



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Contaduría y Administración

Programa educativo: Licenciatura en Contaduría

Unidad de aprendizaje: Calidad y Certificación

**Unidad de competencia 4: Planeación Estratégica y
Herramientas de la Calidad**

Elaboró: Gerardo Ezequiel Hernández Y Vignolle

Septiembre de 2018

Datos de identificación

Programa educativo: Licenciatura en Contaduría.

Unidad de aprendizaje: Calidad y Certificación.

Unidad de competencia 4: Planeación Estratégica y Herramientas de la Calidad.

Título del material didáctico: Herramientas Básicas de la Calidad. Primera parte.

Créditos institucionales: 6.

Total de horas de la unidad de competencia: 12 Teórico-Práctica.

Total de horas por semana de la unidad de aprendizaje: 4.

Elaboró: Gerardo Ezequiel Hernández Y Vignolle

Septiembre de 2018

Guión explicativo para el uso de este material

Este material es una herramienta de apoyo para emplearse en la unidad de competencia “Planeación Estratégica y Herramientas de la Calidad” de la unidad de aprendizaje “Calidad y Certificación”. Específicamente en la parte que corresponde a “Las Herramientas Básicas de la Calidad”.

Esta segunda parte abarca: histogramas, diagramas de dispersión y gráficas de control tanto para variables como para atributos.

Para un mejor aprovechamiento de este material, se requiere que en el aula se refuerce con más ejemplos y ejercicios prácticos en el uso de cada una de las herramientas vistas.

Objetivos

- El alumno podrá aplicar las herramientas básicas de la calidad en la gestión de la misma dentro de las organizaciones.
- El alumno será capaz de identificar las áreas de mejora donde se deban aplicar las herramientas de la calidad.
- El alumno, con base en el desarrollo de las diferentes metodologías empleadas en la aplicación de las herramientas de la calidad, podrá planear estrategias de mejora dentro de las organizaciones.

Herramientas Básicas de la Calidad

Segunda parte

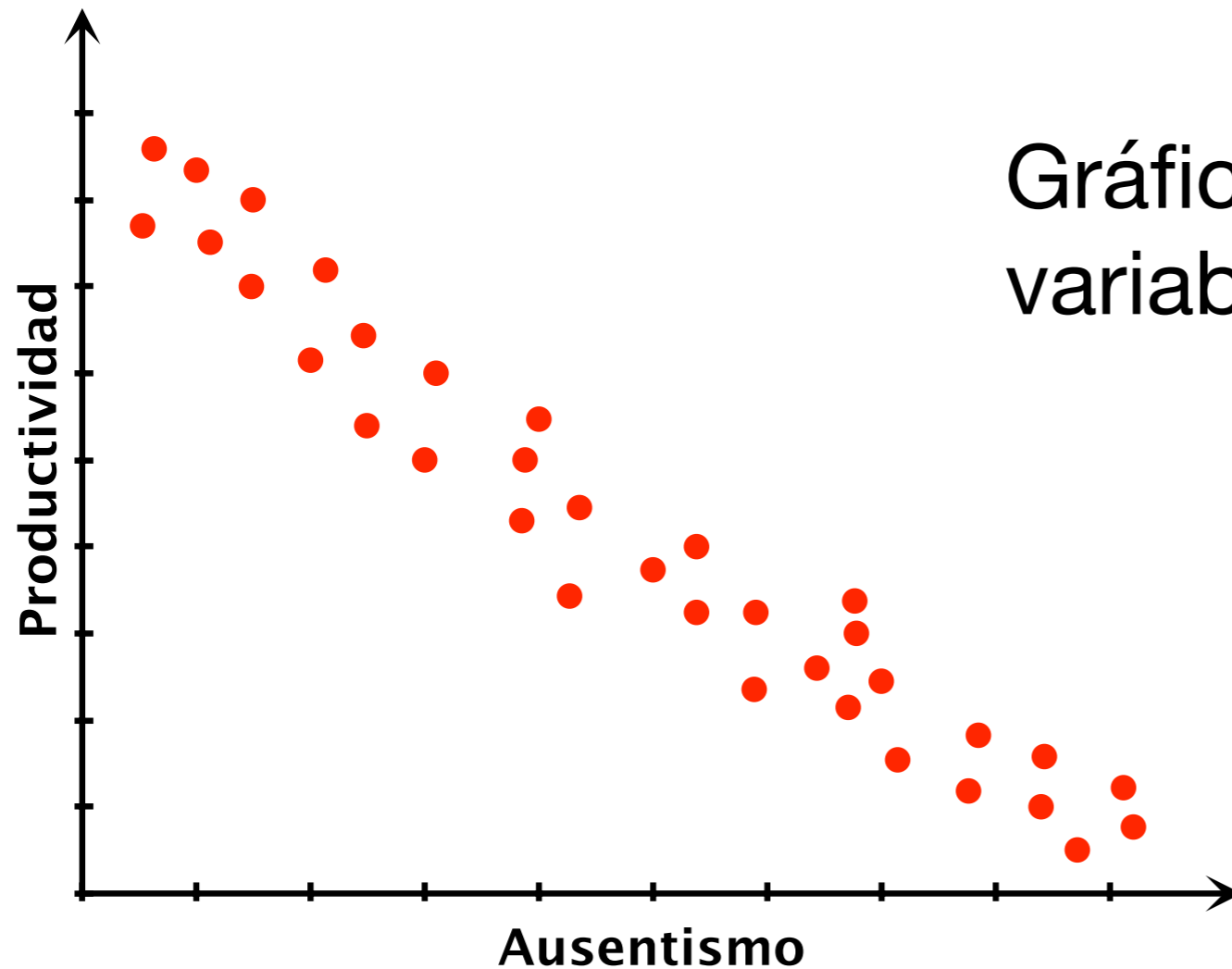
Contenido

- Diagramas de dispersión.
 - Correlación.
- Histogramas.
- Gráficas de control estadístico del proceso.
 - Gráficas de control para variables X y R .
 - Gráficas de control para atributos P y C .

Introducción

Ya en la primera parte de “Las Herramientas Básicas de la Calidad” vimos el ciclo de Deming y las siguientes herramientas: Diagramas de procesos, gráficas de Pareto, hojas de verificación y el diagrama de Ishikawa. En esta segunda parte veremos las siguientes: Diagramas de dispersión, histogramas y gráficas de control estadístico para variables y para atributos.

Diagrama de dispersión



Gráfica del valor de una variable contra otra variable.

una gráfica de dispersión muestra los valores de datos de un par de variables en sus coordenadas (x, Y).

Correlación

- El análisis estadístico de correlación se usa para interpretar los diagramas de dispersión.
- El análisis de correlación puede proporcionar un valor numérico que represente el grado de relación entre dos variables (correlación).
- Por ejemplo: saber la relación que hay entre defectos en un determinado proceso y las nuevas contrataciones de operarios en ese proceso.

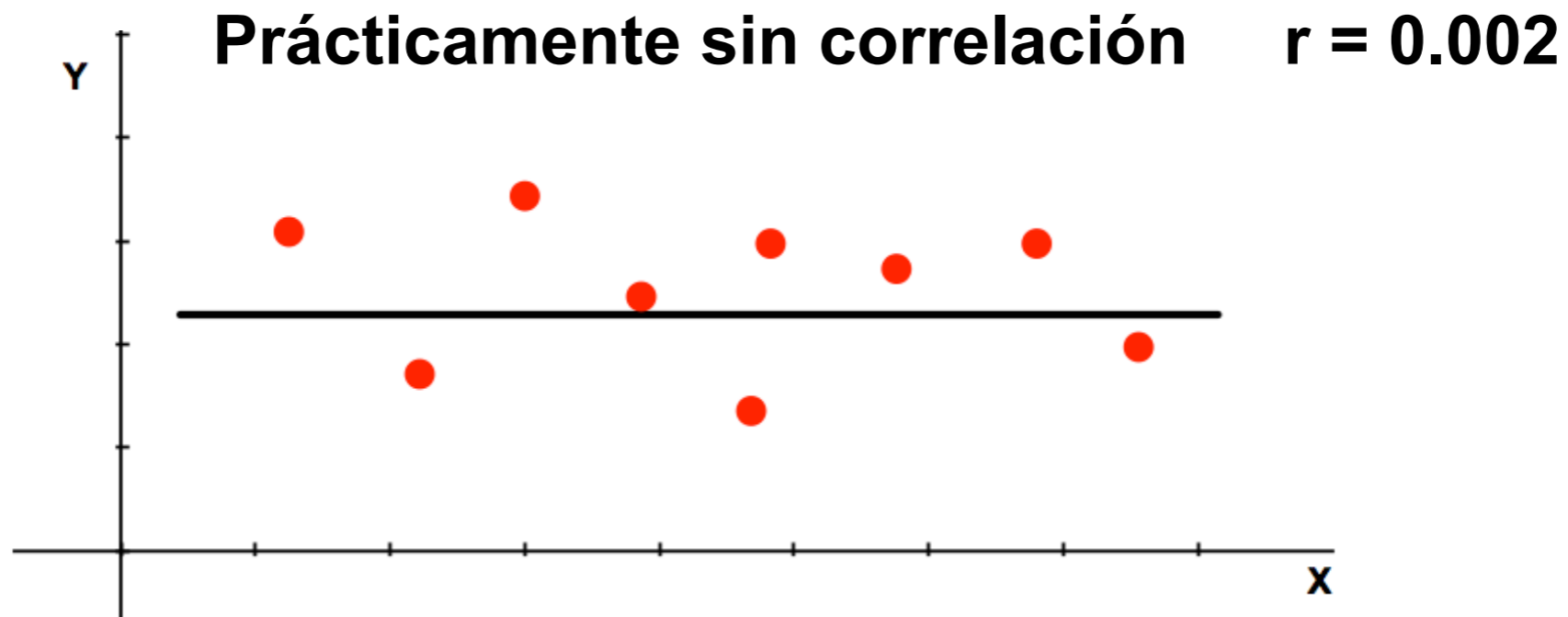
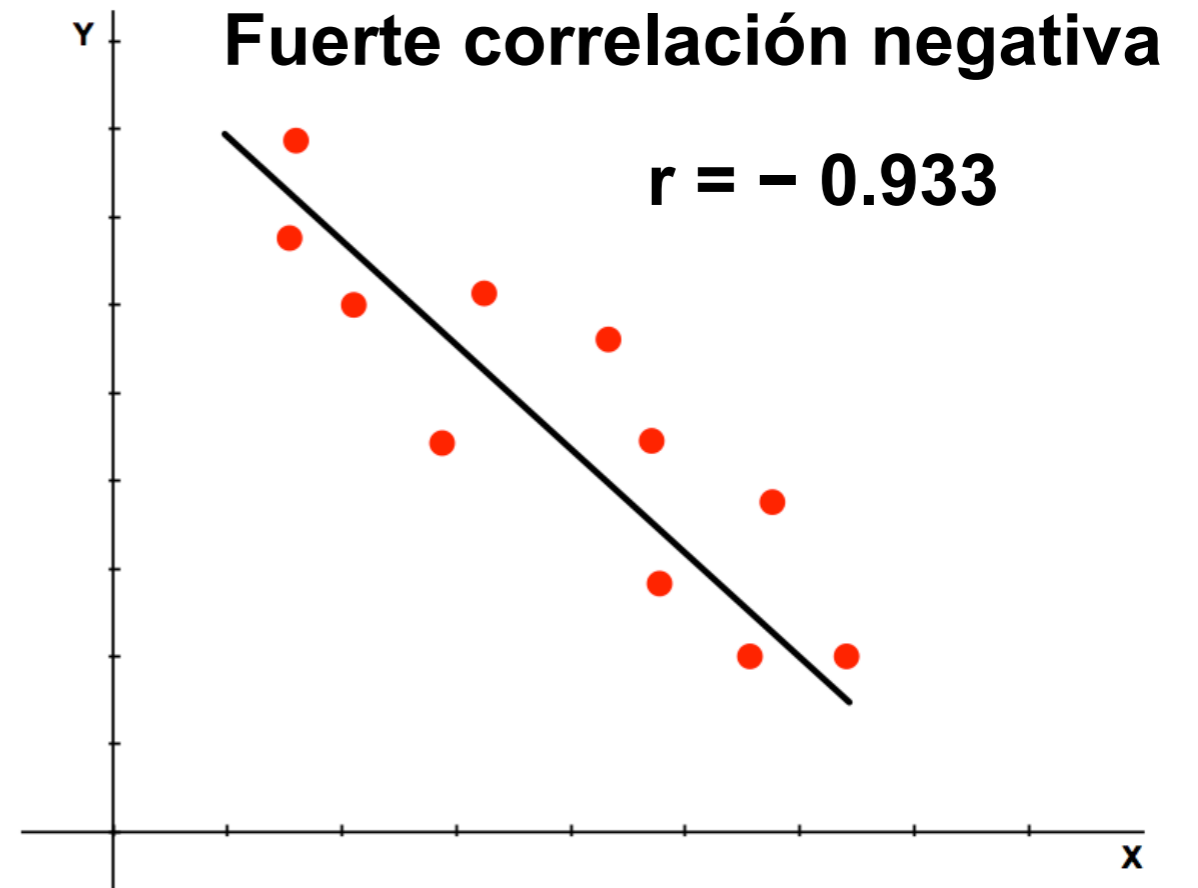
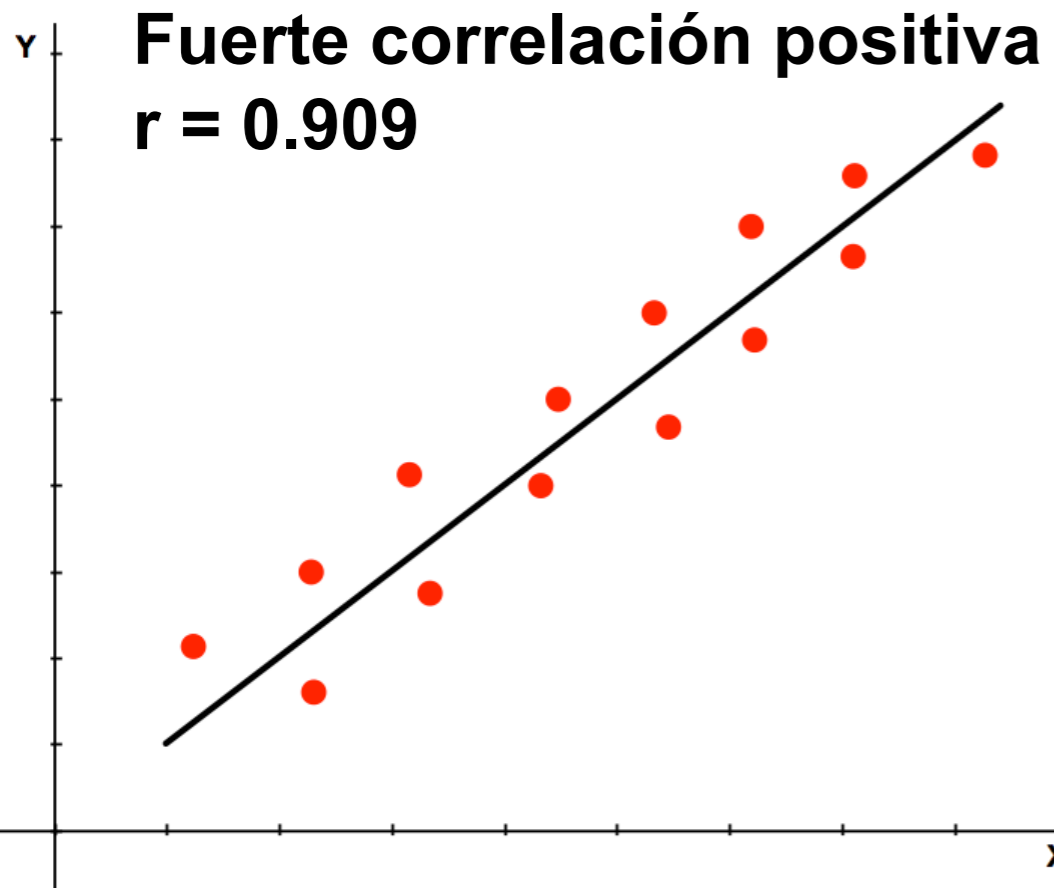
Coeficiente de correlación de Pearson

