



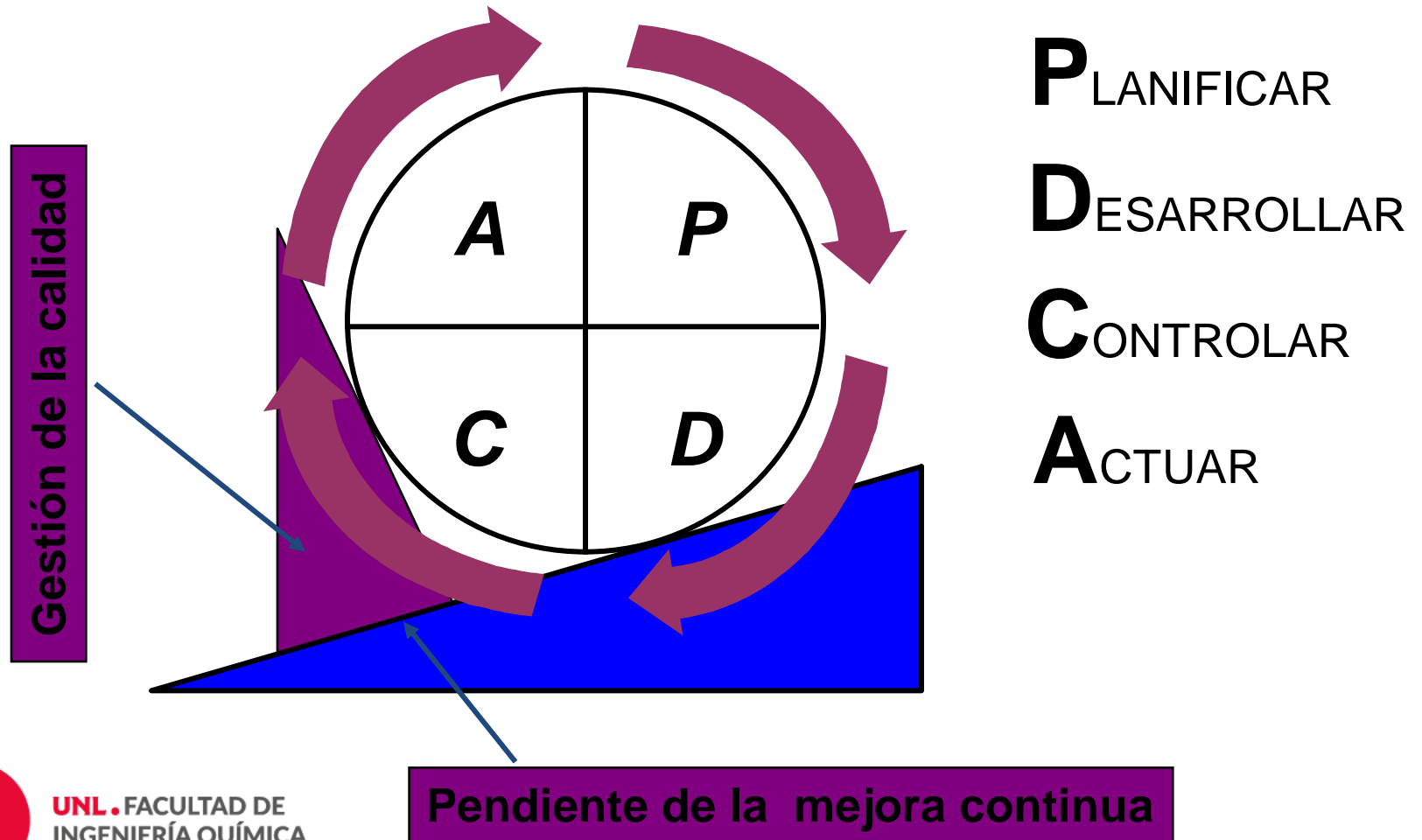
UNL. FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA

Tema: Calidad y Mejora Continua. Herramientas

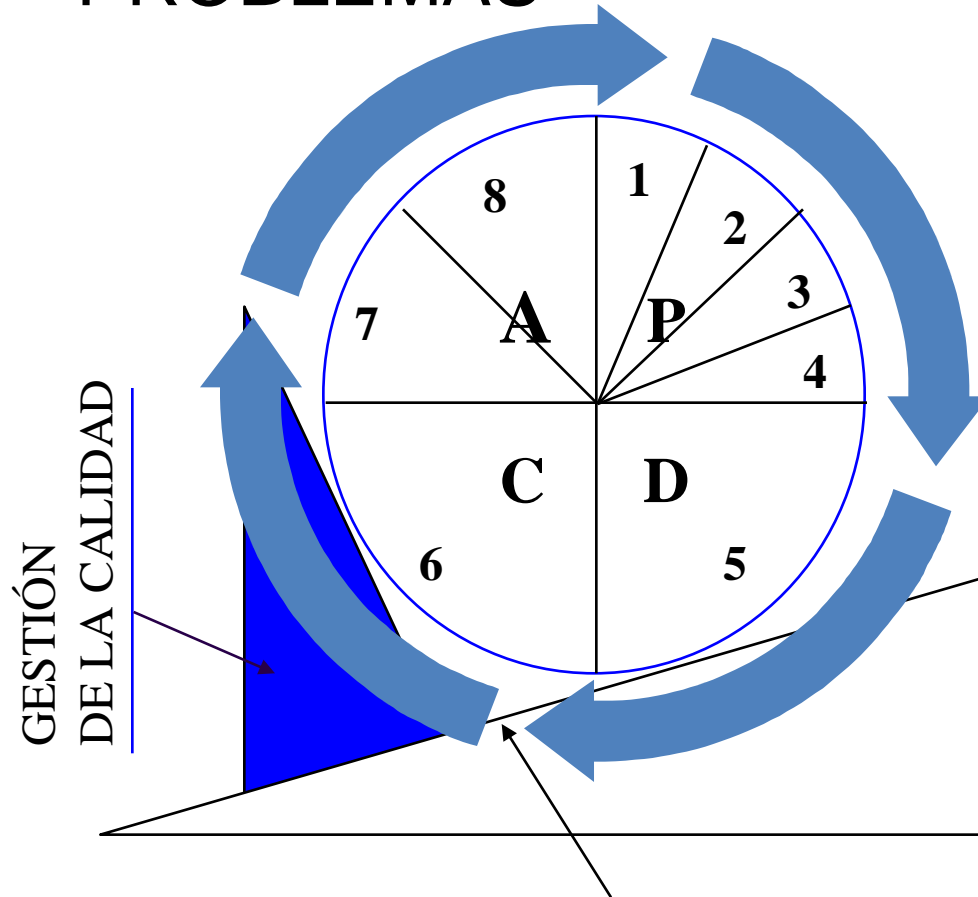
Unidad temática n°2 – Tema 2

LA RUEDA DE DEMING - PDCA

LA MEJORA CONTINUA



LA RUEDA DE DEMING - PDCA APLICADA A LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS



- 1 - IDENTIFICAR EL PROBLEMA
- 2 - ENCONTRAR LAS CAUSAS
- 3 - ESTUDIAR EL FACTOR MÁS IMPORTANTE
- 4 - CONSIDERAR SOLUCIONES
- 5 - IMPLEMENTAR LAS MEDIDAS CORRECTORAS
- 6 - VERIFICAR RESULTADOS
- 7 - PREVENIR LA RECURRENCIA DEL PROBLEMA
- 8 - ATACAR OTROS PROBLEMAS NO RESUELTOS



UNL. FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA

PENDIENTE DE LA
MEJORA
CONTINUA

Para desarrollar el ciclo PDCA se utilizan una serie de herramientas, de fundamento estadístico, entre las que pueden mencionarse:

- **Las 7 herramientas básicas:** Diagrama de causa-efecto o de Ishikawa, Gráfico de control, Histograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de Dispersión o correlación, Hoja de recogida de datos y Estratificación de los datos.
- **Brainstorming o “tormenta de ideas”**
- **Las siete nuevas herramientas de gestión:** Diagrama de afinidades, Diagrama matricial, Diagrama de relaciones, Diagrama de árbol, Diagrama de proceso de decisión, Diagrama matricial y Diagrama de flujo.





**"Sin datos, solo eres
otra persona más
dando su opinión".**

W. Edwards Deming

www.exyge.eu



**UNL. FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA**

Hablemos con datos (Kaoru Ishikawa)...

Aparecen aquí problemas por resolver como son:

1. **Datos falsos** y datos que no concuerdan con los hechos: * Cuando se crean artificialmente o se adulteran, * Cuando se producen datos erróneos, debido a ignorancia de los métodos estadísticos.
2. **Métodos deficientes** de reunir datos: errores de muestro o medición y análisis
3. **Transcripción errada** de los datos y cálculos equivocados: son muy frecuentes.
4. **Valores anormales**: los datos suelen ser impuros porque contienen valores anómalos, algunos debidos a los tres primeros puntos citados. En otros casos porque realmente existen . Su utilización dependerá del propósito con el cual serán utilizados.
5. **Fortaleza**: A veces los datos reales no concuerdan con la distribución normal, además de contener valores anómalos. En general las herramientas avanzadas y los métodos estadísticos sofisticados carecen de fortaleza, son de aplicación limitada y pueden resultar inapropiados para tales casos. En tal sentido las siete herramientas básicas son fuertes y pueden utilizarse en cualquier situación.
6. **Método de aplicación** equivocado: debido a falta de una clara comprensión de las teorías estadísticas.



7 HERRAMIENTAS CLÁSICAS UTILIZADAS PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

(método estadístico elemental)

- 1. HOJAS DE INSPECCIÓN (Planillas de recolección de datos).**
- 2. HISTOGRAMAS.**
- 3. ESTRATIFICACIÓN.**
- 4. GRÁFICOS DE PARETO**
- 5. DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN.**
- 6. DIAGRAMAS CAUSA – EFECTO.**
- 7. GRÁFICOS DE CONTROL**



1) Hojas de Inspección, de Control o de Chequeo

Tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos.

Uso fácil y mínima interferencia con la actividad de quien realiza el registro.



