellos.

# *Tipos de Gráficos de Control*

- Gráficos de Control de variables.
  - Si la característica de calidad es posible de ser medida y expresada numéricamente, se le llama variable.
  - En este caso conviene describir la característica de calidad mediante una medida de tendencia central y una de variabilidad.
- Gráficos de Control de atributos.
  - Muchas características de calidad no se miden en una escala cuantitativa.
  - En estos casos cada unidad del producto puede ser clasificada como conforme o disconforme según posea o no ciertos atributos.
  - También se puede contar el número de disconformidades que aparecen en una unidad de producto.

# Tipos de Gráficos de Control - Selección



# *Gráficos $\bar{X}$ (barra)-R*

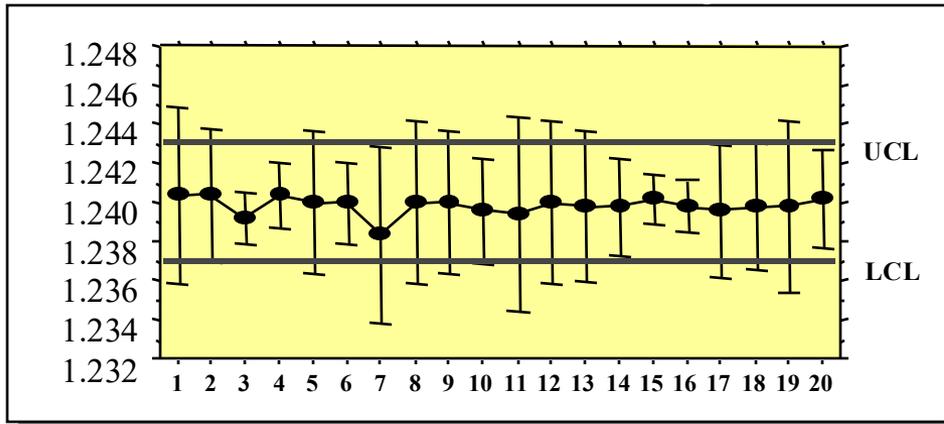
# Gráficos $\bar{X}$ ;R

- Útil para medir la variación en el promedio de las muestras y el rango de variación dentro de ellas.
- Introduce el concepto de Subgrupos.
- Situación Apropiaada de Uso:
  - Cuando existe la oportunidad de tomar más de una muestra (subgrupos).
  - Sirve para analizar y comparar la variación “Dentro” de las muestras y la variación “Entre” ellas.