El coeficiente de Pearson se mueve de $[-1$ a $1]$

¿Qué tanto afecta x a y ?

- De 0.0 a 0.5 Hay una correlación muy débil.
- Entre 0.5 y 0.75 Hay una correlación débil o moderada.
- Entre 0.75 y 1.0 Hay una correlación fuerte.

Ejemplos de correlaciones



Fórmula del coeficiente de correlación de Pearson

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x \sum y)}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}}$$

Ejemplo demostrativo

Encontrar si existe relación entre la cantidad de trabajadores en una empacadora con los errores que se han detectado a lo largo de 8 semanas.

Semana	Trabajadores (x)	Errores (y)
1	30	7
2	31	5
3	32	4
4	34	3
5	34	3
6	32	4
7	35	2
8	36	1

Desarrollo

Semana	Trabajadores (x)	Errores (y)	x^2	y^2	xy
1	30	7	900	49	210
2	31	5	961	25	155
3	32	4	1024	16	128
4	34	3	1156	9	102
5	34	3	1156	9	102
6	32	4	1024	16	128
7	35	2	1225	4	70
8	36	1	1296	1	36
	$\sum X = 264$	$\sum Y = 29$	$\sum X^2 = 8,742$	$\sum Y^2 = 129$	$\sum XY = 931$

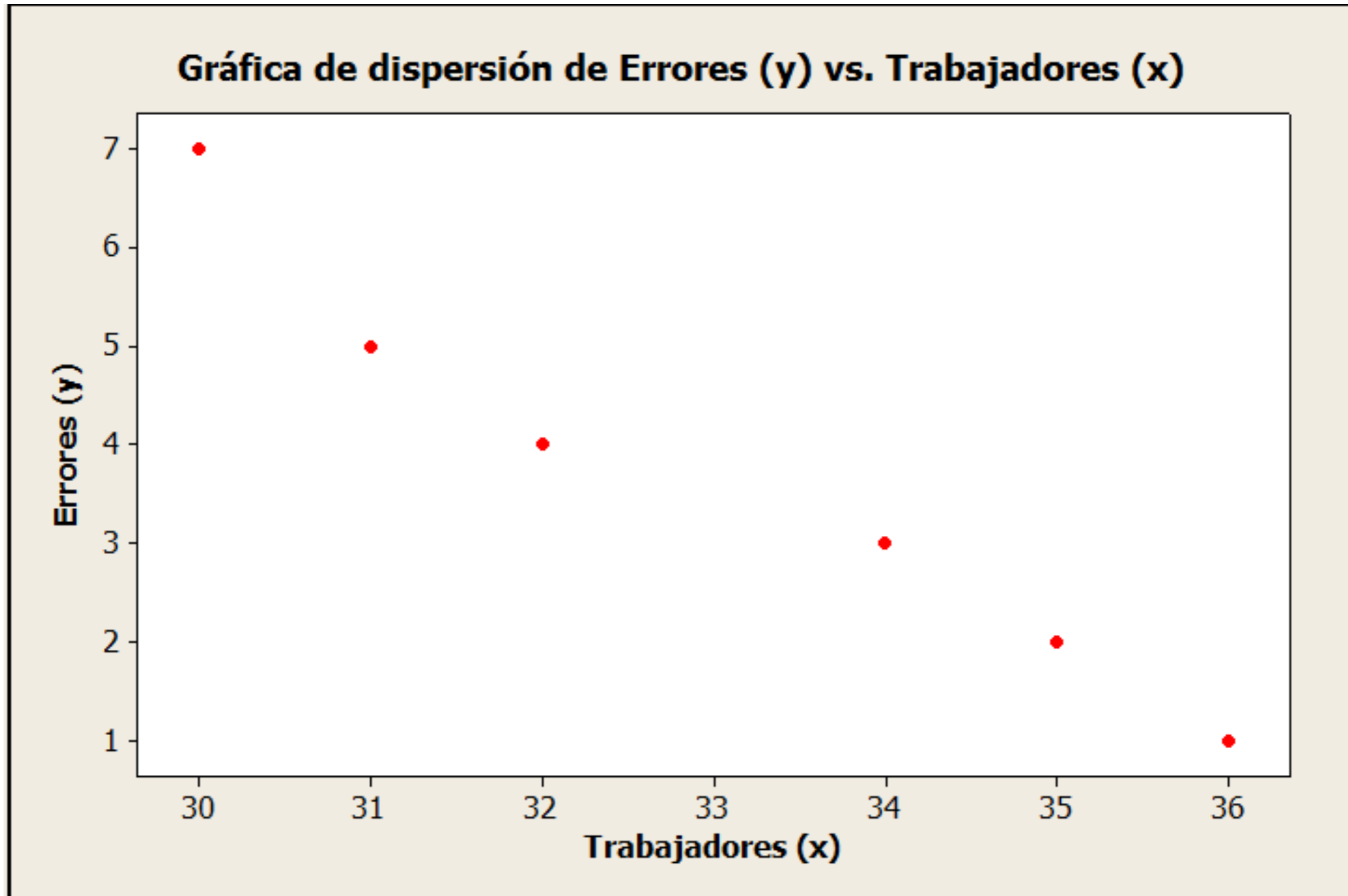
$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x \sum y)}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}}$$

$$r = \frac{931 - \frac{(264)(29)}{8}}{\sqrt{\left[8742 - \frac{(264)^2}{8} \right] \left[129 - \frac{(29)^2}{8} \right]}} = -0.9714$$

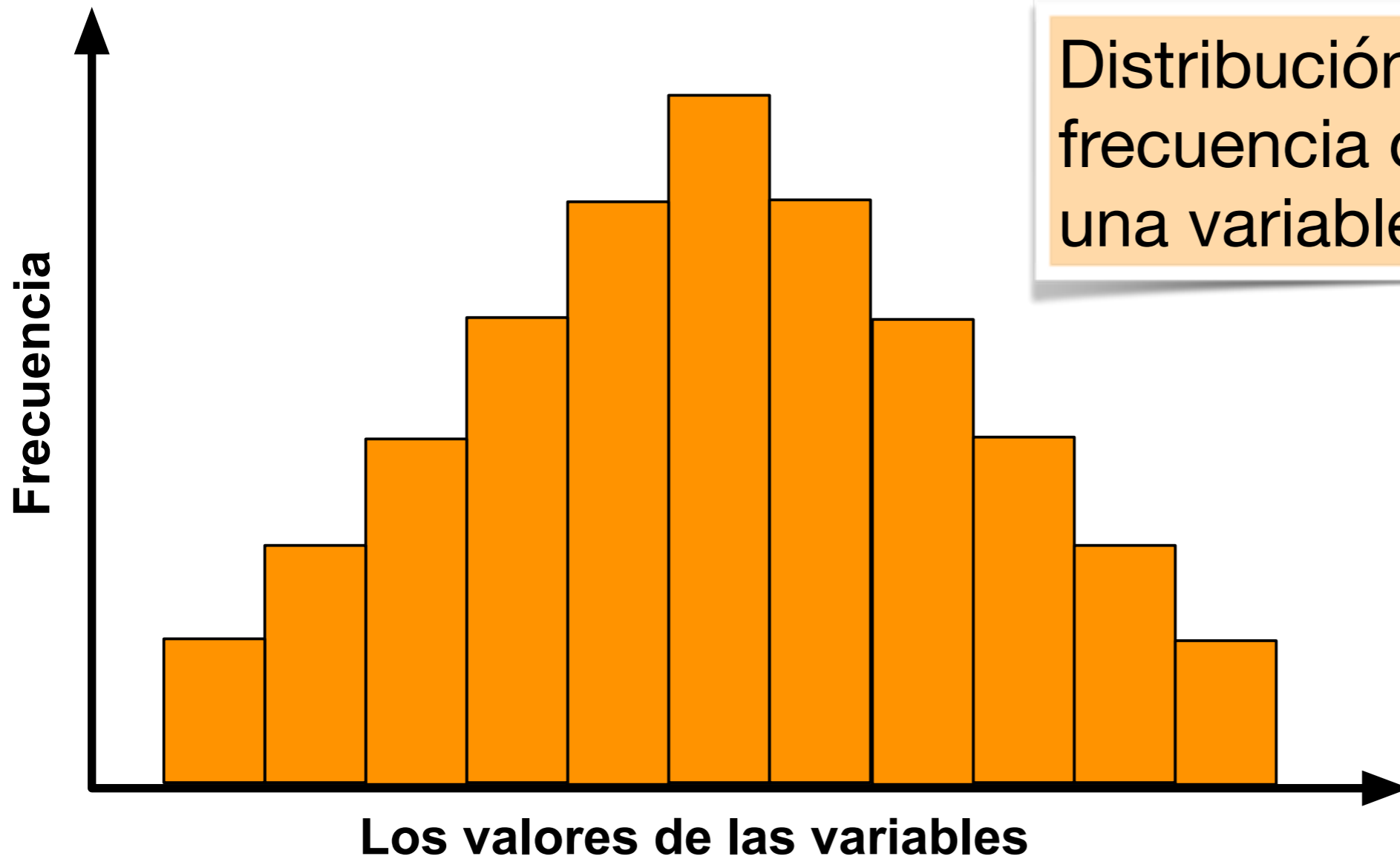
Conclusión:

Se observa una fuerte correlación negativa que nos indica que a menor personal mayor cantidad de errores.