1) Hojas de Inspección, de Control o de Chequeo

VENTAJAS

- ✓ Método que proporciona datos fáciles de comprender, obtenidos mediante un proceso simple y eficiente que puede ser aplicado a cualquier área de la organización.
- ✓ Reflejan rápidamente las tendencias y patrones subyacentes en los datos.

USOS

- ✓ En la mejora de la Calidad: estudio de los síntomas de un problema. Investigación de las causas o en la recogida y análisis de datos para probar alguna hipótesis.
- ✓ Como punto de partida para la elaboración de otras herramientas, como por ejemplo los Gráficos de Control.



1) Hojas de Inspección, de Control o de Chequeo

Pasos para aplicar adecuadamente esta herramienta:

1°) **Determinar el objetivo.** Precisándolo de manera clara e inequívoca: verificar la distribución de un proceso, chequear defectos y/ó errores, comprobar sus causas.

2°) **Definir el modo en que se llevará a cabo el registro.** Quien lo hará, cómo y dónde, si se registran todas las ocurrencias o se realizará un muestreo.



1) Hojas de Inspección, de Control o de Chequeo

3°) Diseñar la hoja de verificación. Haciendo que su aplicación sea sencilla y que la situación registrada pueda entenderse con immediatez.

También es necesario incluir datos como:

- ♣ Título
- ♣ Qué se verifica
- ♣ Quien hace la verificación
- ♣ Dónde se lleva a cabo
- ♣ Método utilizado
- ♣ Periodicidad
- ♣ Otros que se consideren necesarios.



1) Hojas de Inspección, de Control o de Chequeo

EJEMPLO

Hoja de verificación diseñada para investigar el "**Tipo de reclamos recibidos por una empresa de transporte**", en una provincia. En este caso, también interesó recoger datos sobre las delegaciones en distintas poblaciones de dicha provincia.

		DELEGACIONES EN LA PROVINCIA				Total
		A	B	C	D	
RECLAMOS						
	El paquete llega tarde	23	13	12	4	52
	Envío con daños	11	4	5	8	28
	No se envía la factura	6	2	1	3	12
	Paquete perdido	15	5	10	11	41
	Atención recibida	6	2	4	4	16
	Nota de visita con hora incorrecta	4	3	1	2	10
	Otros	1	1	0	1	3
	Total	66	30	33	33	162

Período registrado: 02-01-13 / 31-12-14

Verificador:

Método: Análisis de reclamos

Periodicidad: 1 año



UNL. FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA

2) Diagrama o Gráfico de Pareto

Wilfredo Pareto

Un economista italiano del siglo XIX, observó que el 20% de la población mundial de aquel tiempo tenía en sus manos el 80 % de la riqueza del planeta. En base a esta observación postuló el principio que lleva su nombre que afirma :

“Existe una vital influencia de unos pocos elementos o factores en comparación con la poca importancia que tiene la mayoría de ellos”.

Por ejemplo, es muy frecuente que el 20% ó 30% de las causas de falla produzcan el 70% u 80% del total de los defectos o fallas.



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

Es una forma especial de gráfico de barras verticales que ayuda a determinar los problemas a resolver y en qué orden.

¿Para que se utiliza?

Se utiliza para mostrar la importancia relativa de todos los problemas o condiciones a fin de seleccionar el punto inicial para la solución de problemas o para la identificación de la causa fundamental de un problema.



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

VENTAJAS

- ✓ Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.
- ✓ Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- ✓ Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras.
- ✓ Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

Pasos a seguir para la elaboración de un diagrama de Pareto:

1. Seleccionar los problemas o causas.
2. Seleccionar la unidad de medición del patrón de comparación, por ejemplo costo anual, frecuencia.
3. Seleccionar el período de tiempo a estudiar.
4. Reunir los datos necesarios acerca del número de defectos provenientes de cada fuente, por ejemplo el defecto A ocurrió x veces en un mes, o el defecto B costó Y pesos en un mes.



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

Pasos a seguir para la elaboración de un diagrama de Pareto:

5. Clasificar, agrupar la información.
6. Enumerar en orden decreciente de frecuencia o costo y de izquierda a derecha sobre el eje horizontal las diferentes categorías.
7. Cada categoría se representa con una barra cuya altura representa la frecuencia o costo.



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

Vemos la aplicación utilizando como ejemplo el **análisis de las quejas y reclamos recibidos en una unidad administrativa.**

1°) Establecer los datos que se van a analizar así como el período de tiempo al que se refieren dichos datos. Es necesario precisar de donde van a provenir y cómo se van a clasificar.

2°) Agrupar los datos por categorías, de acuerdo a un criterio determinado. En nuestro caso se consideran 162 reclamos efectuados partiendo de reclamos cumplimentados por los clientes de una empresa de transporte que se han agrupado en las siguientes categorías.

2) Diagrama o Gráfico de Pareto

Vemos la aplicación utilizando como ejemplo el **análisis de las quejas y reclamos recibidos en una unidad administrativa.**

1º) Establecer los datos que se van a analizar así como el período de tiempo al que se refieren dichos datos. Es necesario precisar de donde van a provenir y cómo se van a clasificar.



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

Vemos la aplicación utilizando como ejemplo el **análisis de las quejas y reclamos recibidos en una unidad administrativa.**

2°) Agrupar los datos por categorías, de acuerdo a un criterio determinado. En nuestro caso se consideran 162 reclamos efectuados partiendo de reclamos cumplimentados por los clientes de una empresa de transporte que se han agrupado en las siguientes categorías.



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

Análisis de las quejas y reclamos recibidos en una unidad administrativa.

CATEGORIA	Número de reclamos
El paquete llega tarde	52
Envío con daños	28
No se envía la factura	12
Paquete perdido	41
Atención recibida	16
Nota de visita con hora incorrecta	10
Otros	3



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

3°) Tabular los datos: comenzando por la categoría que contenga más elementos y, siguiendo en orden descendente, calcular: frecuencia absoluta, frecuencia absoluta acumulada, frecuencia relativa unitaria y frecuencia relativa acumulada. En el ejemplo de referencia, el producto de lo anterior será la siguiente tabla.



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

N°	Categoría	Frecuencia absoluta	Frecuencia absoluta acumulada	Frecuencia relativa Unitaria %	Frecuencia relativa Acumul. %
1	El paquete llega tarde	52	52	32,1	32,1
2	Envío con daños	41	93	25,3	57,4
3	No se envía la factura	28	121	17,3	74,7
4	Paquete perdido	16	137	9,8	84,5
5	Atención recibida	12	149	7,4	91,9
6	Nota de visita con hora incorrecta	10	159	6,2	98,1
7	Otros	3	162	1,9	100



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

4º) Dibujar el diagrama:

- a) Trazar los ejes de coordenadas cartesianas
- b) en el eje de ordenadas, delimitar una escala comenzando por cero y que llegue hasta el valor total de la frecuencia absoluta acumulada.
- c) En el eje horizontal (de abscisas) etiquetar las categorías en que se han agrupado los elementos teniendo en cuenta que, en un diagrama de Pareto, no existe espacio entre barras.
- d) Reproducir otro eje vertical, a la derecha del gráfico, de la misma longitud que el eje de la izquierda, puntuado de 0 a 100, en el que se representarán las frecuencias relativas.



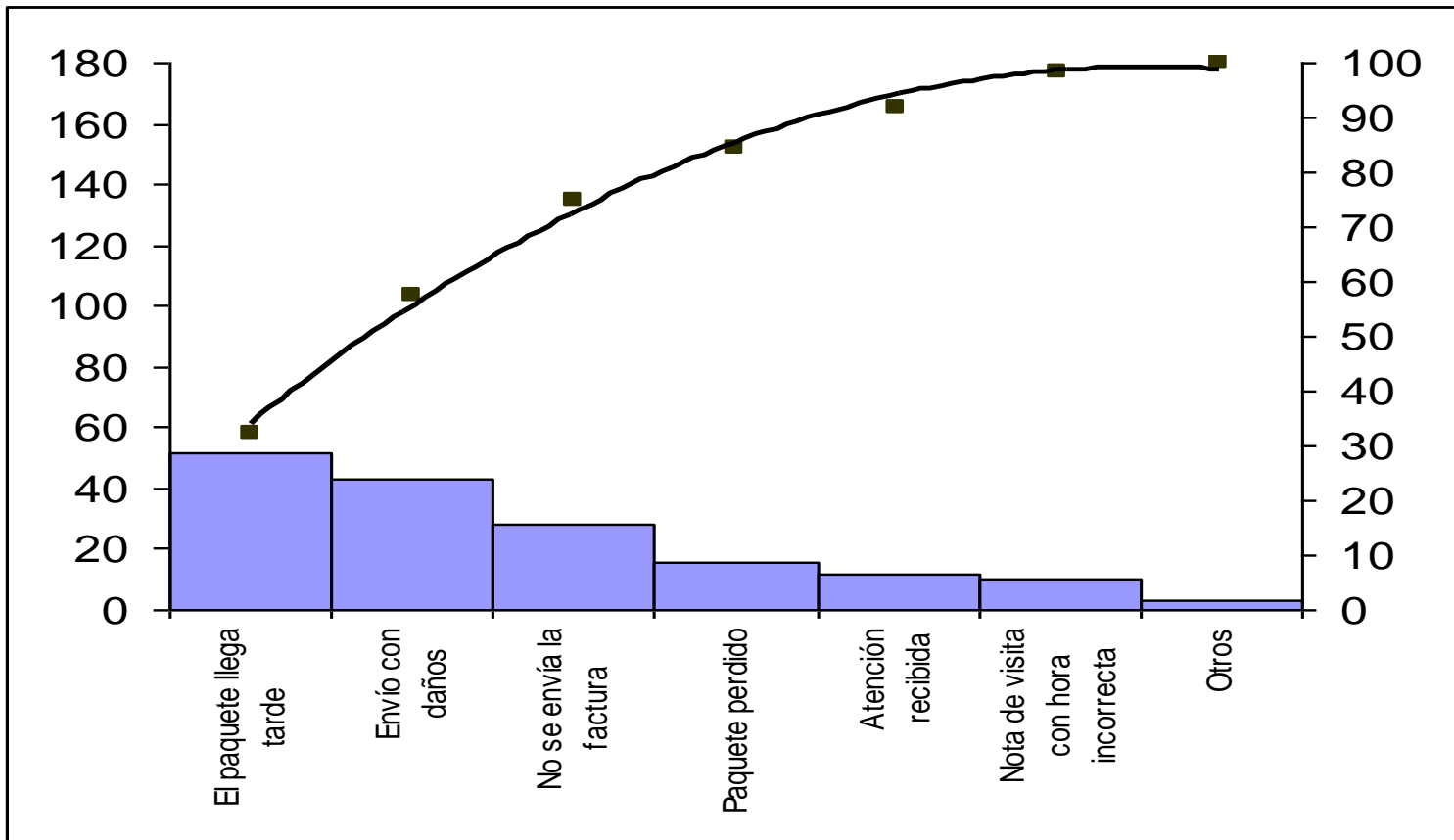
2) Diagrama o Gráfico de Pareto

5°) Representar el gráfico de barras correspondiente que, en el eje horizontal, aparecerá también en orden descendente.