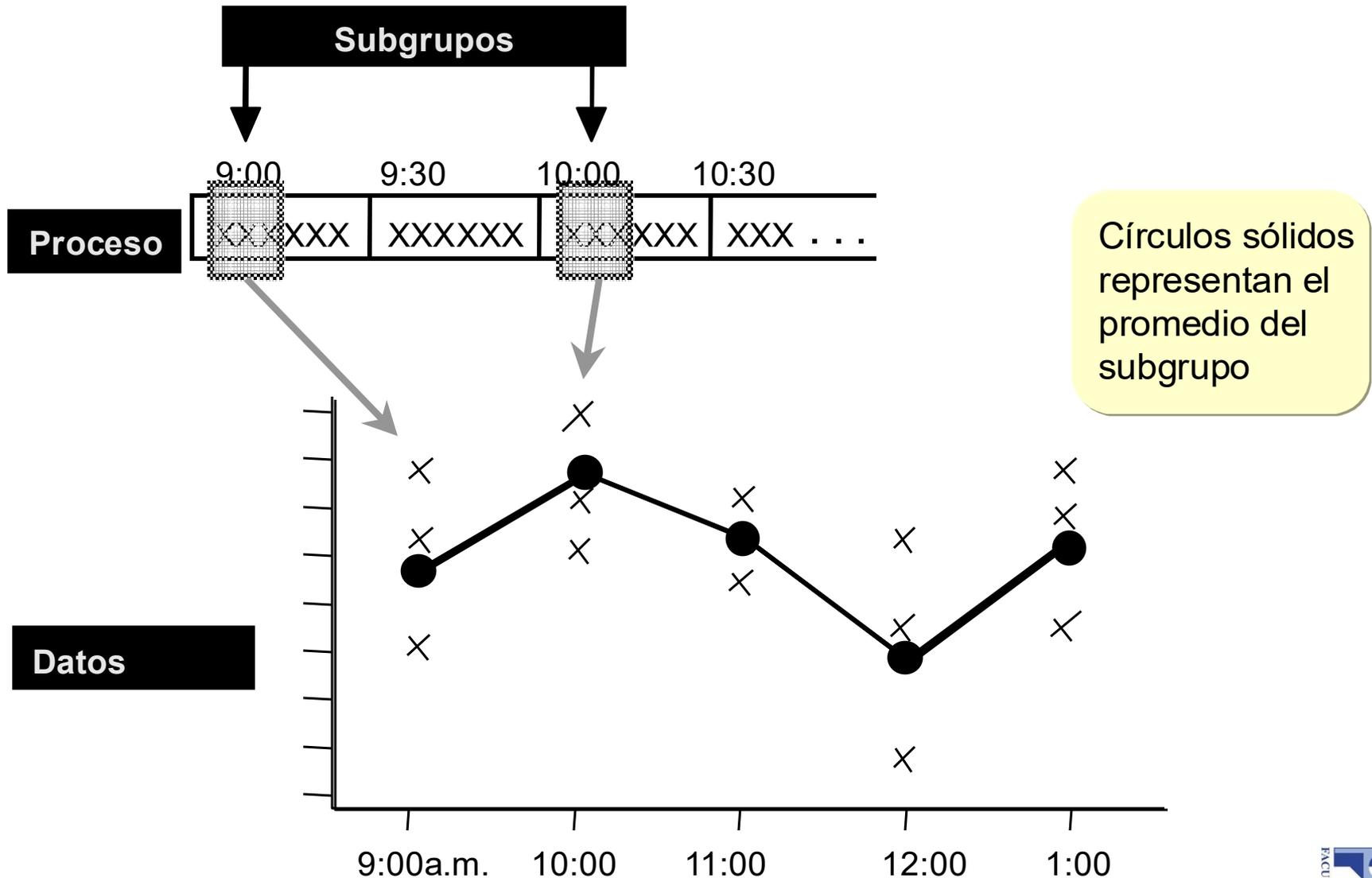
Un subgrupo es una colección pequeña de mediciones que usted cree son similares.

## Gráficos $\bar{X}$ ;R - concepto de subgrupo

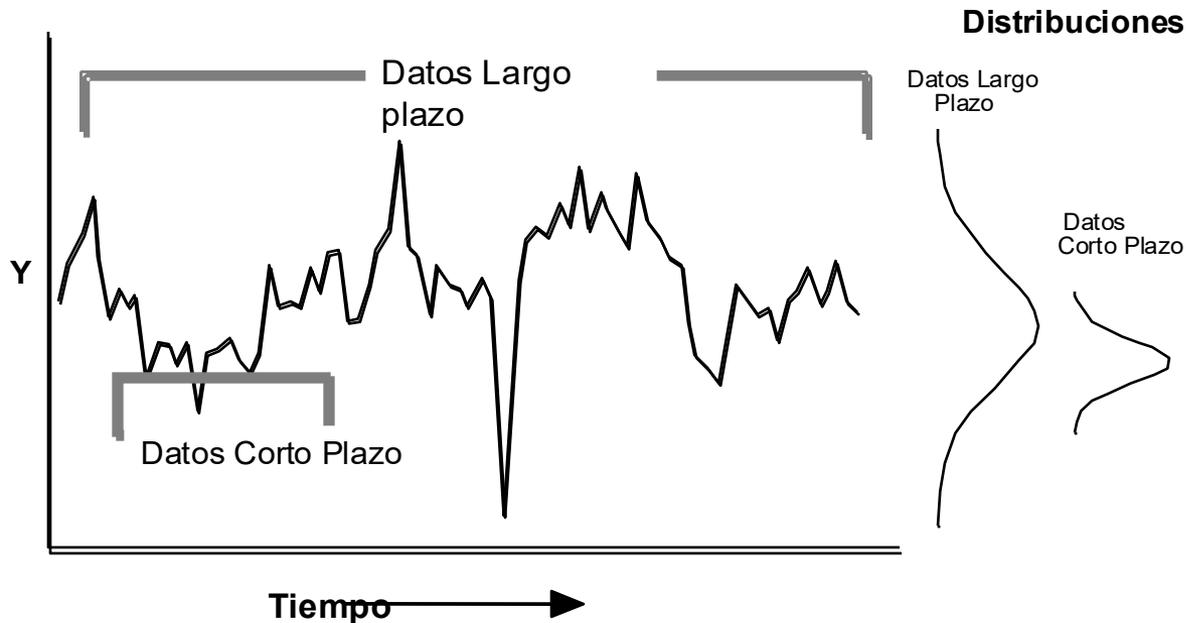
- El concepto de subgrupo es uno de los elementos más importantes de la metodología de Gráficos de Control.
- El principio consiste en organizar (clasificar, estratificar, agrupar, etc.) los datos del proceso en un forma tal que asegure la mayor similitud entre los datos de cada subgrupo, y la mayor diferencia entre los datos de los subgrupos diferentes.
- La intención de la subagrupación racional es incluir sólo causas comunes de variación dentro de los subgrupos, y que todas las causas especiales de variación ocurran entre subgrupos distintos.