Gráfica de dispersión del ejemplo



Histograma



Distribución que muestra la frecuencia de ocurrencia de una variable

El histograma es una herramienta para examinar la forma y dispersión de los datos de un problema.

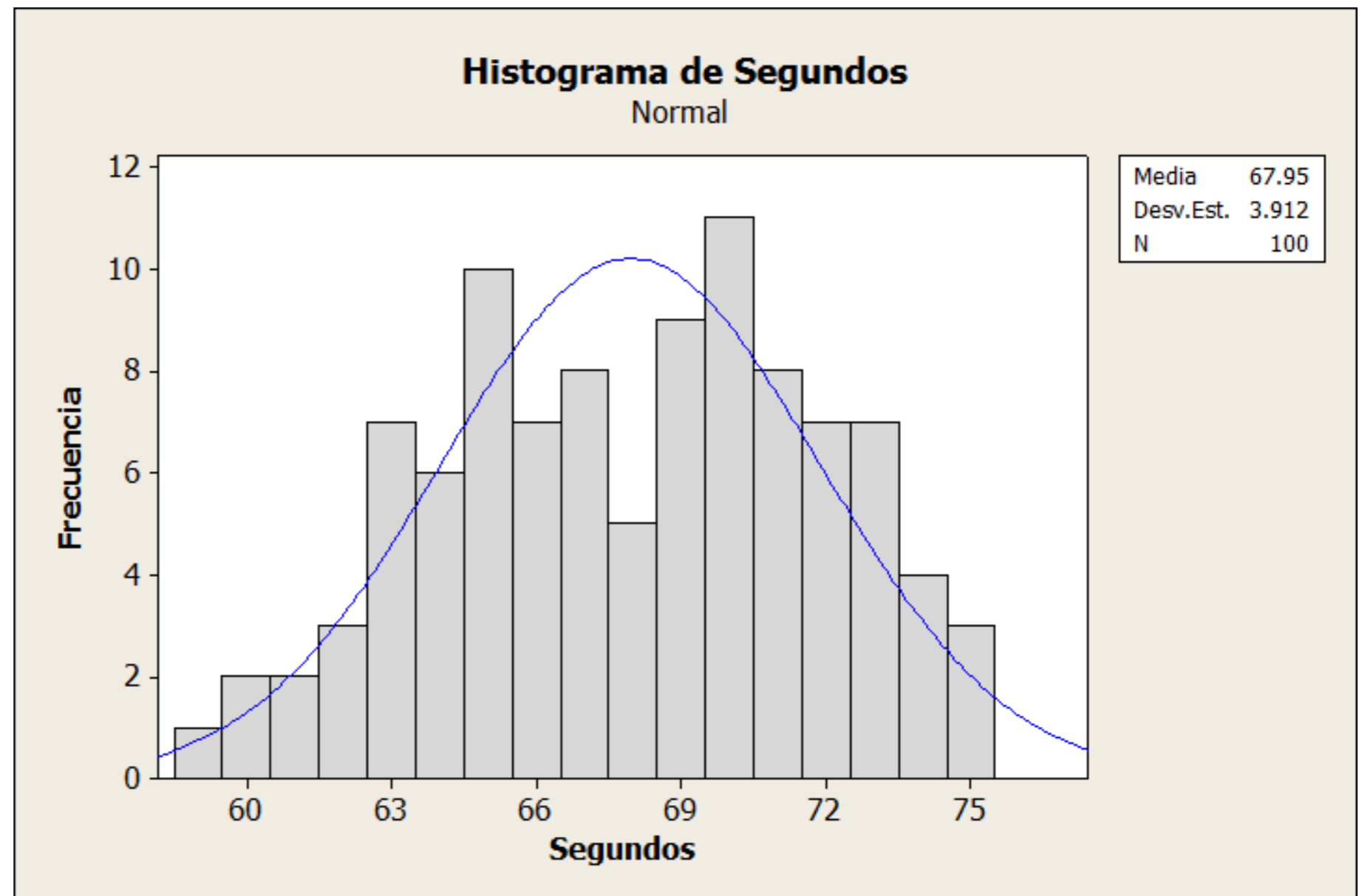
Qué es un histograma?

- Un histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados.
- Los histogramas son gráficos que indican la frecuencia de un hecho mediante una distribución de los datos.
- Un histograma refleja en forma gráfica la dispersión de los valores respecto de la media.

Qué se mide con un histograma?

Los histogramas se elaboran con variables medibles tales como:

- Dimensiones.
- Temperatura.
- Tiempo.
- Peso.



Objetivos de los histogramas

- Interpretar las variaciones de los datos.
- Ofrecer una mejor visión de la información proporcionada por los datos para una mejor interpretación.
- Identificar las causas del problema.
- Comprobar las causas.
- Valorar la solución una vez que se ha eliminado la causa del problema.
- Ayudar a analizar la capacidad de un proceso.

Pasos para construir un histograma

1. Una vez obtenidos los datos se determina el rango de los mismos. Rango es igual al dato mayor menos el dato menor.
2. Determinar el número y longitud de las clases.
3. Se construyen los ejes. El eje de abscisas para los datos obtenidos y el de las ordenadas las frecuencias.
4. Se elabora la gráfica ya sea manualmente, en hoja de cálculo o con software especializado como por ejemplo Minitab.
5. Análisis y toma de decisiones con los resultados.

Ventajas y desventajas de un histograma de frecuencias

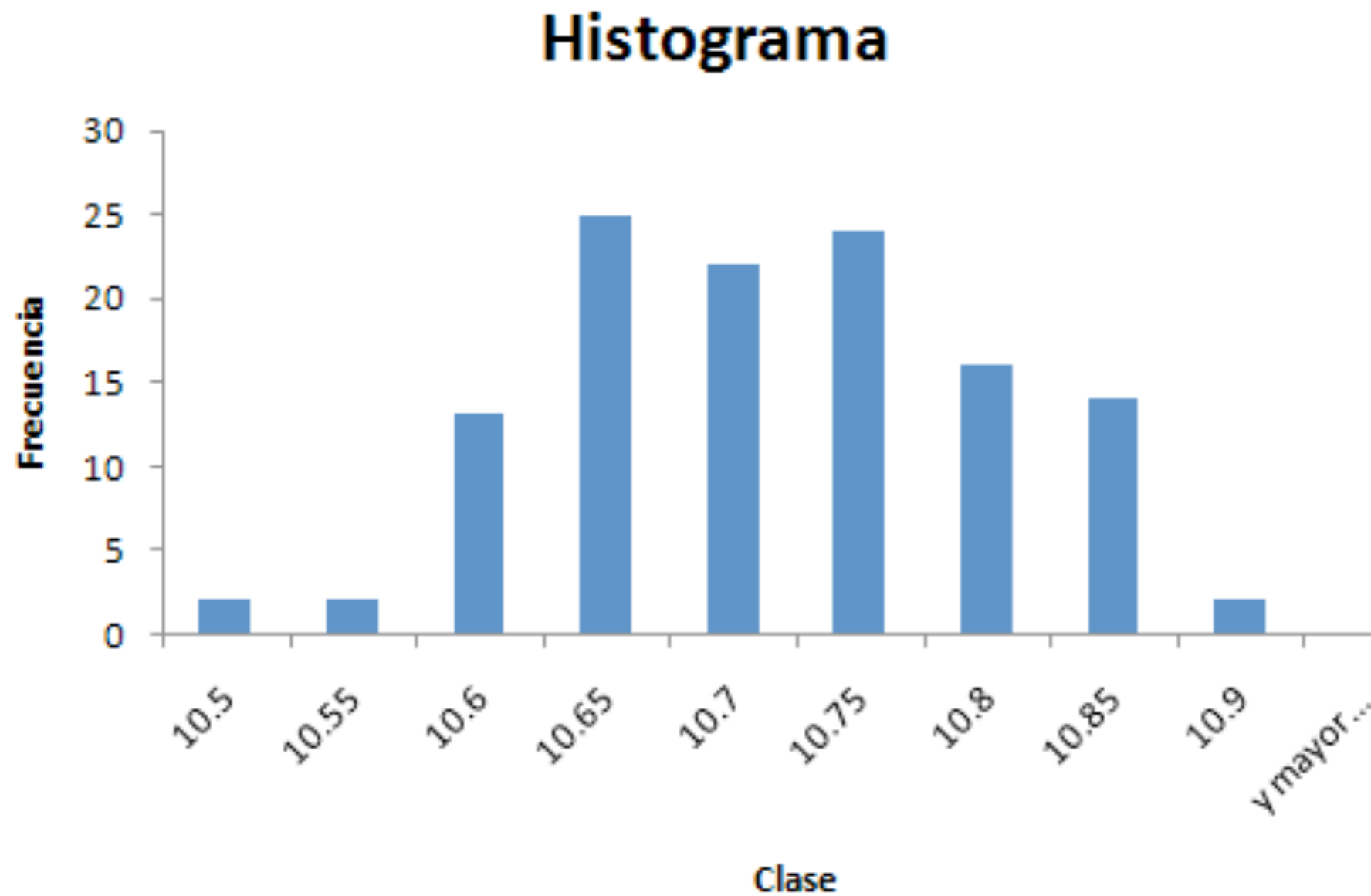
- Si se dispusiera de todos los datos del universo, se podría tener una idea exacta de la fluctuación natural del proceso.
- Tiene la ventaja de que se puede apreciar la forma de la distribución, con lo cual se puede confirmar o rechazar la hipótesis de que la misma (distribución) es normal.
- Entre mayor sea la muestra el resultado será más confiable.

Ejemplo demostrativo

Datos de dimensiones recolectadas de un proceso.

10.65	10.9	10.8	10.65	10.75	10.75	10.65	10.65
10.75	10.75	10.8	10.6	10.85	10.85	10.55	10.85
10.75	10.75	10.8	10.7	10.75	10.85	10.8	10.7
10.6	10.65	10.7	10.65	10.8	10.75	10.65	10.7
10.7	10.6	10.75	10.75	10.85	10.75	10.6	10.6
10.6	10.5	10.75	10.8	10.6	10.85	10.6	10.65
10.6	10.8	10.7	10.7	10.85	10.8	10.85	10.85
10.75	10.65	10.7	10.65	10.65	10.5	10.65	10.8
10.65	10.65	10.8	10.75	10.65	10.65	10.75	10.6
10.6	10.7	10.8	10.7	10.75	10.75	10.65	10.7
10.8	10.85	10.7	10.65	10.65	10.75	10.8	10.65
10.85	10.8	10.7	10.85	10.7	10.8	10.7	10.8
10.7	10.7	10.65	10.6	10.65	10.75	10.75	10.65
10.65	10.75	10.6	10.9	10.85	10.7	10.7	10.7
10.75	10.75	10.55	10.85	10.7	10.7	10.75	10.65