6°) Delinear la curva acumulativa. Se dibuja un punto que represente el total de cada categoría. Tras la conexión de estos puntos se formará una línea poligonal.



2) Diagrama o Gráfico de Pareto



2) Diagrama o Gráfico de Pareto

7°) Identificar el diagrama etiquetándolo con datos como: título, fecha de realización, período considerado, procedencia...

8°) Analizar el diagrama. Con una primera aproximación no es difícil llegar a conclusiones válidas sobre las causas principales de los reclamos..

En el ejemplo, podemos observar que caso el 3/4 de ellas (74.7 %) se deben a tres categorías: “El paquete llega tarde”, “paquete perdido” y “envío con daños”, siendo la primera las que más quejas ha acumulado.

Teniendo en cuenta que es más fácil reducir una frecuencia elevada que otra baja, parece evidente que será más útil centrarse en estas tres primeras causas (pocas y vitales) que en las que tiene menor incidencia



3) Histograma

Es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos.

VENTAJAS

- ✓ Su construcción ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores.
- ✓ Muestra grandes cantidades de datos dando una visión clara y sencilla de su distribución.



3) Histograma

USOS

- ✓ Eficaz para transmitir información sobre un proceso de forma precisa e inteligible.
- ✓ Útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para tomar decisiones sobre la base de ellos.
- ✓ Permite la comparación de los resultados de un proceso **con las especificaciones previamente establecidas para el mismo**. En este caso, puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones.



3) Histograma

Para la elaboración de un histograma de frecuencias, se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

1º) Recolección y registro de datos: Una vez seleccionada la variable del proceso que se pretende estudiar, se recopilan los datos correspondientes, siendo aconsejable disponer de un número superior a 50 observaciones.

En el ejemplo, la variable a estudiar es el “**tiempo (en días)**” en ***responder la solicitud de un ciudadano*** para participar en un “***Programa de Servicios Comunitarios***”. Se han tomado **84 observaciones**, pertenecientes a un período de 6 meses. Valor máximo: 83 días. Valor mínimo: 17 días

Unidades: Días

41	43	56	50	46	50	83	25	27	30
53	51	35	67	39	50	19	40	45	17
41	72	41	43	46	63	51	48	37	39
30	17	78	44	41	32	47	45	82	48
80	61	70	31	73	35	46	54	47	30
21	52	39	31	36	41	67	29	53	55
22	37	30	44	42	47	62	35	57	57
44	38	45	58	58	73	55	38	32	60
58	61	47	46						



3) Histograma

2°) Determinar el rango del conjunto de datos: Obteniendo la diferencia entre el valor máximo y mínimo. El rango debe ser un número positivo ---- **Máx. = 83; Mín. = 17 \Rightarrow Rango = 66.**

3°) Precisar el número de intervalos y su amplitud: La siguiente tabla ayudará a precisar el número de intervalos (k) en función del número de datos disponibles. Es muy común utilizar 10 intervalos.

Número de datos (N)	Número de intervalos de clase (K)
50 - 99	6 - 10
100 - 250	7 - 12
> 250	10 - 20



3) Histograma

Número de datos (N)	Número de intervalos de clase (K)
50 - 99	6 - 10
100 - 250	7 - 12
> 250	10 - 20

4°) Determinar los límites de los intervalos: Lo que permitirá agrupar definitivamente los datos. Hay que tener presente que los valores extremos de cada intervalo de clase pueden crear confusión sobre a qué intervalo pertenecen. Por ello es necesario precisar muy bien sus límites

5°) Obtener las marcas de clase de los intervalos: Mediante la fórmula. Este valor podrá ser utilizado para calcular medidas de dispersión y tendencia central de la serie de datos.

Límite inferior + Límite superior



3) Histograma

6°) Construir la tabla de frecuencias: Registrando los valores límite de los intervalos, computando los elementos pertenecientes a cada clase y anotándolo en la columna de “Chequeo” y, contabilizando el total de observaciones para cada intervalo en la columna de frecuencias.

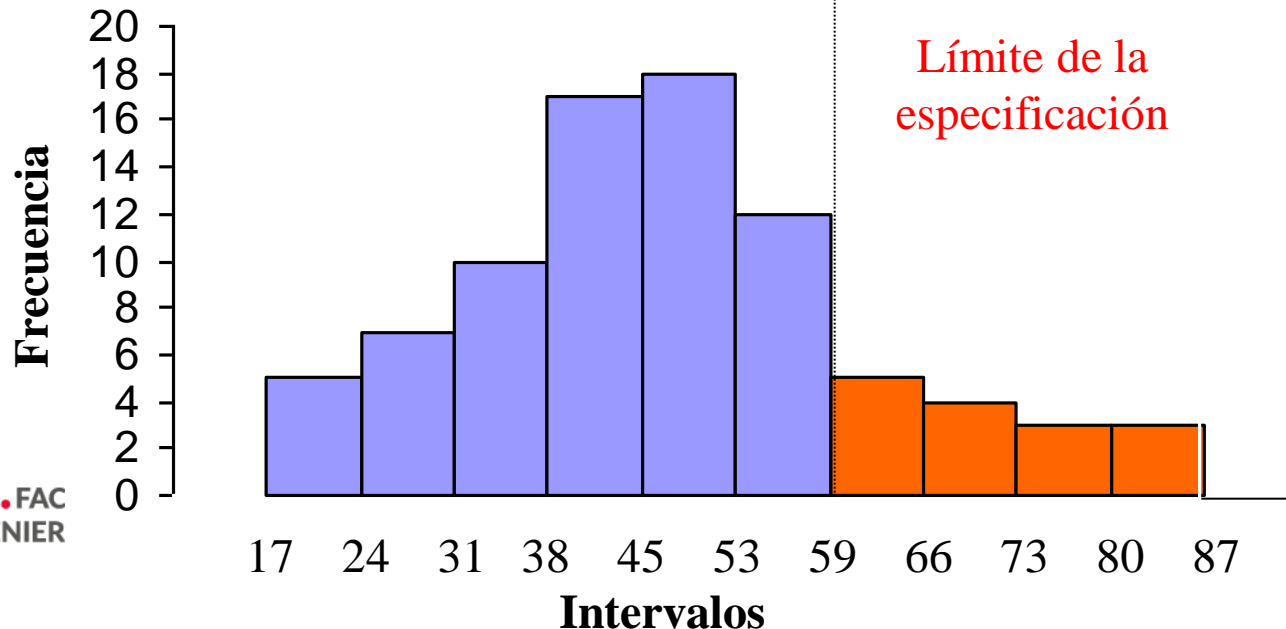
N°	Intervalos	Marcas de clase	Chequeo	Frecuencia
1	17 -24	21	////	5
2	24 - 31	28	//// //	7
3	31 -38	35	//// ////	10
4	38 -45	42	//// //// //// //	17
5	45 - 52	49	//// //// //// ///	18
6	52 - 59	56	//// //// //	12
7	59 - 66	63	////	5
8	66 - 73	70	////	4
9	73 - 80	77	///	3
10	80 - 87	84	///	3
				N = 84



3) Histograma

7º) Dibujar el histograma: Que concentrará toda la información acumulada hasta entonces. Para ello:

- ✓ El eje de abscisas contiene los intervalos previamente calculados.
- ✓ La escala vertical representa las frecuencias.
- ✓ Se trazan barras verticales, partiendo de cada intervalo, con una altura equivalente a la de sus frecuencias



3) Histograma

8°) Interpretación: Un histograma facilita una representación visual en la que se puede apreciar si las medidas tienden a estar centradas o a dispersarse.

También da respuesta a la cuestión de si el proceso produce buenos resultados y si éstos están o no dentro de las especificaciones.



3) Histograma

En el ejemplo de referencia se puede observar que se ha trazado una línea adicional: Límite de especificaciones.

En este caso, la especificación programada fue que **la respuesta se le diera al ciudadano en un plazo no superior a 60 días.** Observando el histograma se aprecia que cierto número de observaciones a la derecha de la línea y, coloreadas de color naranja, no han cumplido este objetivo.



3) Histograma

✓ Un análisis más detenido, nos llevaría a concluir que el proceso no posee la estabilidad deseable. Los histogramas que reflejan procesos estables son más elevados en el centro y declinan simétricamente hacia ambos lados. Aquí no parece darse esta condición, existiendo una cierta asimetría provocada por los datos fuera de límite. Pero aunque los datos fueran más estables, podemos concluir que parte de ellos rebasarían la especificación. Así, parece que en nuestro caso los esfuerzos deberían dirigirse hacia un doble objetivo:

✓ Reducir la dispersión

✓ Conseguir desplazar el histograma hacia la izquierda, de manera que aún los datos extremos estuvieran dentro del límite especificado.



4) Estratificación

Es un método consistente en clasificar los datos disponibles por grupos con similares características. A cada grupo se le denomina **estrato**.