# Gráficos $\bar{X}$ ;R - muestreo de subgrupos



# Gráficos $\bar{X}$ ;R - corto plazo vs. largo plazo.



- Datos a corto plazo tienen mayor probabilidad de reflejar sólo variación de causas comunes en un proceso; datos a largo plazo son más influenciados por causas especiales.
- Idealmente, se debe incluir variación corto plazo (causas comunes) en los subgrupos, ya que los límites de control son cálculos con esa variación.

# *Gráficos $\bar{X}$ ;R - selección óptima del subgrupo*

- Para minimizar la probabilidad de causas especiales dentro de los subgrupos:
  - Mantenga el tamaño del subgrupo pequeño (normalmente 5 o menos datos)
  - Use datos adyacentes en los subgrupos; hacerlo secuencial.
    - Datos o elementos hechos o procesados secuenciales en tiempo, tiene mayor probabilidad de obtener variación por causas comunes.
- ¿Son estas situaciones en su proceso donde el muestreo por subgrupos tiene sentido?

# Gráficos $\bar{X};R$

- Tener variación dentro de un subgrupo produce:
  - Promedio del Subgrupo ( $\bar{X}$ )
  - Rango dentro del subgrupo ( $R$ )
- Tener variación entre subgrupos produce:
  - Promedio de los promedios de los subgrupos ( $\bar{\bar{X}}$ )

Datos de los Subgrupos

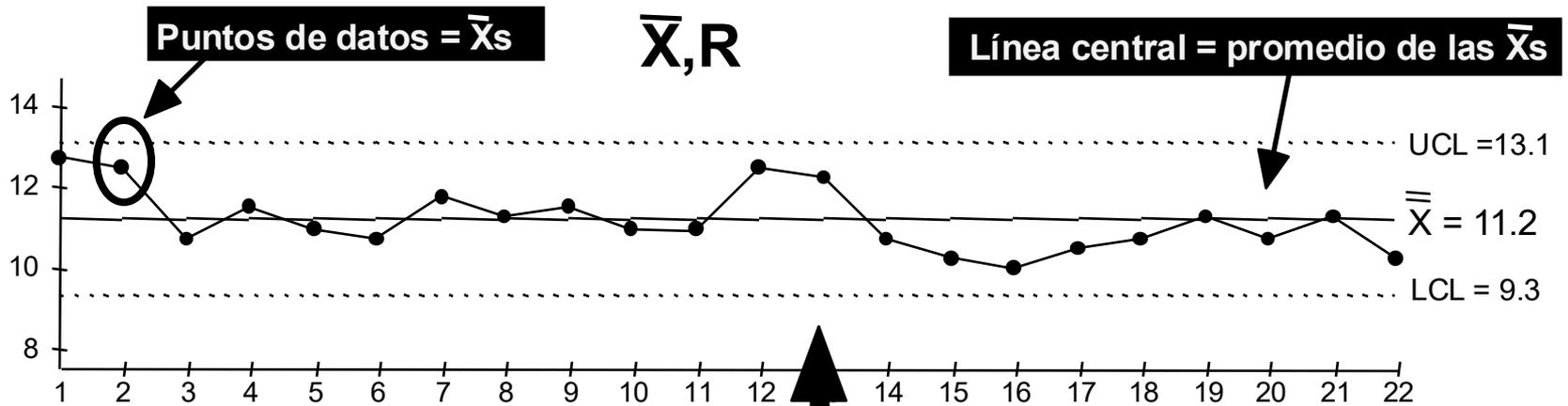
		1	2	3	4	5	6	7	...22
Datos	1	12.80	13.50	12.40	12.60	11.00	9.40	10.80	10.40
	2	13.80	11.40	11.40	10.60	9.60	11.10	12.80	9.40
	3	11.80	13.20	11.45	10.40	11.80	11.60	10.90	10.20
	sum	38.40	38.10	35.25	33.60	32.40	32.10	34.50	30.00
	$\bar{X}$	12.8	12.7	11.75	11.2	10.8	10.7	11.5	10.0
	R	2.0	2.1	1.0	2.2	2.2	2.2	2.0	1.0