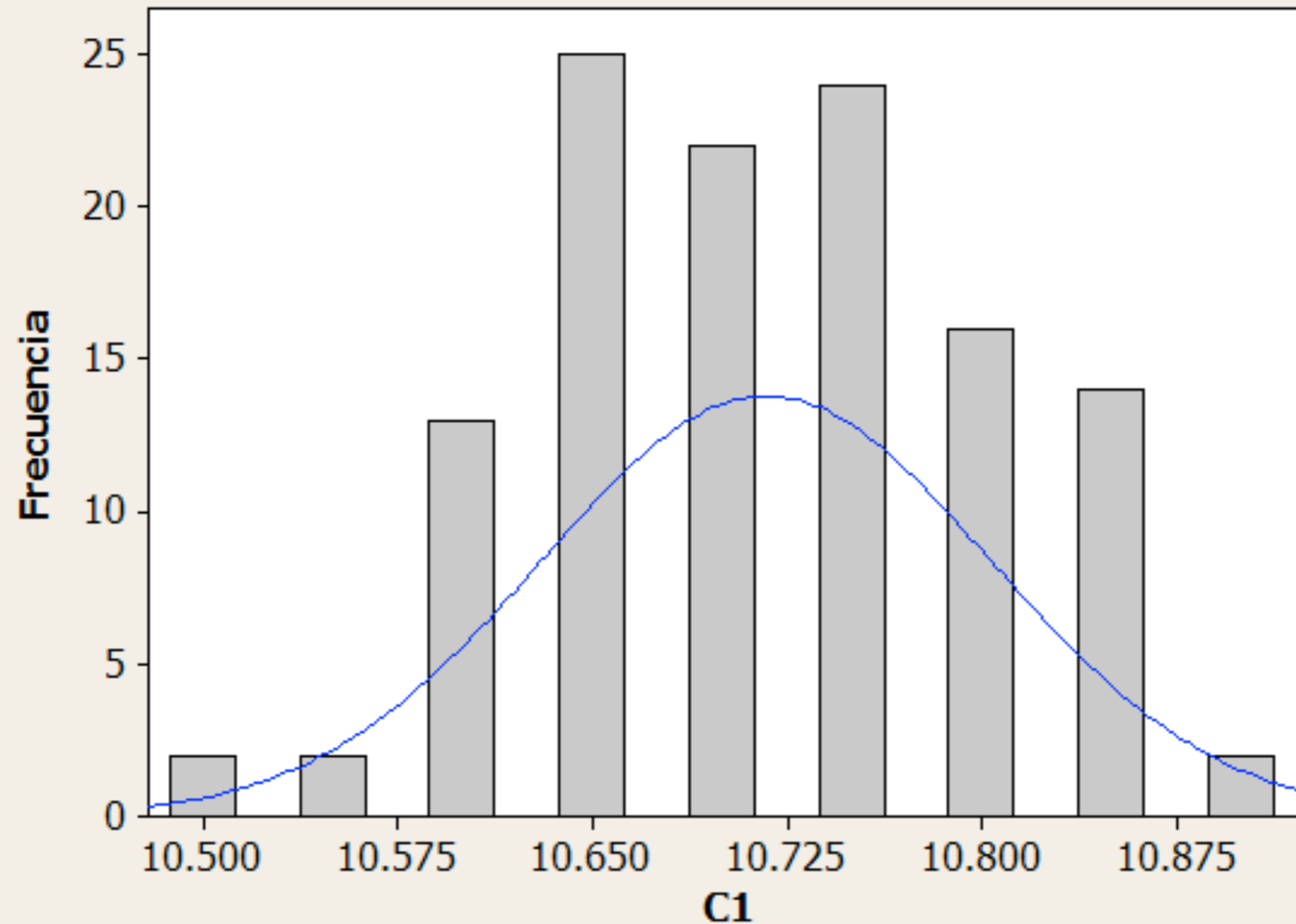
Solución en Excel



<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>
10.5	2
10.55	2
10.6	13
10.65	25
10.7	22
10.75	24
10.8	16
10.85	14
10.9	2
y mayor...	0

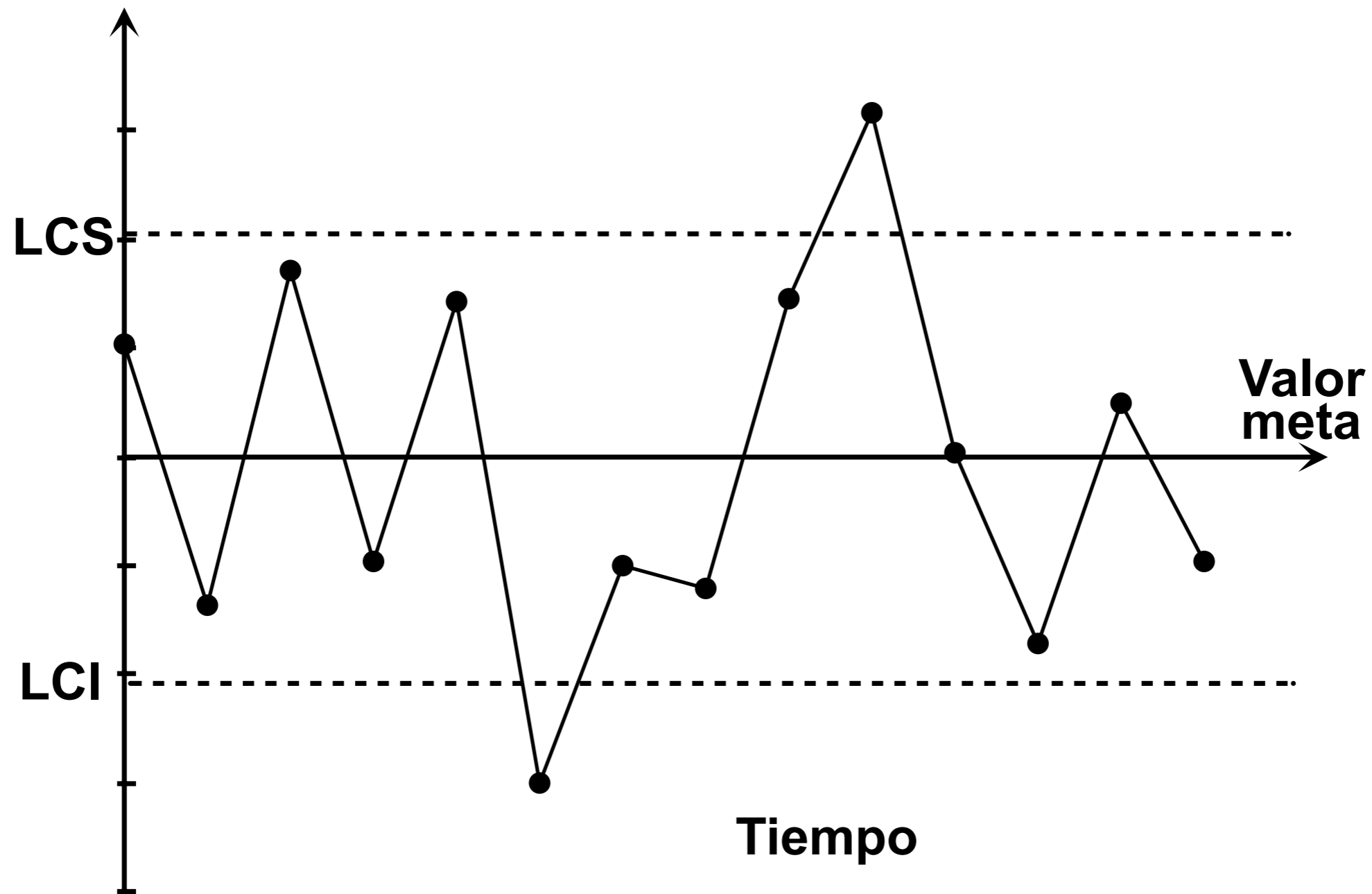
Solución en Minitab

Histograma de frecuencia de dimensiones
Normal



Media	10.72
Desv.Est.	0.08684
N	120

Gráficas de control estadístico del proceso



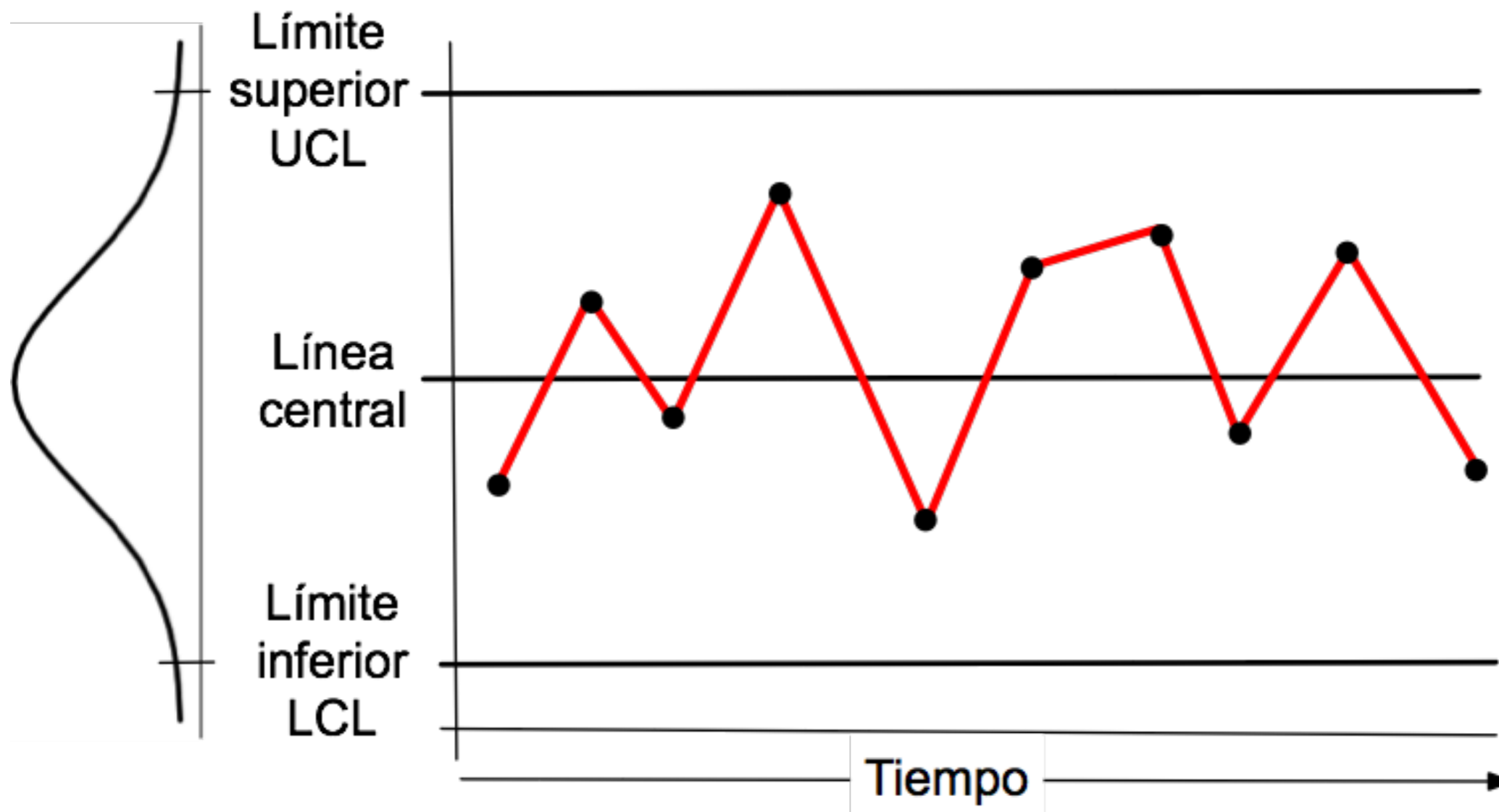
Representa al tiempo en el eje horizontal para Ubicar valores de un estadístico.