Los estratos a definir lo serán en función de la situación particular de que se trate, pudiendo establecerse estratificaciones atendiendo a:

- ✓ Personal
- ✓ Materiales
- ✓ Máquinas y equipos
- ✓ Áreas de gestión
- ✓ Tiempo
- ✓ Entorno
- ✓ Localización geográfica
- ✓ Otros



4) Estratificación

VENTAJAS

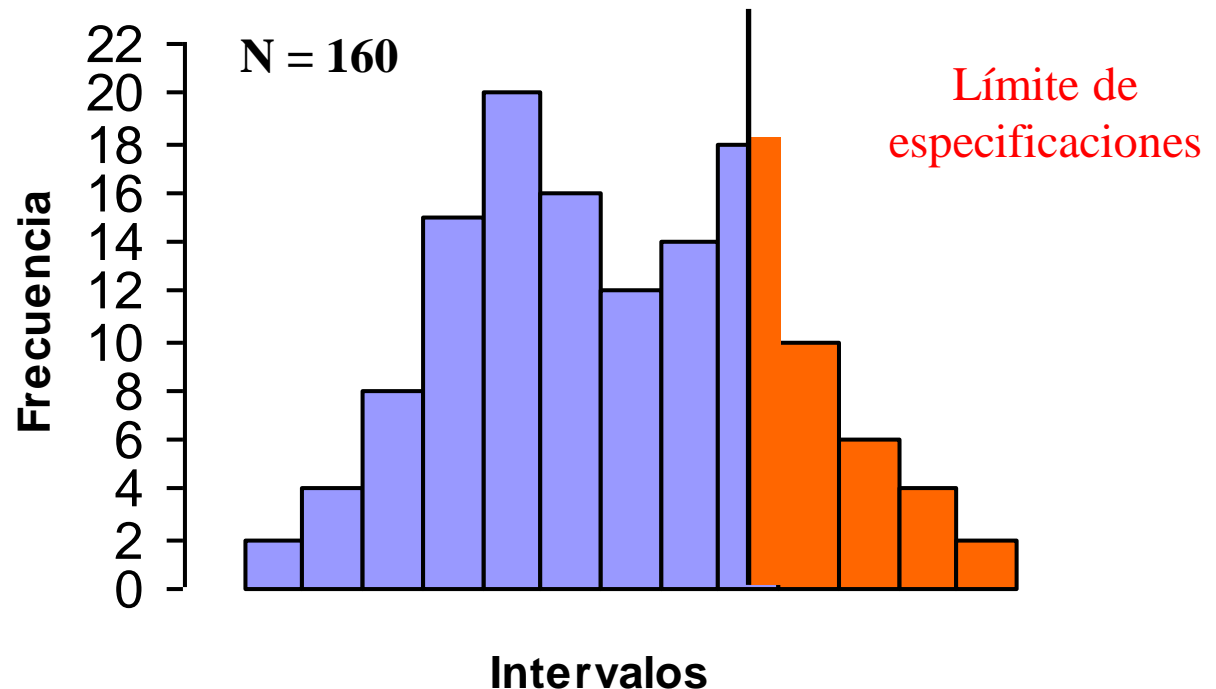
- ✓ Permite aislar la causa de un problema, identificando el grado de influencia de ciertos factores en el resultado de un proceso.
- ✓ La estratificación se puede apoyar y servir de base en distintas herramientas de calidad, si bien el histograma es el modo más habitual.



4) Estratificación

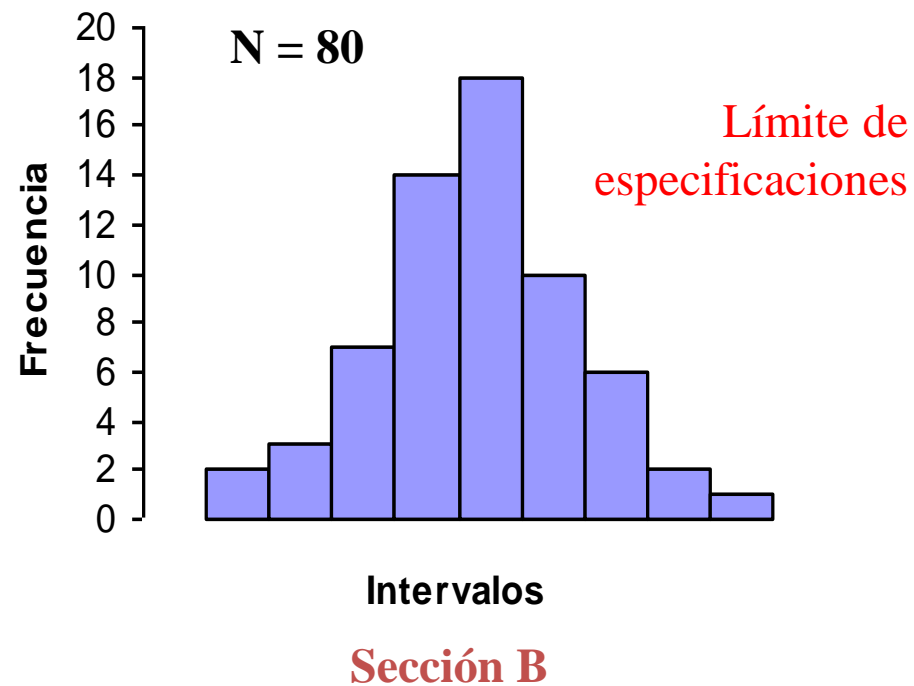
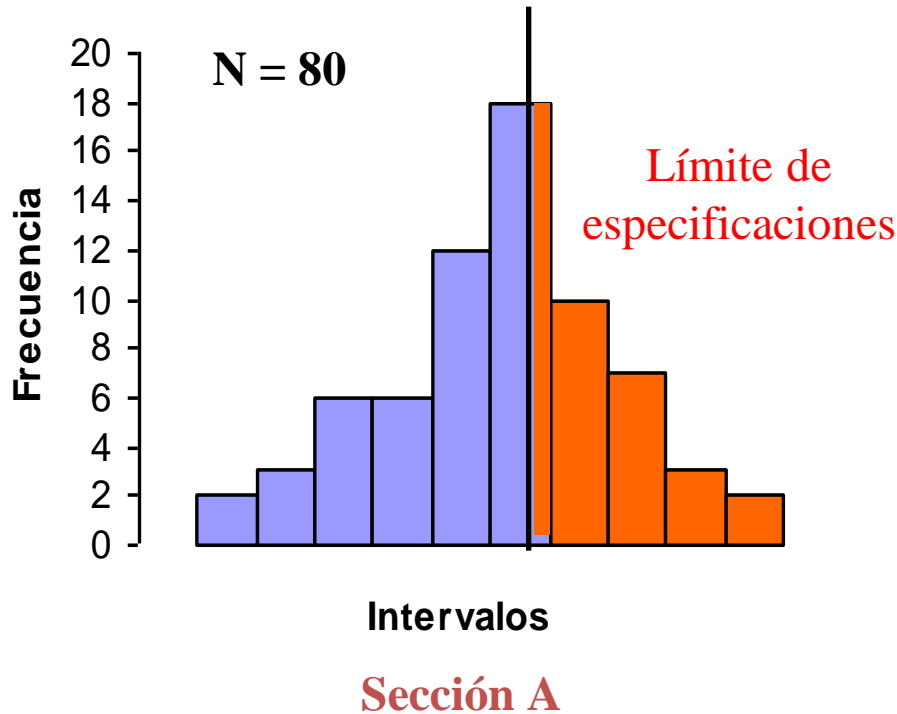
El desarrollo de esta herramienta se puede entender fácilmente mediante el siguiente ejemplo:

Se han observado retrasos en el plazo de elaboración de resoluciones de un servicio administrativo. Dicho servicio cuenta con dos secciones y se pretende investigar si la **variable** “sección” puede explicar los retrasos en la emisión de resoluciones.



4) Estratificación

En principio, se elabora un histograma **combinado de las dos secciones** para posteriormente, realizar histogramas de cada sección por separado.



Se puede observar como la **Sección B** se ajusta casi completamente al límite de la especificación, mientras que la **Sección A** se revela como la responsable de las desviaciones del límite fijado.

5) Diagrama de Dispersión

A veces interesa saber si existe algún **tipo de relación entre dos variables**. Por ejemplo, puede ocurrir que dos variables estén relacionadas de manera que al aumentar el valor de una, se incremente el de la otra. En este caso hablaríamos de la existencia de una correlación positiva. También podría ocurrir que al producirse una en un sentido, la otra derive en el sentido contrario; por ejemplo, al aumentar el valor de la variable x , se reduzca el de la variable y . Entonces, se estaría ante una correlación negativa. Si los valores de ambas variable se revelan independientes entre sí, se afirmaría que no existe correlación.



5) Diagrama de Dispersión

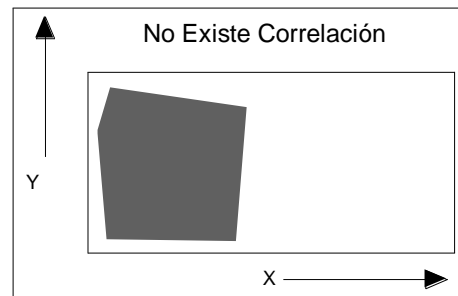
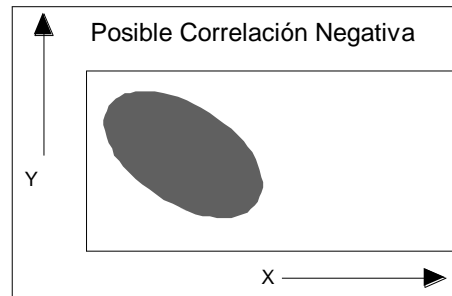
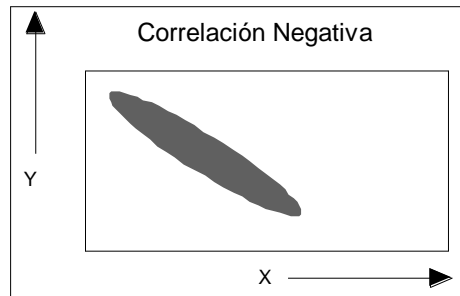
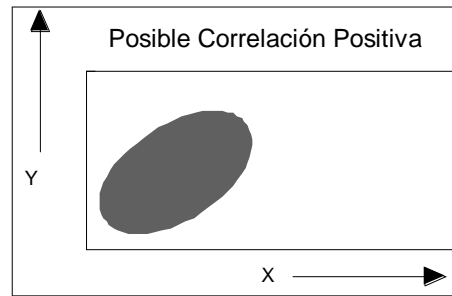
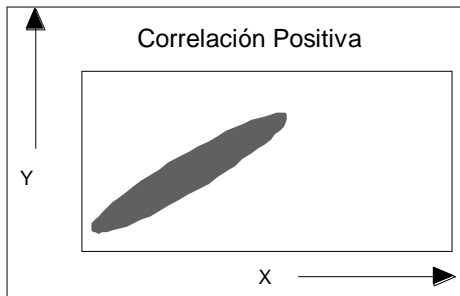
VENTAJAS

- ✓ Se trata de una herramienta especialmente útil para estudiar e identificar las posibles relaciones entre los cambios observados en dos conjuntos diferentes de variables.
- ✓ Suministra los datos para confirmar hipótesis acerca de si dos variables están relacionadas.
- ✓ Proporciona un medio visual para probar la fuerza de una posible relación.