Promedio de los subgrupos esta denotado por  $\bar{X}$

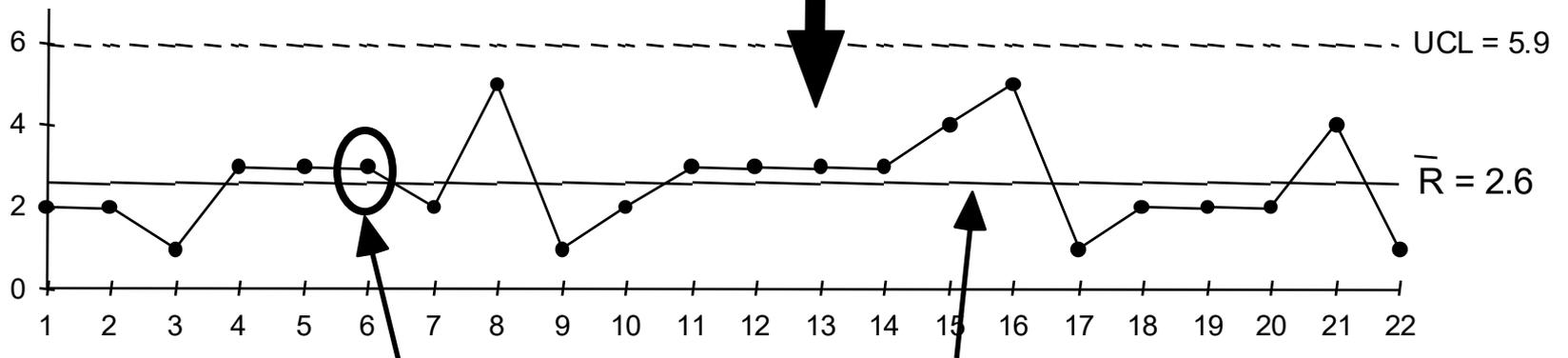
Rango *dentro* del subgrupo,  $R$

Promedio de los promedios De los subgrupos es denotado Por  $\bar{\bar{X}}$ ,  $\bar{\bar{X}}$

# Gráficos $\bar{X};R$



**Gráfico de los promedios de los subgrupos ( $\bar{X}$ s);  
Gráfico de los rangos de los subgrupos (Abajo)**



**Puntos de datos =  
Rango de los subgrupos**

**Línea central = promedio de  
Los rangos de los subgrupos**

# Gráficos $\bar{X}$ ;R

Gráficos  $\bar{X}$  barra : →

$$UCL_{\bar{x}barra} = \bar{\bar{x}} + 3 * \sigma$$

$$CL_{\bar{x}barra} = \bar{\bar{x}}$$

$$LCL_{\bar{x}barra} = \bar{\bar{x}} - 3 * \sigma$$

Gráficos  $\bar{X}$  barra : →

$$UCL_{\bar{x}barra} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

$$CL_{\bar{x}barra} = \bar{\bar{x}}$$

$$LCL_{\bar{x}barra} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

Donde :  $A_2$  depende de n

Cuadros R: →

$$UCL_R = \bar{R} + 3 * \sigma$$

$$CL_R = \bar{R}$$

$$LCL_R = \bar{R} - 3 * \sigma$$

Cuadros R : →

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

$$CL_R = \bar{R}$$

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

Donde :  $D_3, D_4$  dependen de n

- $A_2, d_2, D_4$ : (ver tabla)