Objetivos de las gráficas de control

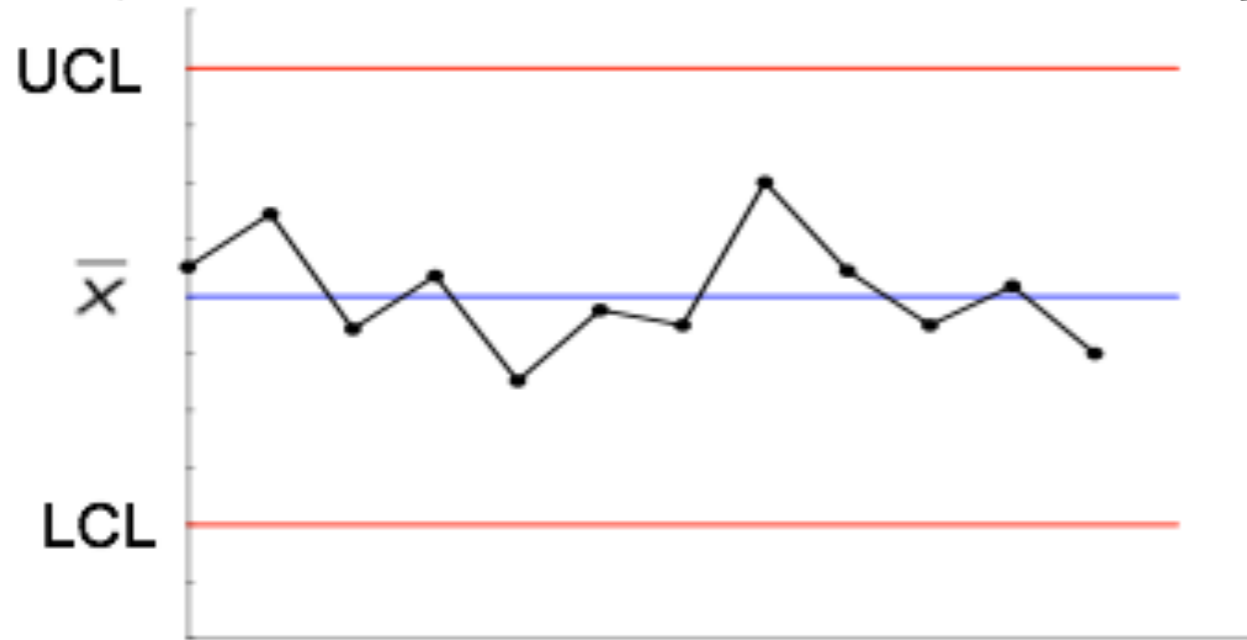
- Demuestra si el proceso es estable.
- Para confirmar la mejora de un proceso.
- Ayudan a identificar la presencia de una variación.
- Muestra el desempeño del proceso durante un período de un tiempo específico.
- Identifica dónde y en qué momento se genera la falla.

Rangos (límites) de control

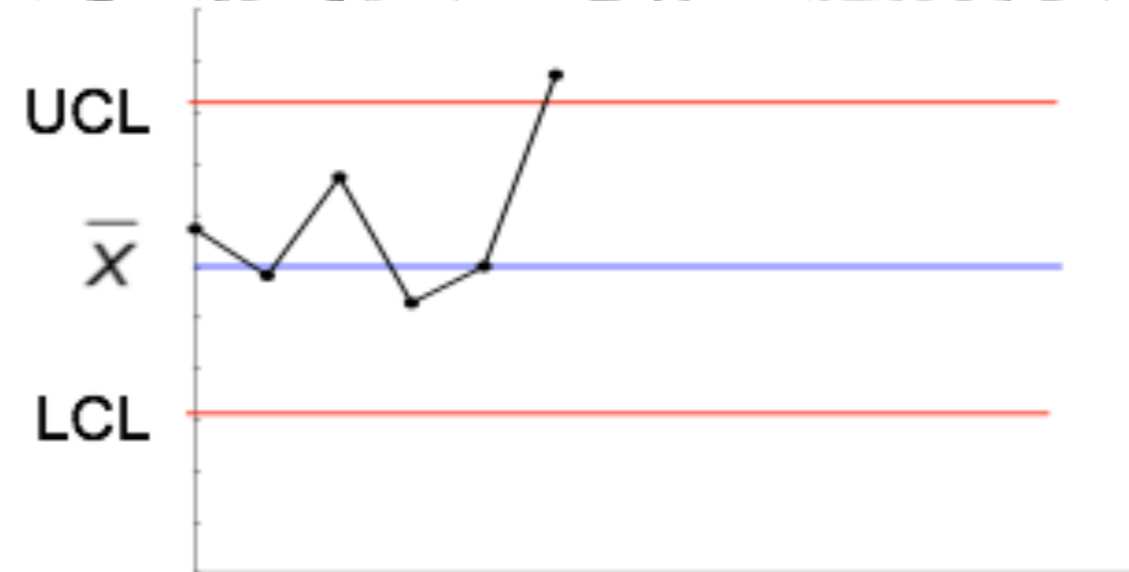
Todo proceso debe tener definidos rangos de control *superior e inferior*. El objetivo es tener el proceso dentro de dichos rangos, cuando esto se logra, se dice que el proceso está bajo control.



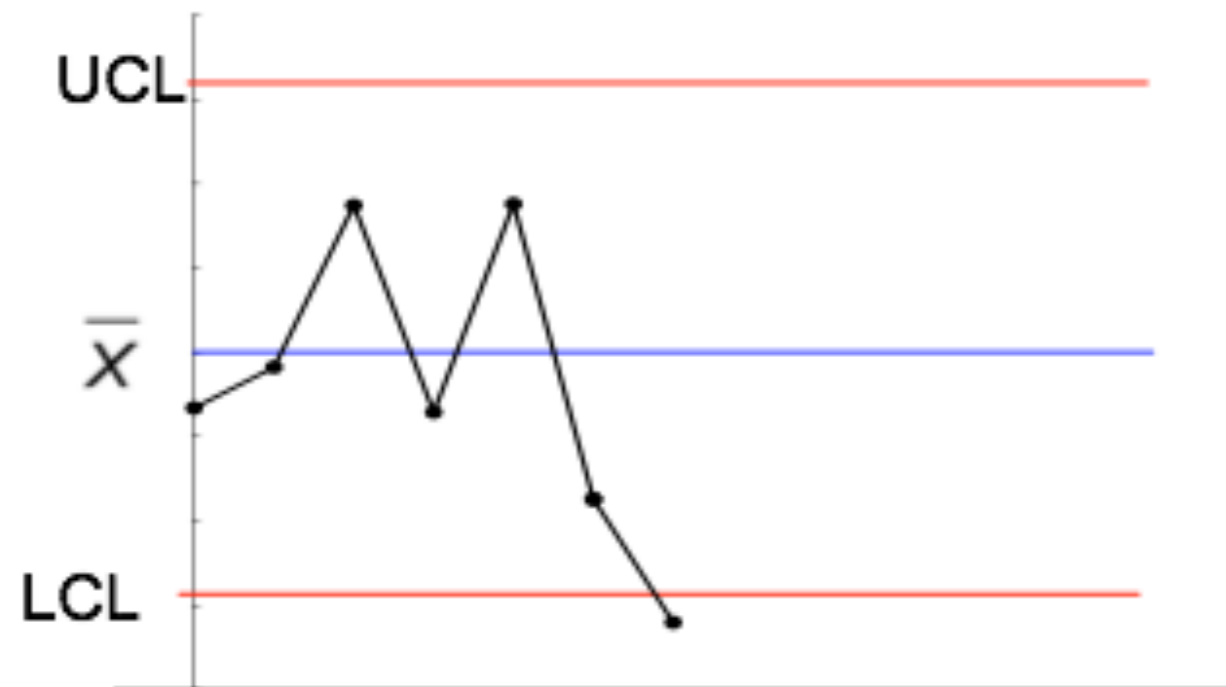
Comportamiento de gráficas de control



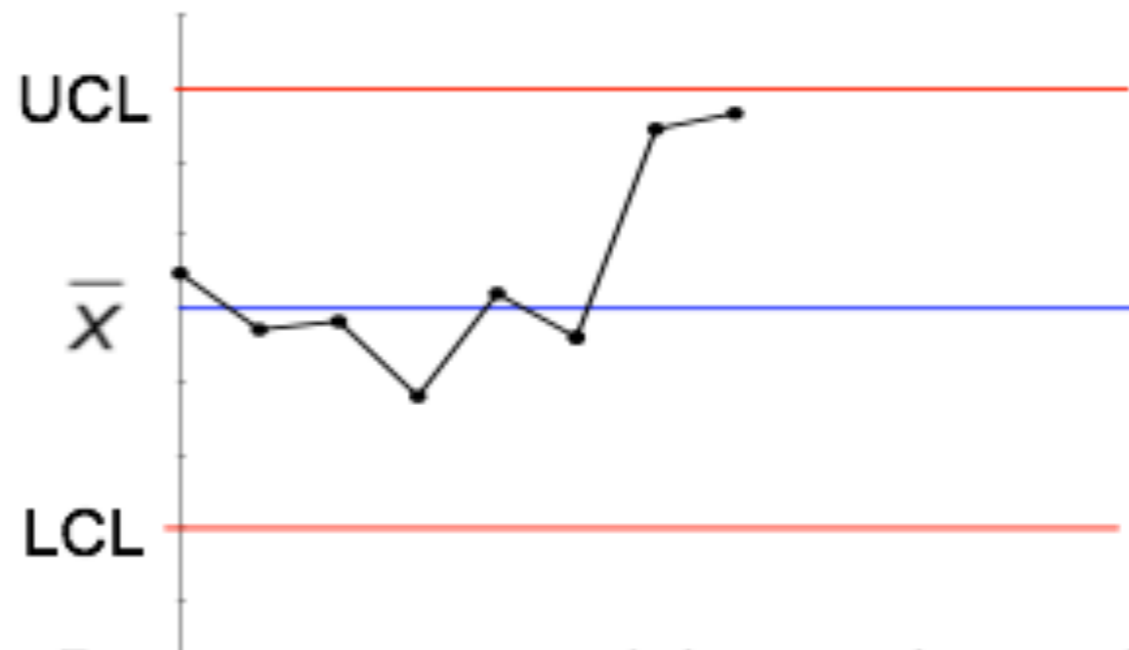
Comportamiento normal



Un trazo fuera arriba Investigar causa de un desempeño deficiente

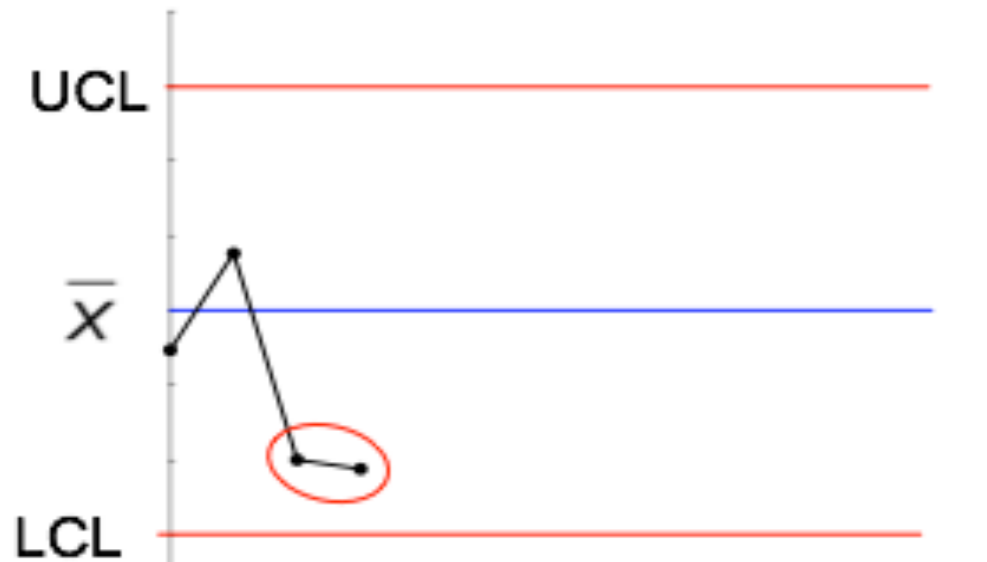


Un trazo fuera abajo. Investigar causa del valor bajo

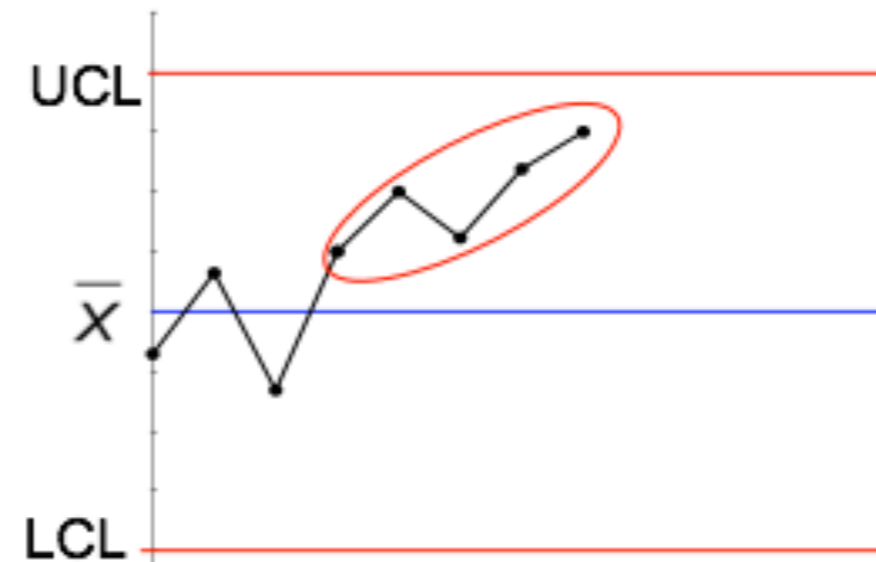


Dos trazos cerca del control superior. Investigar causa de un desempeño deficiente