5) Diagrama de Dispersión

Posibles formas a adoptar por los gráficos de dispersión:



5) Diagrama de Dispersión

Los pasos para preparar un Diagrama de Dispersión son:

Pasos para su construcción :

1. Reúna de 50 a 100 pares de datos de las variables que se quieren estudiar.
2. La variable investigada como posible causa se sitúa por lo general sobre el eje horizontal y la identificada como efecto en el eje vertical
3. Se grafican los datos en el diagrama, si un valor se repite, marcarlo tantas veces como sea necesario con círculos concéntricos.



5) Diagrama de Dispersión

EJEMPLO:

Por ejemplo se quiere averiguar la relación entre la edad de las personas y su respuesta a un determinado estímulo. Los datos con los resultados obtenidos de la prueba son los siguientes:

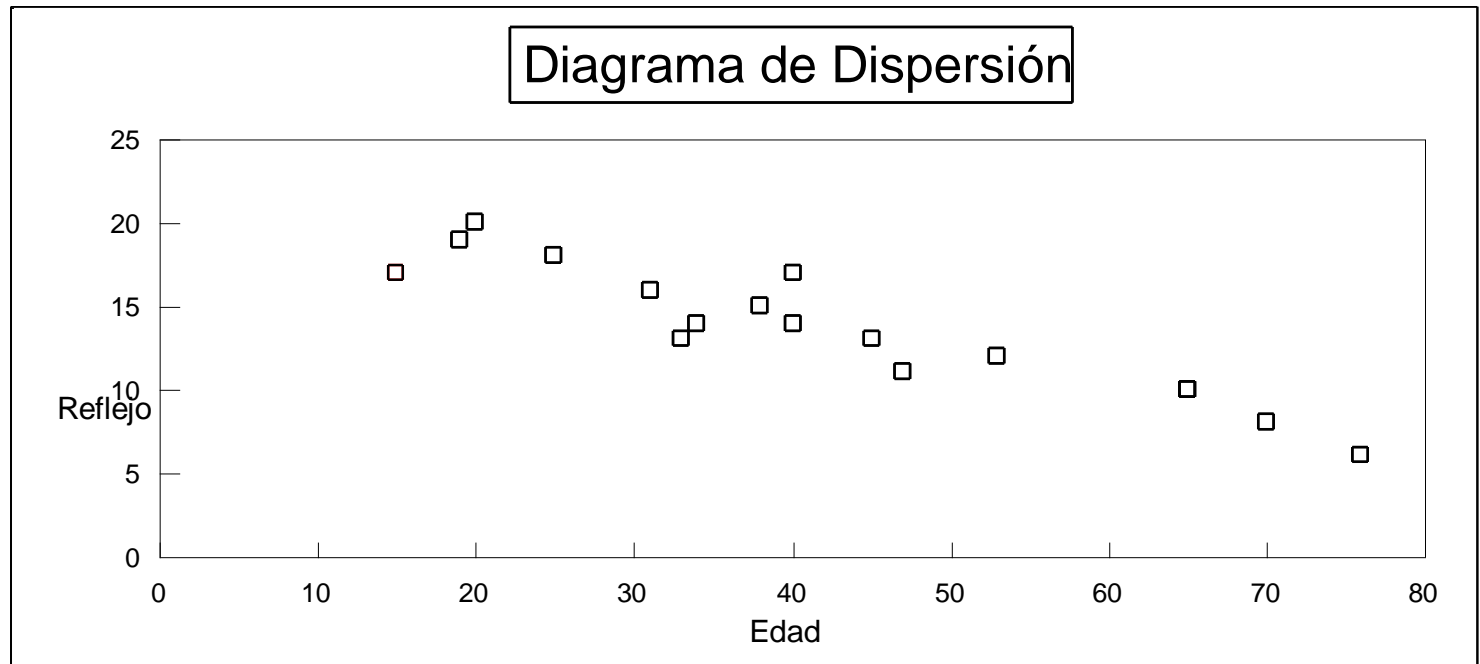
Edad	15	19	20	25	31	33	34	38	40	40	45	47	53	65	70	76
Reflejo	17	19	20	18	16	13	14	15	17	14	13	11	12	10	8	6



5) Diagrama de Dispersión

Edad	15	19	20	25	31	33	34	38	40	40	45	47	53	65	70	76
Reflejo	17	19	20	18	16	13	14	15	17	14	13	11	12	10	8	6

Los datos transcritos en un diagrama de dispersión toman la siguiente forma :



5) Diagrama de Dispersión

De la observación del diagrama de dispersión se puede apreciar que existe una relación entre las variables en estudio (edad y reflejo), conforme aumenta la edad disminuye el reflejo.

Tener en cuenta :

- Una correlación negativa es tan importante como una positiva.
- Sólo se afirma que X e Y están correlacionadas, no que una causa la otra.
- Las correlaciones pueden ser lineales, o seguir cualquier otra función.

El coeficiente de correlación puede tener un valor comprendido entre -1 y 1. La máxima correlación positiva obtendría un valor de 1; la mínima correlación negativa estaría expresada por un valor de -1; mientras, un valor de 0 implicaría una nula correlación entre las variables.



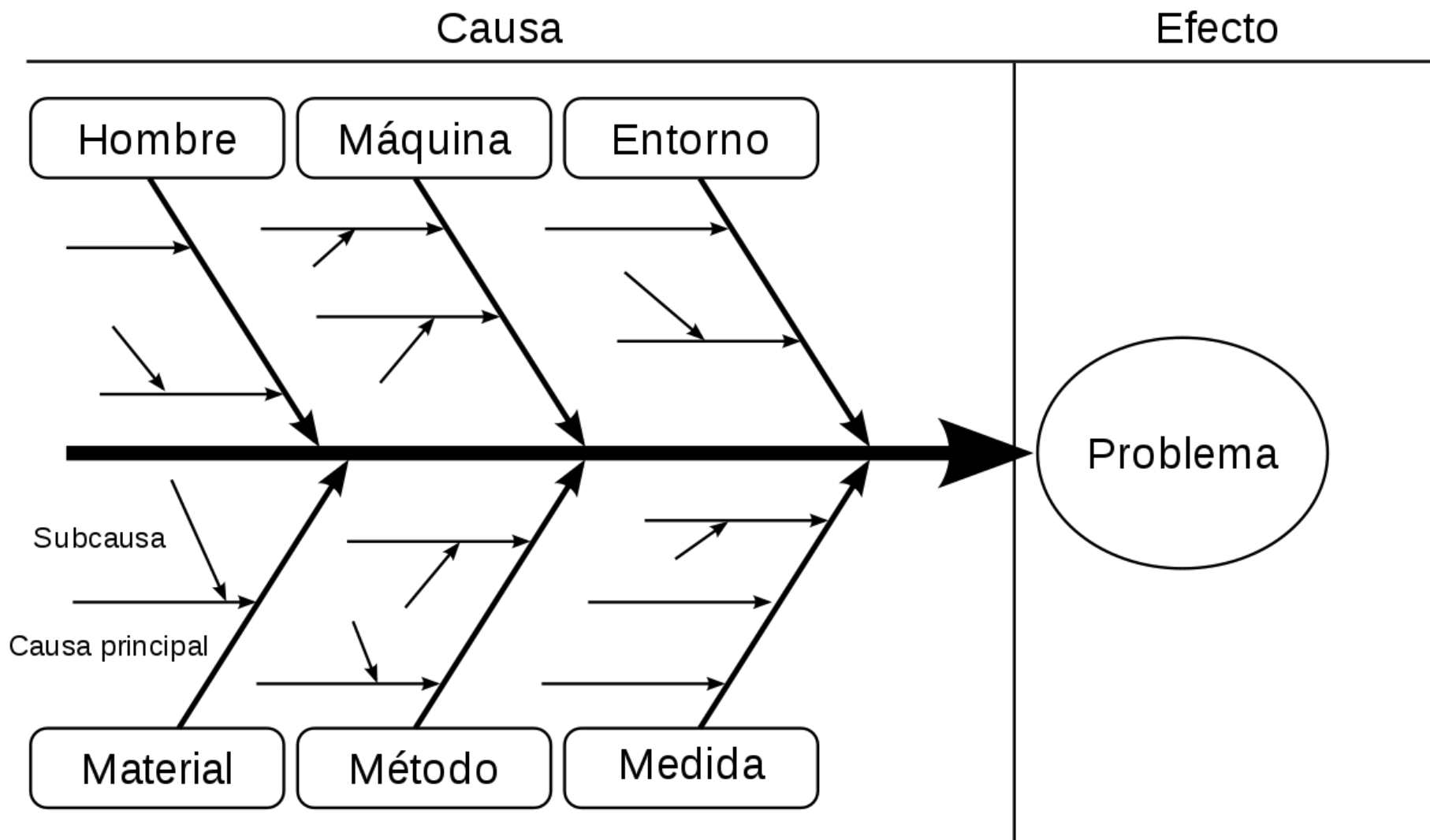
6) Diagrama de Causa – Efecto o de Ishikawa

Este diagrama tiene el propósito de expresar en forma gráfica el conjunto de causas que interaccionan dando como resultado un efecto, objeto de nuestro estudio, que en nuestro caso será una característica de calidad.

El gráfico se construye en dos secciones:

- . Una flecha principal (a modo de espina de pescado)
- . Una segunda sección en la cual se ubica el efecto u objeto de estudio.