### Factores utilizados para construir cartas de control

Número de observaciones en la muestra	Cartas de medias		Cartas de intervalos o rangos		
	$A_2$	$d_2$	$d_3$	$D_3$	$D_4$
2	1.880	1.128	0.853	0.000	3.276
3	1.023	1.693	0.888	0.000	2.575
4	0.729	2.059	0.880	0.000	2.282
5	0.577	2.326	0.864	0.000	2.115
6	0.483	2.534	0.848	0.000	2.004
7	0.419	2.704	0.833	0.076	1.924
8	0.373	2.847	0.820	0.136	1.864
9	0.337	2.970	0.808	0.184	1.816
10	0.308	3.078	0.797	0.223	1.777
11	0.285	3.173	0.787	0.256	1.744
12	0.266	3.258	0.778	0.284	1.719
13	0.249	3.336	0.770	0.308	1.692
14	0.235	3.407	0.762	0.329	1.671
15	0.223	3.472	0.755	0.348	1.652
16	0.212	3.532	0.749	0.364	1.636
17	0.203	3.588	0.743	0.379	1.621
18	0.194	3.640	0.738	0.392	1.608
19	0.187	3.689	0.733	0.404	1.596
20	0.180	3.735	0.729	0.414	1.586
21	0.173	3.778	0.724	0.425	1.575
22	0.167	3.819	0.720	0.434	1.566
23	0.162	3.858	0.716	0.443	1.557
24	0.157	3.895	0.712	0.452	1.548
25	0.153	3.931	0.709	0.459	1.541

# *Gráficos np*

# Gráficos de Control para Atributos

- Muchas características de calidad no se pueden representar en forma conveniente por números. En estos casos, cada artículo o producto inspeccionado suele clasificarse como conforme o disconforme. Las características de calidad de este tipo se llaman atributos.
- Existen cuatro Gráficos de Control para Atributos:
  - Proporción de unidades no satisfactorias: gráficos  $p$
  - Número de unidades no satisfactorias: gráficos  $np$
  - Número de disconformidades o defectos observados: gráficos  $c$
  - Disconformidades por unidad: gráficos  $u$

# Gráficos para Defectos - muestra constante

- Situación 1: Tamaño de muestra constante.

Día	$(n)$ Unidades Muestreadas/Día	$(np)$ # Unidades Defectuosas	$(p)$ Proporción de Unidades Defectuosas
1	100	20	.20
2	100	30	.30
3	100	10	.10
•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•
24	100	20	.20

Tamaño de  
muestras es igual

Gráfico np se grafica  
con esta columna

Gráfico p se grafica  
con esta columna

# Gráficos $np$

- El promedio de la población es  $n.p$  y la varianza es  $n.p.(1-p)$
- Para construir los gráficos de control  $np$ , en una primera etapa se toman  $N$  muestras (más de 20 ó 25) a intervalos regulares, cada una con  $n$  *elementos*.
- Se cuenta en cada muestra el *Número de Defectuosos* y se registra. Se obtendría una Tabla como la siguiente:

## Gráficos np

Muestra	Nº Defectuosos
1	3
2	2
3	4
4	3
5	4
6	2
7	5
-	-
-	-
-	-

# Gráficos $np$

En cada muestra, la fracción de defectuosos es:

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

$D_i$

Nº Defectuosos en Muestra  $i$

$n$

Número de elementos en la Muestra

## Gráficos np

$$\bar{p} = \frac{\sum \frac{D_i}{n}}{N}$$

$N$

Número de muestras

## Gráficos np

La línea central se determina como :

$$n \cdot \bar{p}$$

donde  $n$  es el tamaño de cada muestra (constante) y  $\bar{p}$  el promedio de las fracciones de defectuosas para cada muestra

## Gráficos np

y luego la Desviación Standard se prueba que es:

$$s = \sqrt{n \cdot \bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}$$

$n$  Número de elementos en la Muestra

# Gráficos nP

## Gráficos nP

- Gráficos simples utilizados para dar seguimiento al número de unidades no satisfactorias asumiendo que el tamaño de la muestra es constante.

Gráfico nP: →

$$UCL_p = n \bar{p} + 3 * \sigma$$

$$CL_p = n \bar{p}$$

$$LCL_p = n \bar{p} - 3 * \sigma$$

Gráfico nP: →

$$UCL_p = n \bar{p} + 3 \sqrt{n \bar{p} (1 - \bar{p})}$$

$$CL_p = n \bar{p}$$

$$LCL_p = n \bar{p} - 3 \sqrt{n \bar{p} (1 - \bar{p})}$$

$$p = \frac{\text{Suma de los defectos}}{\text{Total de unidades}}$$

## Límites de los Gráficos np

$$\text{Linea Central} = n \cdot \bar{p}$$

$$LSC = n \cdot \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{n \cdot \bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}$$

$$LIC = n \cdot \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{n \cdot \bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}$$

# Gráfico np