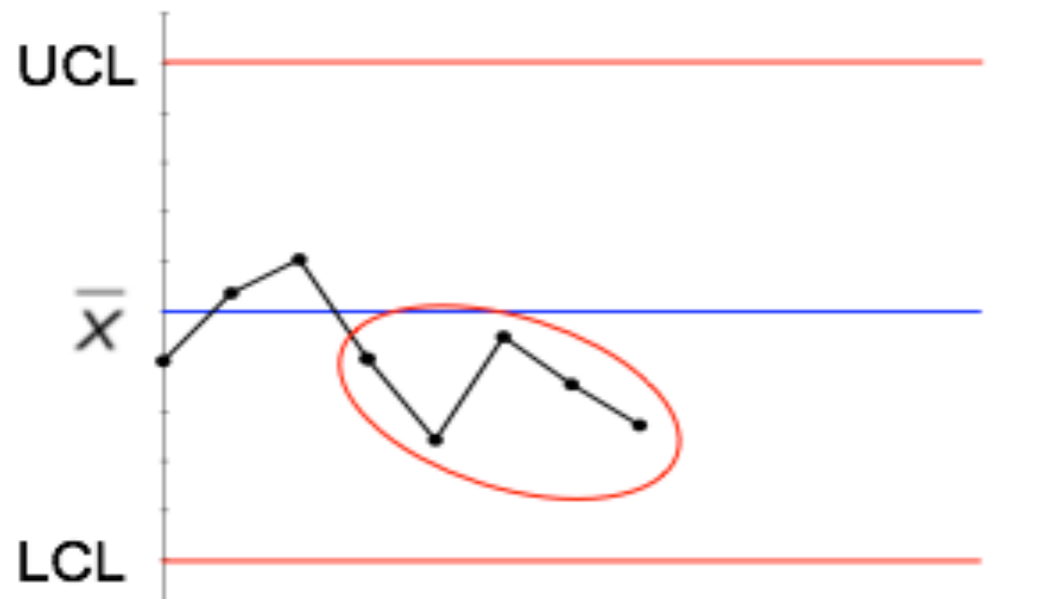
Comportamiento de gráficas de control



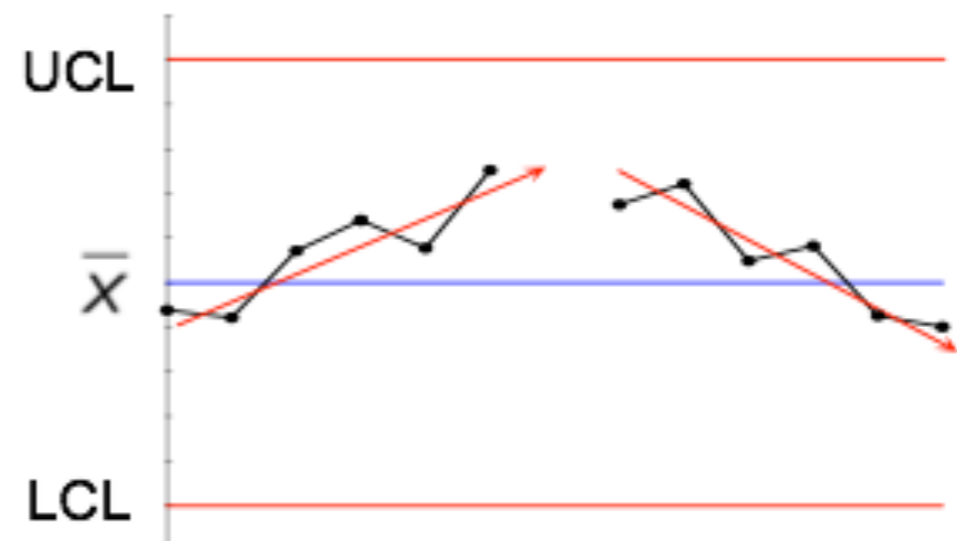
Dos trazos cerca del control inferior. investigar la causa



Serie de cinco trazos arriba de la línea central. Investigar la causa de un desempeño deficiente sostenido

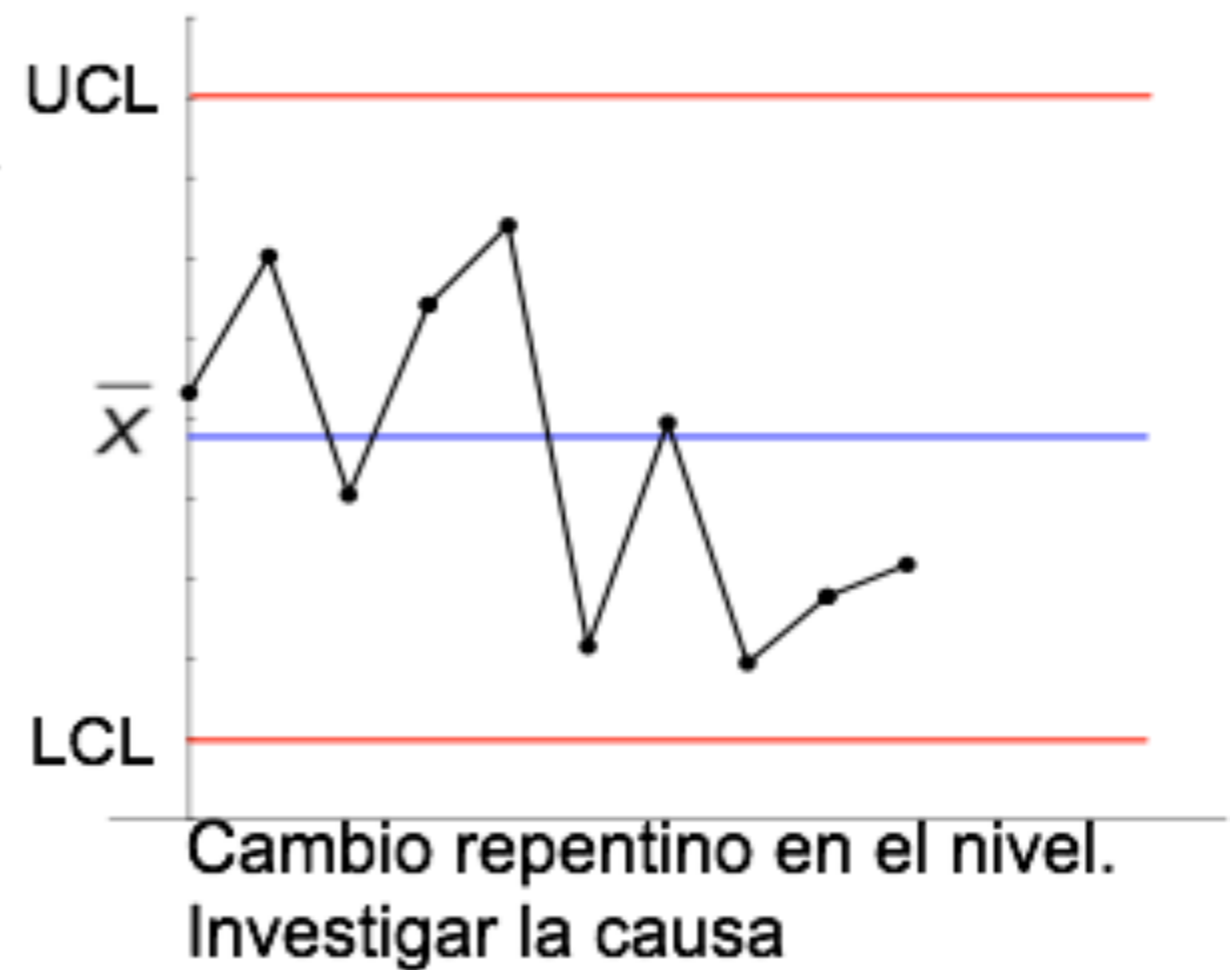
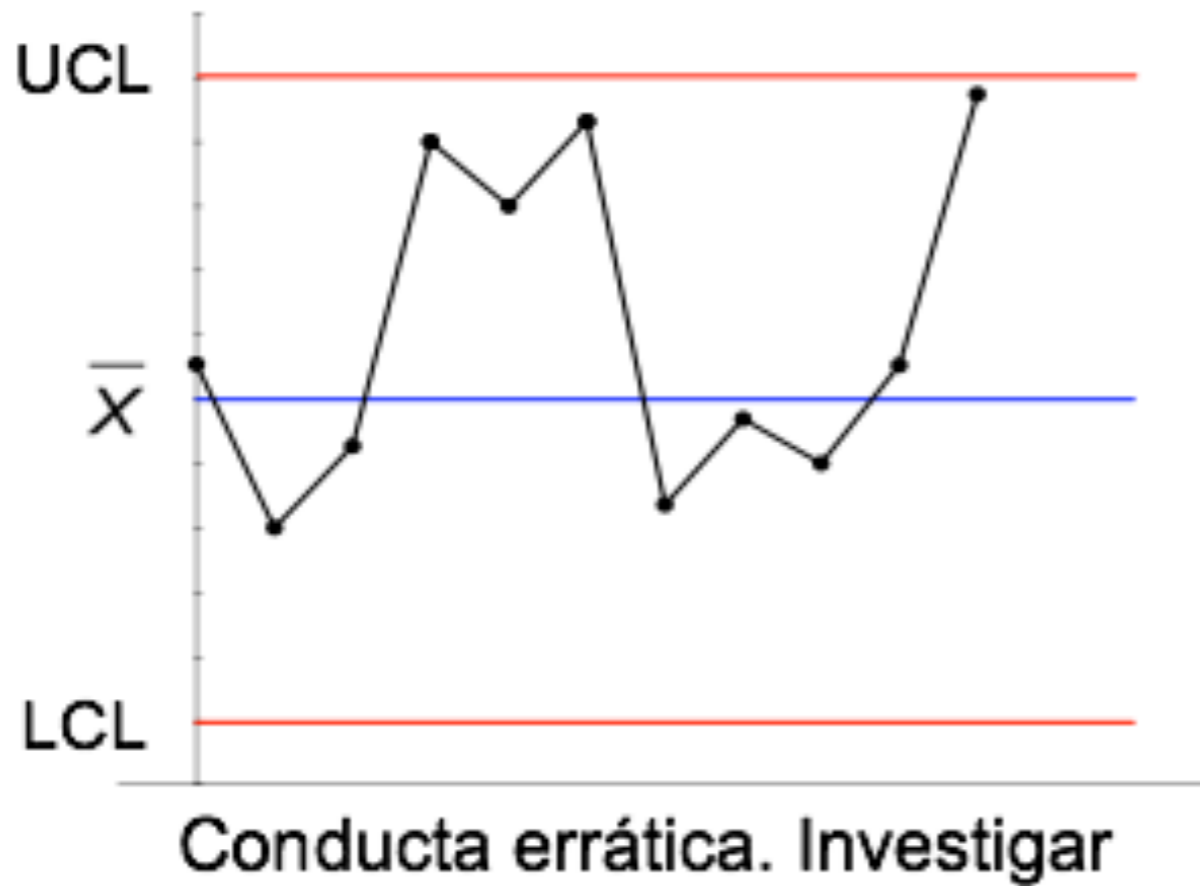


Serie de cinco trazos debajo de la línea central. Investigar la causa de un desempeño deficiente sostenido



Tendencia en cualquier dirección de cinco trazos. Investigar causas del cambio progresivo

Comportamiento de gráficas de control



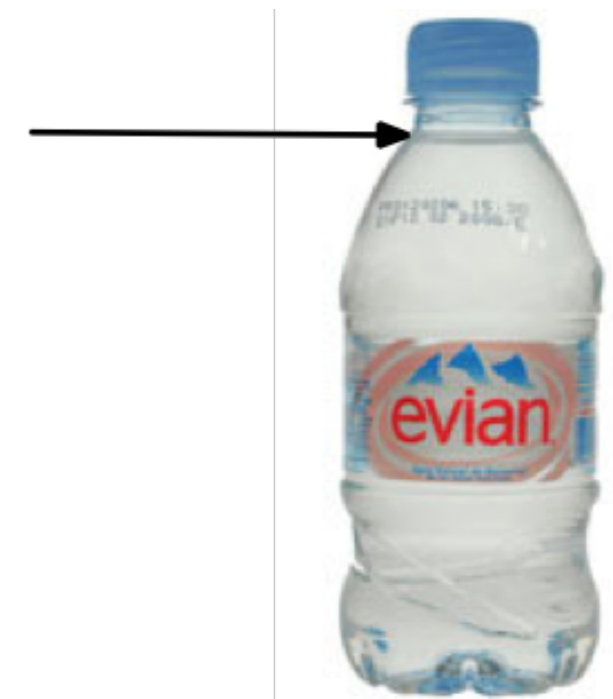
Gráficas de control para variables

Las gráficas de control de variables, son diagramas que se aplican a variables o características de calidad que son continuas, por ejemplo: el peso, volumen, longitud, temperatura, etc.