6) Diagrama de Causa – Efecto o de Ishikawa

La relación entre las causas y el efecto en la característica objeto de nuestro estudio, se expresa por medio de un gráfico que consta de dos secciones:

- Sobre la “columna vertebral”, convergen otras flechas consideradas “ramas” sobre las cuales a su vez inciden nuevas flechas más pequeñas, llamadas “sub ramas”. En esta sección se organizan los factores causales.
- La flecha principal de la primera sección apunta precisamente al efecto en cuestión, considerado la segunda sección del gráfico. Esta distribución indica la relación causal con el conjunto de factores.



6) Diagrama de Causa – Efecto o de Ishikawa

Una manera de ir agregando los factores causales es preguntarse ¿Por qué? tantas veces como sea necesario.

La práctica muestra que en general para cada factor es suficiente hacerse la pregunta cinco veces.

Construido ya el diagrama, con todos los factores causales de los que puede depender la característica cualitativa en estudio, que en general son las 5 M (material, método, mano de obra, máquina, medio ambiente externo), se estudiará el peso relativo de cada uno de ellos.



6) Diagrama de Causa – Efecto o de Ishikawa

Pasos para la construcción:

1. Construir el diagrama para lo cual:
 - a) Definir el efecto y colocarlo en el cuadro de la derecha.
 - b) Identificar las causas, suelen ser útiles informaciones provenientes de hojas de inspección o bien realizar una lluvia de ideas.
2. Colocar las causas principales en estudio.
3. Para cada causa preguntar ¿Por qué? (cinco veces a lo sumo) y listar las respuestas como ramificaciones de las principales causas.



6) Diagrama de Causa – Efecto o de Ishikawa

Pasos para la construcción:

4. Interpretar:

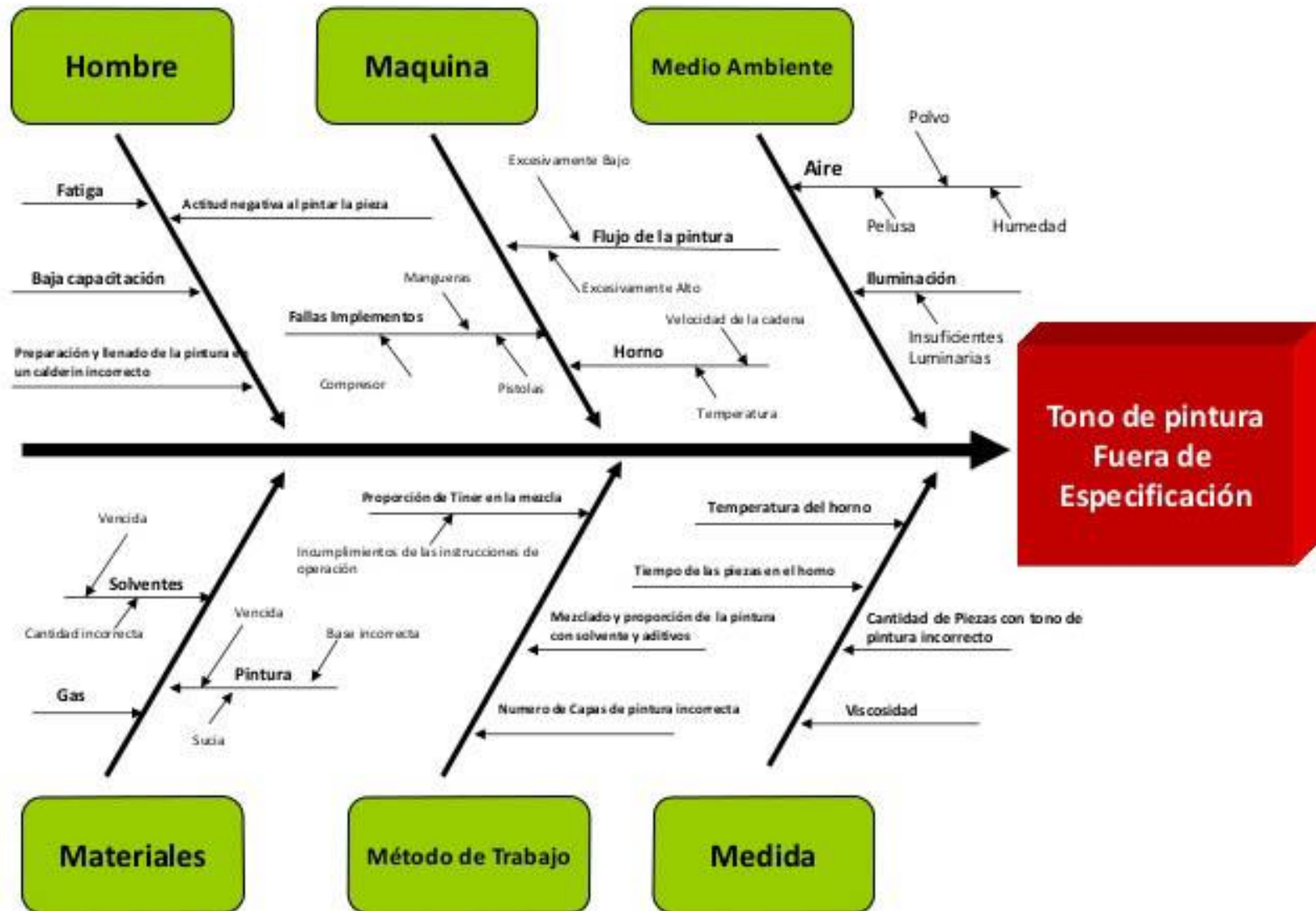
- a) Observar las causas que aparecen repetidamente.
- b) Llegar al consenso del grupo.
- c) Reunir información para determinar las frecuencias relativas de las diferentes causas.

Por otra parte, es posible combinar el Diagrama de Causa-Efecto con el Diagrama de Flujo y el Gráfico de Pareto; lo cual permite analizar el problema con mayor profundidad.

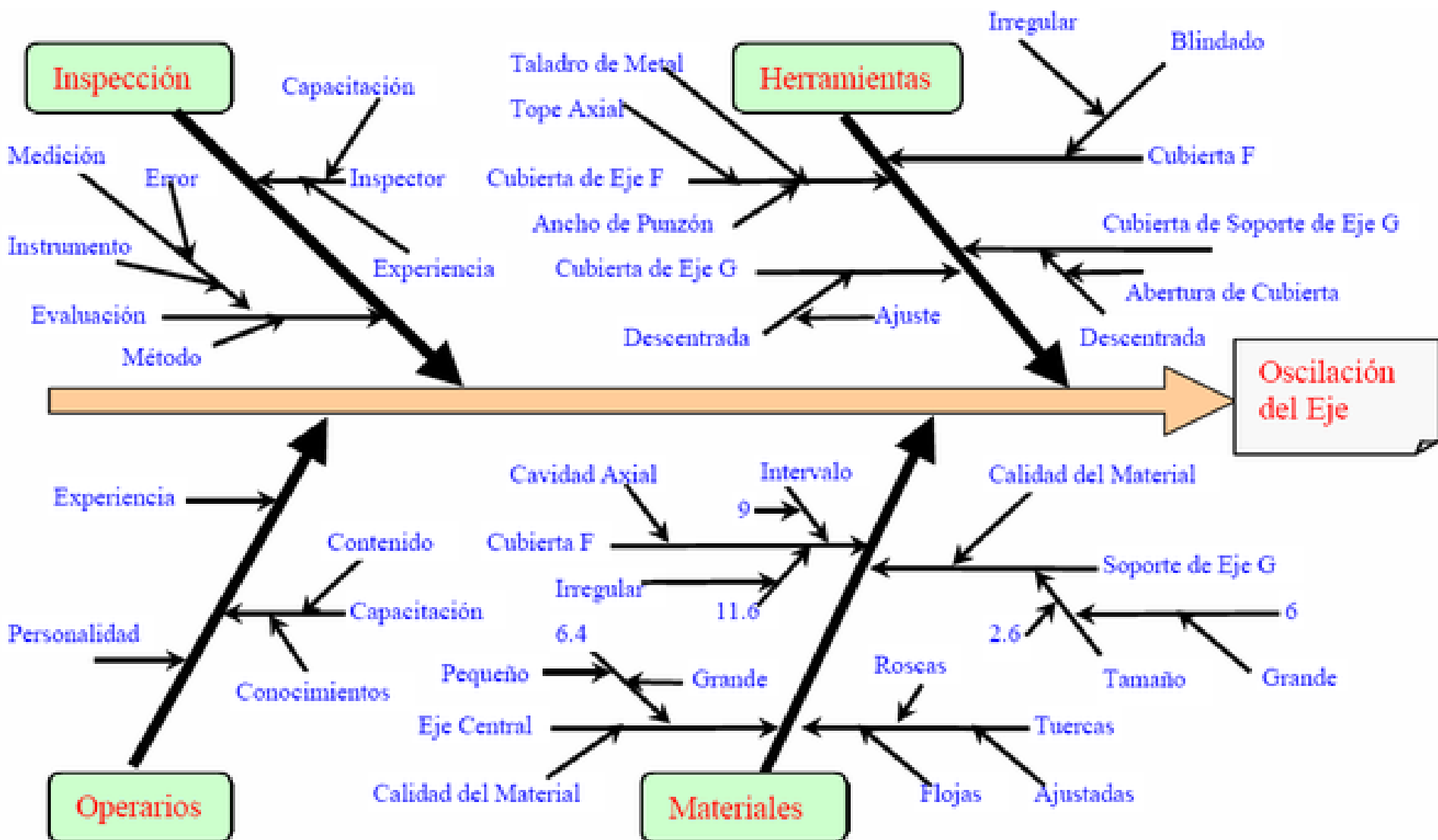


6) Diagrama de Causa – Efecto o de Ishikawa

Ejemplo de construcción:



Ejemplo, de la Guía de Control de Calidad de Kaoru Ishikawa. El proceso corresponde a una máquina en la que se observa un defecto de rotación oscilante, la característica de calidad es la oscilación de un eje durante la rotación:



6) Diagrama de Causa - Efecto

Tener en cuenta :

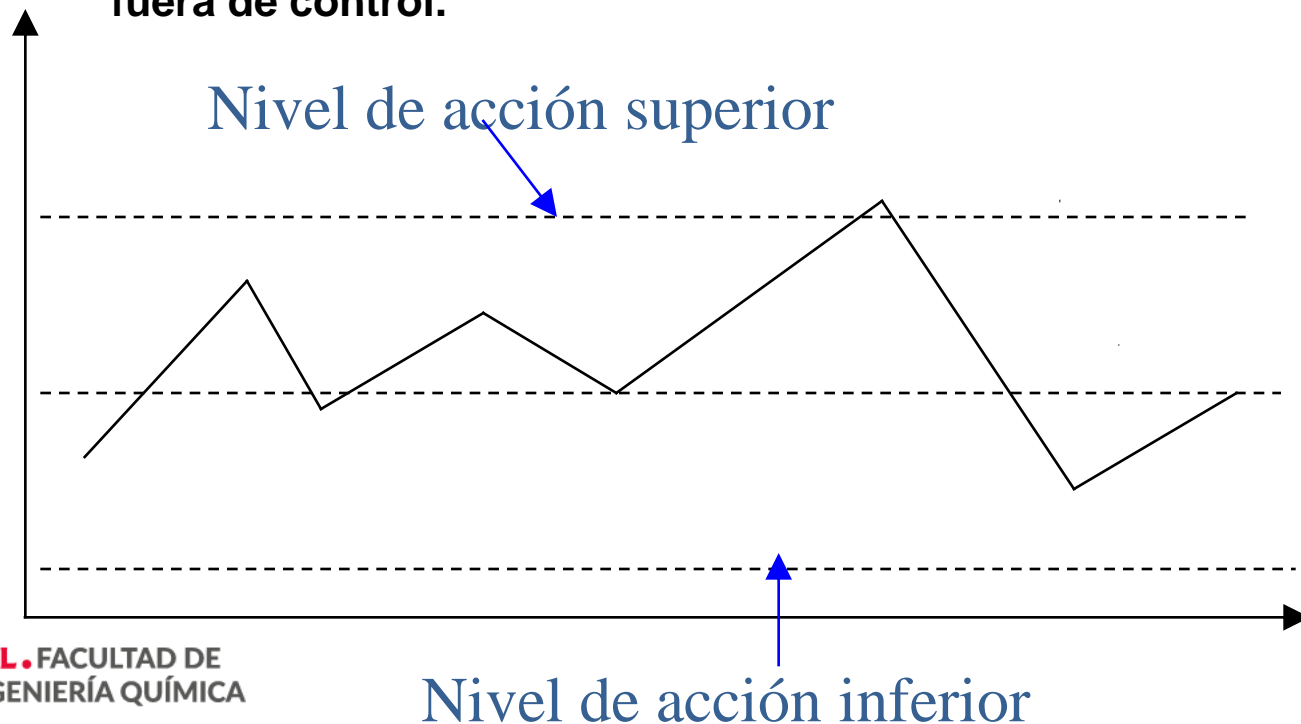
- * Procurar no ir más allá de las posibilidades de análisis del grupo.
- * Usar pocas palabras.
- * Lograr el consenso del grupo en la descripción de las causas del problema.



7) Gráficos de control

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.

- Permite observar la evolución de un parámetro de control y poder emprender medidas preventivas antes de que salga fuera de control.



Cinco razones que explican la popularidad de las Cartas de Control.

(Montgomery, “Control estadístico de la Calidad”)

1. Las cartas de control son una técnica probada para mejorar la productividad
2. Las cartas de control son eficaces en la prevención de defectos
3. Las cartas de control evitan ajustes innecesarios al proceso
4. Las cartas de control proporcionan información de diagnóstico
5. Las cartas de control proporcionan información sobre la capacidad del proceso.



7) Gráficos de control

Pueden clasificarse en dos tipos generales:

. Cartas de variables: cuando la característica de calidad puede medirse y expresarse como un número en alguna escala continua de medición, conviene expresarla como una medida de la tendencia central y otra de variabilidad.

La carta de \bar{X} media para vigilar la tendencia central y el rango de la muestra (R) o la desviación estándar muestral para el seguimiento de la variabilidad del proceso.

. Cartas de control de atributos: Muchas características de calidad no se miden sobre una escala continua o incluso cuantitativa.

En estos casos cada unidad producida puede clasificarse como cumple o no cumple con los requerimientos, sobre la base de si poseen o no ciertos atributos, o tal vez se cuentan número de defectos por unidad de producto.



7) Gráficos de control

En cualquier proceso existe una cierta cantidad de variabilidad natural o propia del mismo.

Esta variabilidad es el resultado acumulativo de muchas causas pequeñas, esencialmente inevitables. En el marco de referencia del control estadístico de procesos se conoce como “sistema estable de causas aleatorias”.

Un proceso que solo opera con causas aleatorias de variación se dice que está bajo control estadístico.



7) Gráficos de control

Las fuentes de variabilidad que no son parte del patrón de causas aleatorias se conocen como causas asignables.

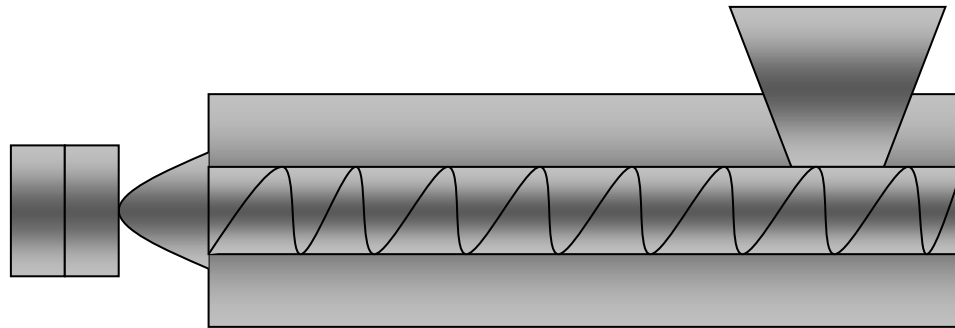
Un proceso que opera en presencia de causas asignables se dice que está fuera de control.

Uno de los objetivos importantes del CEP es detectar con rapidez la presencia de causas asignables o de corrimientos del proceso.

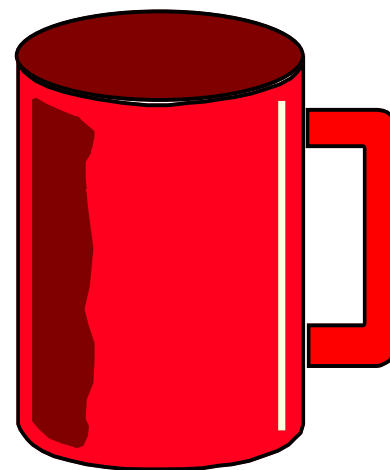


Un ejemplo de aplicación de Carta de Control:

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 consume mas materia prima.

Entonces, en el lugar de salida de la piezas, hay un operario que cada 30 minutos toma una, la pesa en una balanza y registra la observación.



pieza:

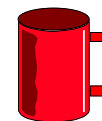
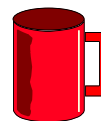
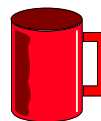
1

2

3

4

5



55,1 gr.

57,1 gr.

53,3 gr.

53,9 gr.

55,9 gr.



UNL. FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA

pieza:

6

7

8



53,2 gr.

55,8 gr.

55,3 gr.

....ETC.