En las gráficas de control de variables hay dos medidas importantes:

- La tendencia central (\bar{X}) y
- La dispersión (R).

Variabilidad



Tipos de gráficas de control para variables

Gráficas \bar{X} : Gráfica de medias muestrales para una serie de pequeñas muestras aleatorias (≤ 15) durante un período.

Gráficas R : Se usan para trazar la variación de cada muestra medida por el rango muestral. Es decir, mide la magnitud de la dispersión.

Tabla de factores para gráficas de control

Número de artículos en muestra	Factores para límites de control		Factores para línea central	Factores para límites de control	
	A_2	A_3	d_2	D_3	D_4
2	1.880	2.659	1.128	0	3.267
3	1.023	1.954	1.693	0	2.575
4	0.729	1.628	2.059	0	2.282
5	0.577	1.427	2.326	0	2.115
6	0.483	1.287	2.534	0	2.004
7	0.419	1.182	2.704	0.076	1.924
8	0.373	1.099	2.847	0.136	1.864
9	0.337	1.032	2.970	0.184	1.816
10	0.308	0.975	3.078	0.223	1.777
11	0.285	0.927	3.173	0.256	1.744
12	0.266	0.886	3.258	0.284	1.716
13	0.249	0.850	3.336	0.308	1.692
14	0.235	0.817	3.407	0.329	1.671
15	0.223	0.789	3.472	0.348	1.652

Fórmulas para límite de control para \bar{X}

Usando desviación estándar: $\bar{\bar{X}} \pm A_3 \bar{S}$

A través de rangos: $\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$

Donde:

$\bar{\bar{X}}$ = El promedio de las medias muestrales.

A_3^* = El factor para el límite de control para desvstd.

A_2^* = El factor para el límite de control para R.

\bar{S} = El promedio de las desvstd.

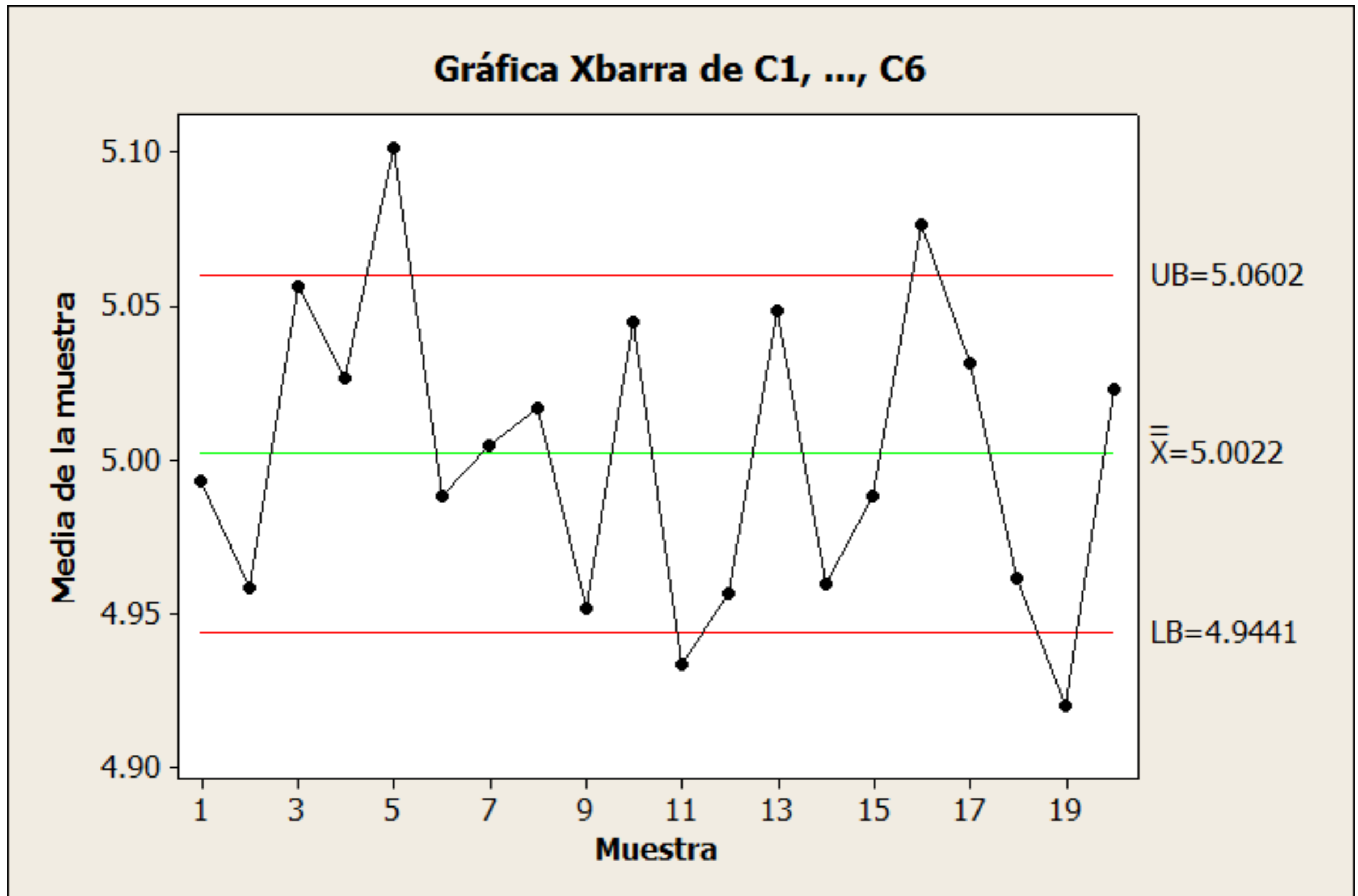
\bar{R} = El promedio de los rangos.

* Ver en la tabla de factores para límites de control.

Ejemplo. Datos muestrales para gráfica \bar{X}

Muestra	Datos muestrales (6 cojinetes por muestra)					
1	5.13	4.92	5.01	4.88	5.05	4.97
2	4.96	4.98	4.95	4.96	5.01	4.89
3	5.21	4.87	5.02	5.08	5.12	5.04
4	5.02	5.09	4.99	5.02	5.03	5.01
5	5.12	5.08	5.09	5.13	5.06	5.13
6	4.98	5.02	4.97	4.99	4.98	4.99
7	4.99	5.00	5.00	5.02	5.01	5.01
8	4.96	5.01	5.02	5.05	5.04	5.02
9	4.96	5.00	4.91	4.87	4.96	5.01
10	5.03	4.99	4.96	5.14	5.11	5.04
11	4.91	4.93	5.04	5.00	4.90	4.82
12	4.97	4.91	5.02	4.93	4.95	4.96
13	5.09	4.96	5.05	5.12	5.06	5.01
14	4.96	4.99	4.82	5.03	5.00	4.96
15	4.99	4.97	5.01	4.98	4.96	5.02
16	5.01	5.04	5.09	5.07	5.12	5.13
17	5.05	4.97	5.04	5.03	5.09	5.01
18	4.96	4.93	4.97	5.01	4.98	4.92
19	4.90	4.85	5.02	5.01	4.88	4.86
20	5.04	5.03	4.97	4.99	5.05	5.06

Gráfica de control \bar{X} para los datos muestrales



Fórmulas para límites de control para R

Límite superior de control (UCL): $D_4 \bar{R}$

Límite inferior de control (LCL): $D_3 \bar{R}$

Donde:

\bar{R} = El promedio de los rangos.

D_3^* = El factor para el límite de control para LCL.

D_4^* = El factor para el límite de control para UCL.

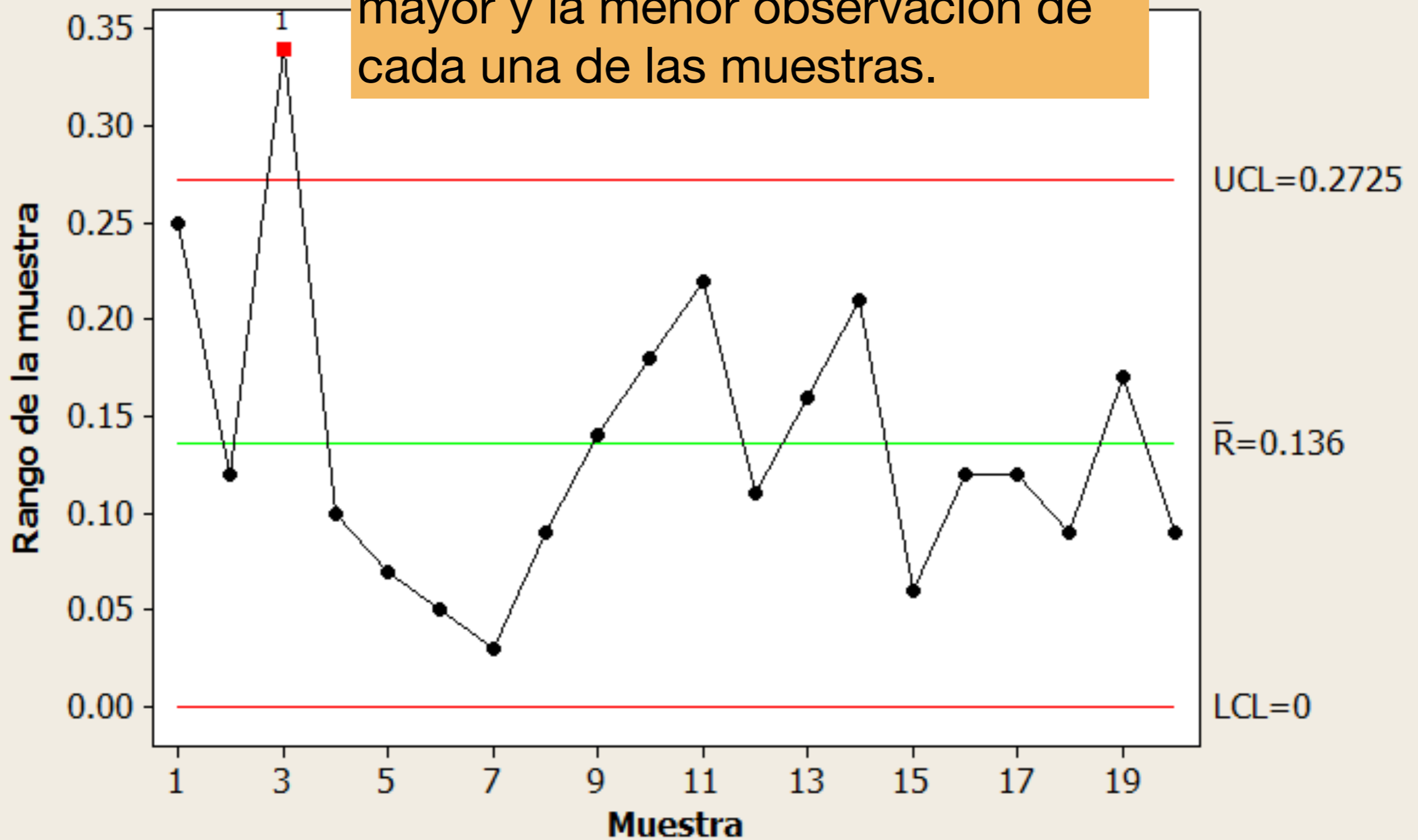
** Ver en la tabla de factores para límites de control.*

Datos muestrales para ejemplo de gráfica *R*

Muestra	Rango
1	0.25
2	0.12
3	0.34
4	0.10
5	0.07
6	0.05
7	0.03
8	0.09
9	0.14
10	0.18
11	0.22
12	0.11
13	0.16
14	0.21
15	0.06
16	0.12
17	0.12
18	0.09
19	0.17
20	0.09
Promedio de R	0.136

Gráfica de control R del ejemplo

R Muestra la diferencia entre la mayor y la menor observación de cada una de las muestras.



Gráficas de control para atributos

El objetivo de las gráficas para atributos es mostrar la proporción de artículos defectuosos, es decir, cuando un producto no reúne ciertos atributos, por lo que no puede pasar a la siguiente etapa del proceso y por lo tanto deberá de reprocesarse o desecharse.

Tipos comunes de gráficas de control de atributos

Gráficas p :

Indica la proporción de artículos muestrales que no cumplen especificaciones para muestras múltiples.

Gráficas c :

Muestra el número de características fuera de especificación por artículo o unidad.

Gráficas de control p

Utilizamos las gráficas p cuando el producto no proporciona medidas sino solamente, cumple o no cumple con las especificaciones.

Las gráficas p nos dan porcentajes de defectos (% de pasa o no pasa).

Previamente hay que determinar los criterios bajo los que se considerarán como defectuosos o no.

Fórmulas para determinar los límites de control p

$$UCL_{\bar{p}} = \bar{p} + z\sigma_{\bar{p}}$$

$$LCL_{\bar{p}} = \bar{p} - z\sigma_{\bar{p}}$$

Donde:

\bar{p} = Fracción media de defectos encontrados en la muestra.

Z = Número de desviaciones estándar.

σ = Desviaciones estándar para la distribución de la muestra.

$$\sigma_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Donde:

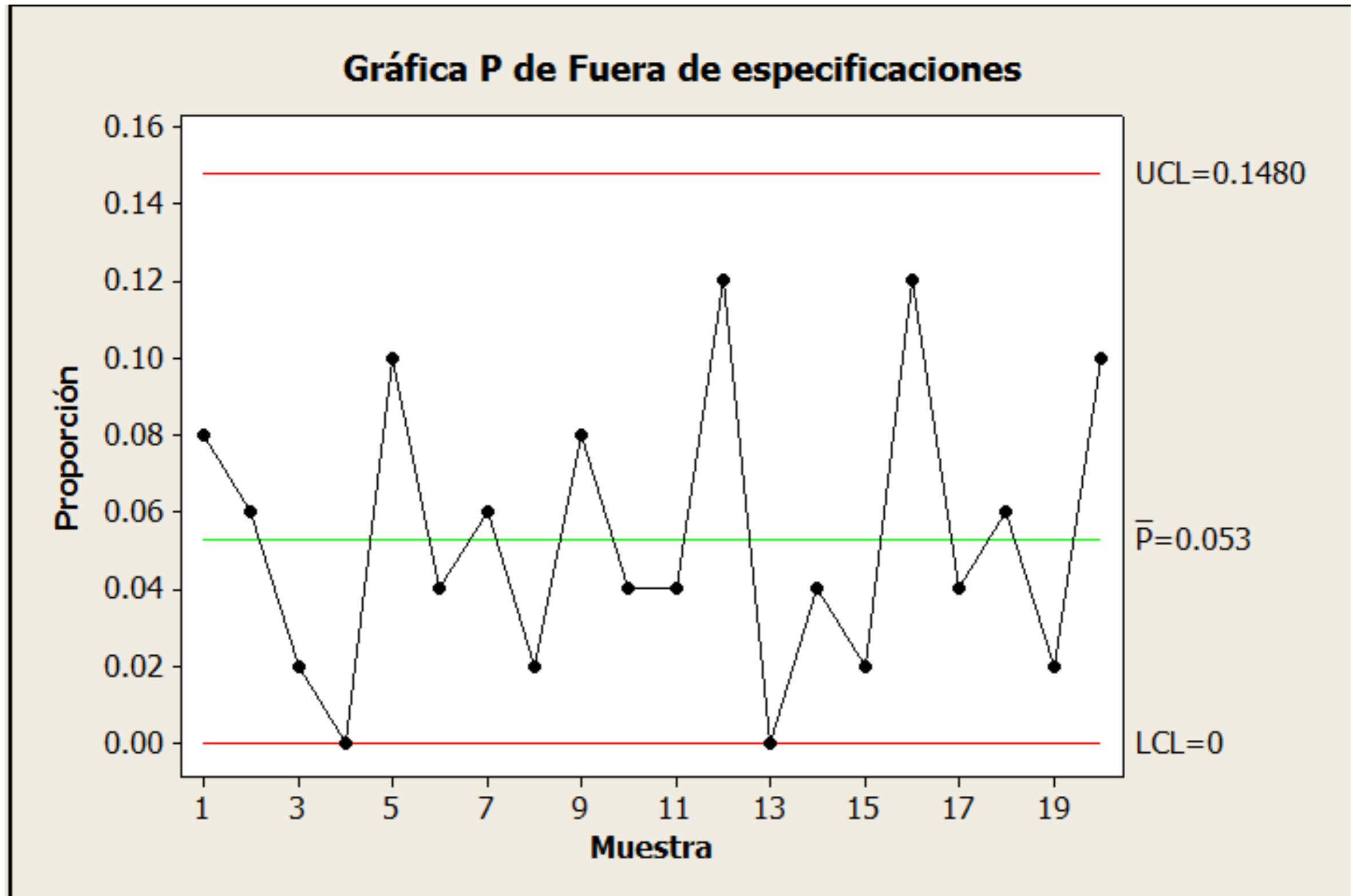
n = Número de observaciones en cada muestra.

Ejemplo de gráfica p

Una compañía produce papel para cartas y a intervalos regulares, inspecciona muestras de 50 hojas de papel. Suponga que se toman 20 muestras de 50 hojas de papel cada una durante cierto período. La siguiente tabla muestra los resultados de esos datos.

Muestra	n	Fuera de especificaciones
1	50	4
2	50	3
3	50	1
4	50	0
5	50	5
6	50	2
7	50	3
8	50	1
9	50	4
10	50	2
11	50	2
12	50	6
13	50	0
14	50	2
15	50	1
16	50	6
17	50	2
18	50	3
19	50	1
20	50	5

Gráfica del ejemplo p



Gráficas de control c

- Las observaciones son *atributos* cuyos defectos por unidad de producción se pueden contar.
- Tratamos con el número contado, el cual es una pequeña parte de las posibles ocurrencias.
- El número de artículos a analizar debe ser por lo menos 25 unidades.
- Son las gráficas menos utilizadas.

Aplicaciones comunes de gráficas de control c

- Número de errores por trabajador.
- Cantidad de accidentes.
- Número de quejas por mal servicio.
- Número de clientes nuevos.
- Imperfecciones en un producto.
- Errores en las palabras en un escrito.

Las variables anteriores se pueden ver como el número de eventos que ocurren por unidad y siguen una tendencia de distribución Poisson.

Aplicaciones comunes de gráficas de control c

- Número de errores por trabajador.
- Cantidad de accidentes.
- Número de quejas por mal servicio.
- Número de clientes nuevos.
- Imperfecciones en un producto.
- Errores en las palabras en un escrito.

Las variables anteriores se pueden ver como el número de eventos que ocurren por unidad y siguen una tendencia de distribución Poisson.

Fórmulas para determinar los límites de control c

Determinar la línea central:

\bar{c} = Promedio de todos los valores.

Determinar el límite superior de control (UCL):

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

Determinar el límite inferior de control (LCL):

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Ejemplo de gráfica de control c

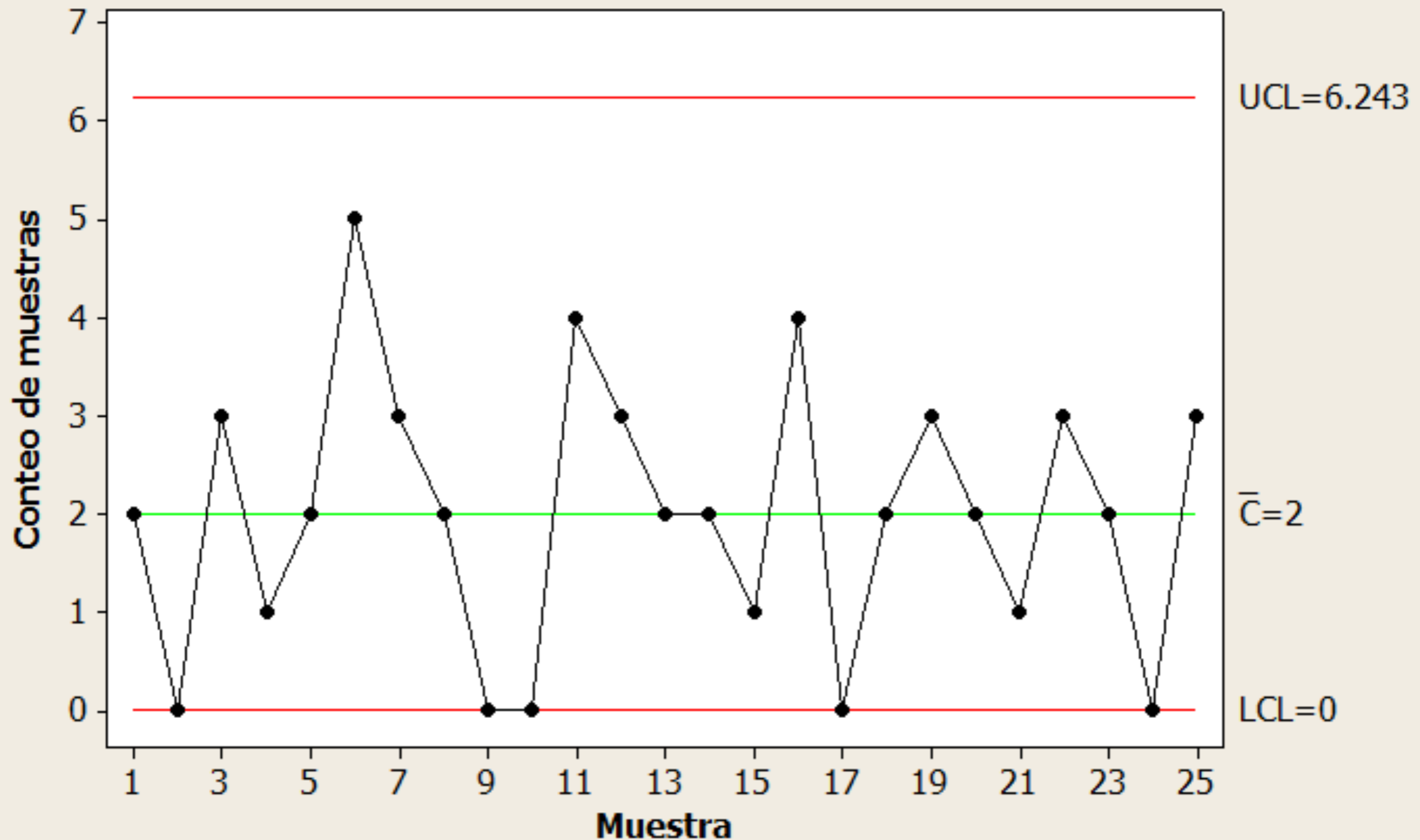
Un fabricante produce manómetros para medir presión de aceite. Como parte del control estadístico de procesos de la compañía, 25 manómetros se seleccionan al azar y se buscan las características fuera de especificación. La siguiente tabla muestra los resultados. Hay que construir una gráfica c que muestre las características fuera de especificación por artículo.

Número de artículo	Número de características fuera de especificación
1	2
2	0
3	3
4	1
5	2
6	5
7	3
8	2
9	0
10	0
11	4
12	3
13	2

Número de artículo	Número de características fuera de especificación
14	2
15	1
16	4
17	0
18	2
19	3
20	2
21	1
22	3
23	2
24	0
25	3

Gráfica del ejemplo de carta de control c

Gráfica C de Número de características fuera



Referencias

Ishikahua, Kaouro, *¿Qué es el Control Total de Calidad? La modalidad japonesa*, Ed. Norma, Colombia, 1988.

R. Evans, Jindsay M., *Administración y Control de la Calidad*, Ed. Thompson, México 2006, Sexta edición.

Anderson, R, *Estadística para los Negocios y Economía*, Ed. CENGAGE Learning, México 2011, onceava edición.

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestión-y-control-de-calidad/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>

[https://ingenioempresa.com/grafico-de-control/](https://ingenioempresa.com/grafico-de-control/#Beneficios)
[#Beneficios Para que entonces un grafico de control](#)

<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/graphs/how-to/scatterplot/create-the-graph/select-a-scatterplot/>