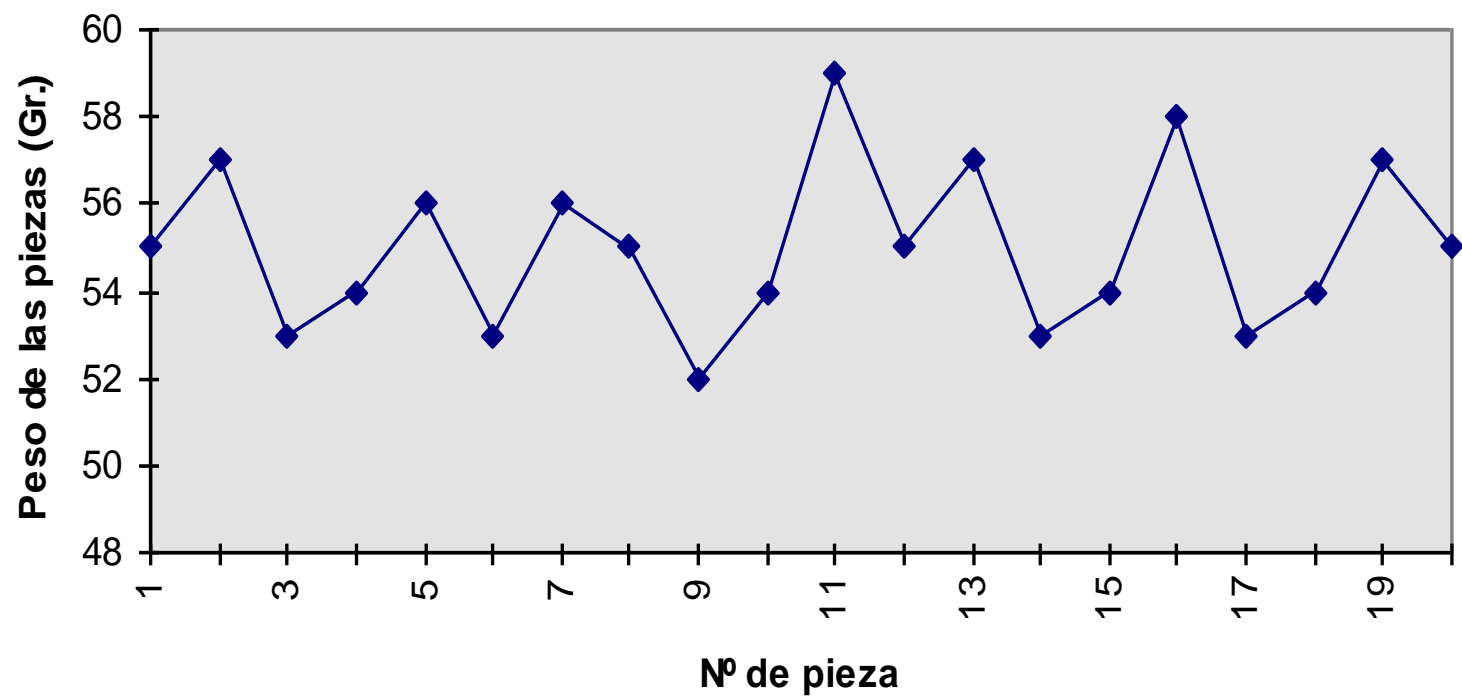


UNL. FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA

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



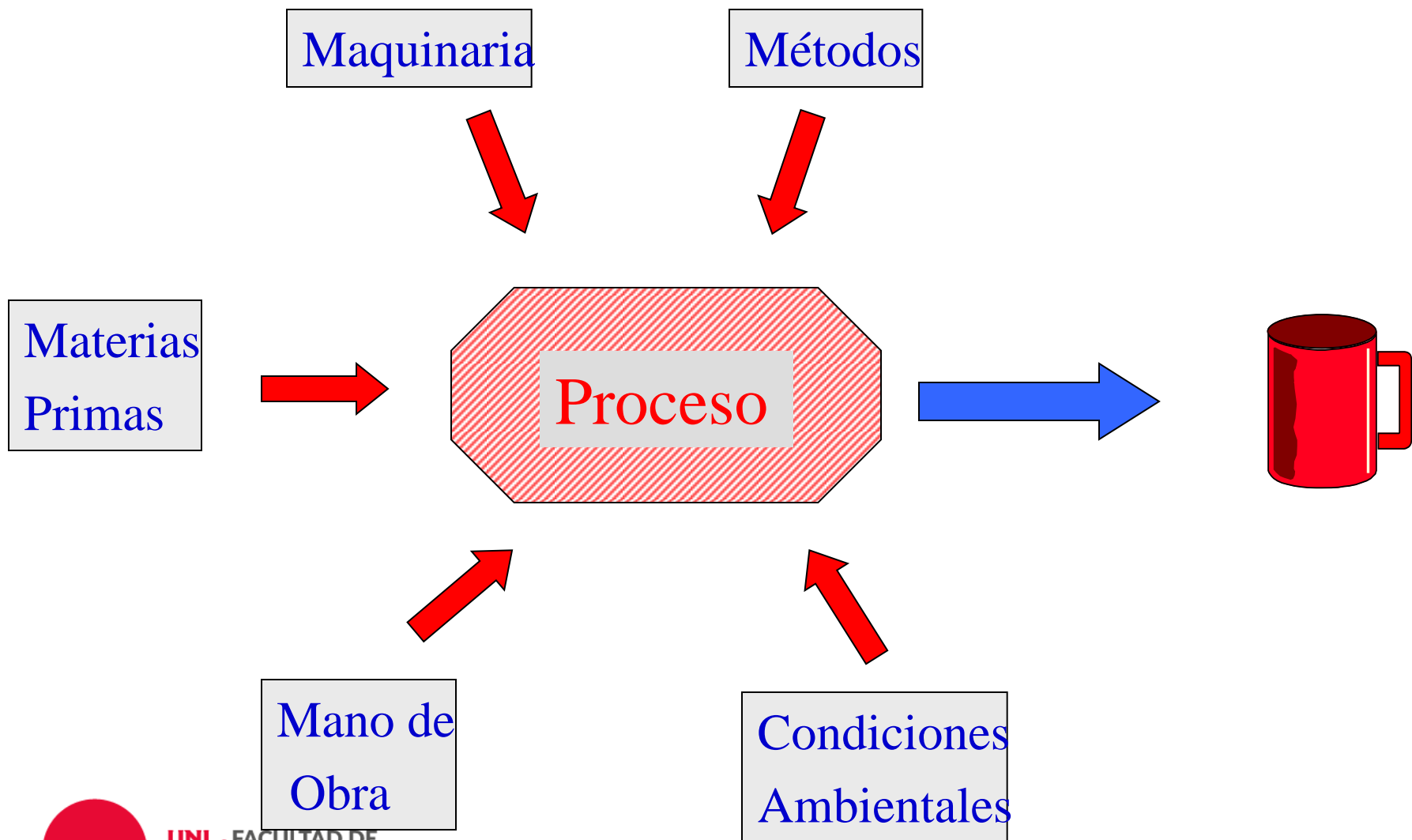
Gráfico de las observaciones



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.



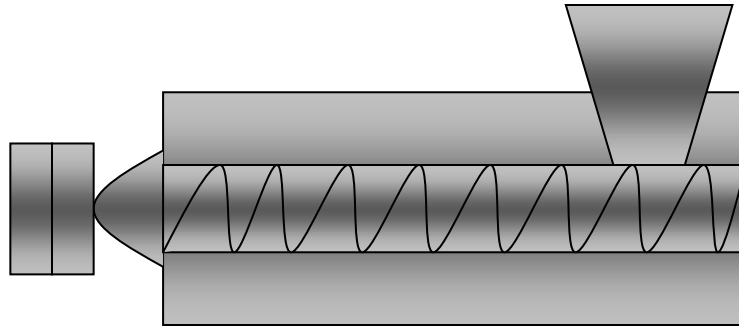


Cada uno de estos factores está sujeto a **variaciones** que realizan aportes más o menos significativos a la fluctuación de las características del producto, durante el proceso de fabricación.



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.



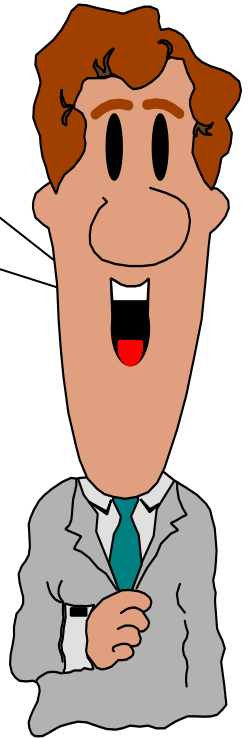
Los efectos que producen
las *variables no
controlables* son
aleatorios.



Además, la contribución de cada una de las *variables no controlables* a la variabilidad total es cuantitativamente pequeña.

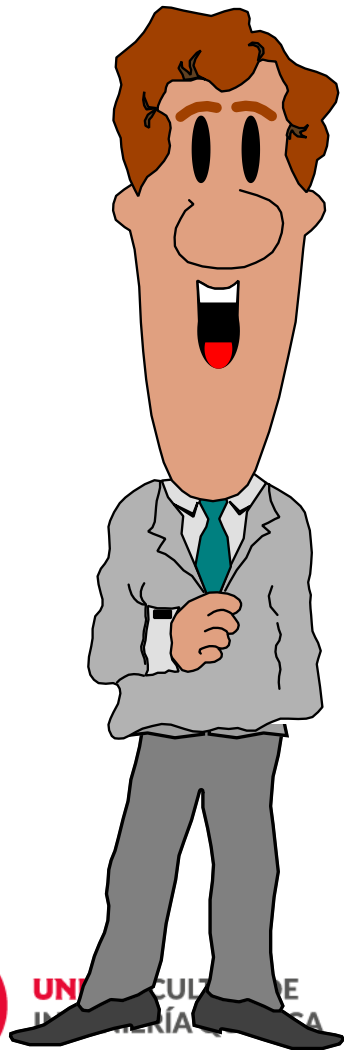


Son las **variables no controlables** las responsables de la **variabilidad** de las **características de calidad** del **producto**.



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 pasibles 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.



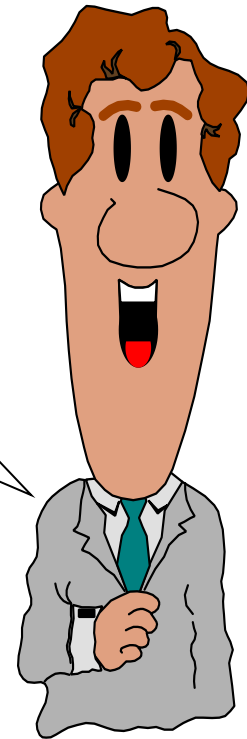
Estas causas provocan que el proceso no funcione como se desea y por lo tanto es necesario eliminar la causa, y retornar el proceso a un funcionamiento correcto.



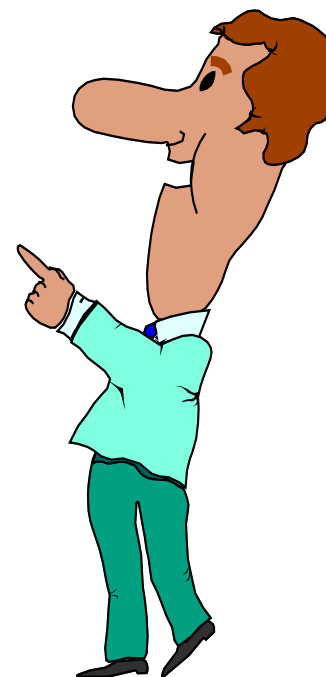
Causas No Asignables: Son una multitud de causas no identificadas, ya sea por falta de medios técnicos o porque no es económico hacerlo, cada una de las cuales ejerce un pequeño efecto en la variación total.



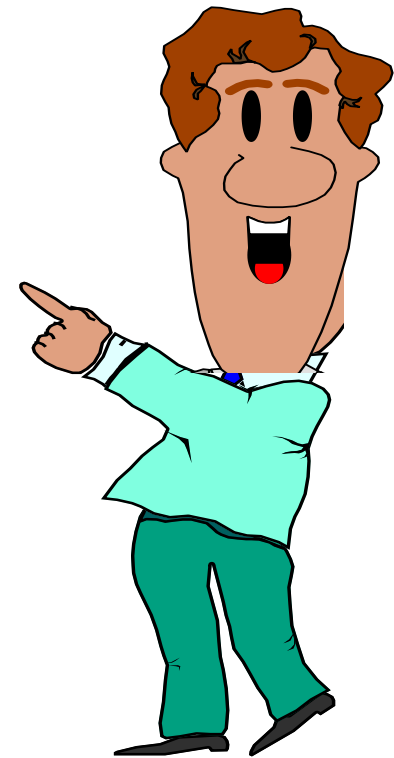
Son inherentes al
proceso mismo, y
no pueden ser
reducidas o
eliminadas a
menos que se
modifique el
proceso.



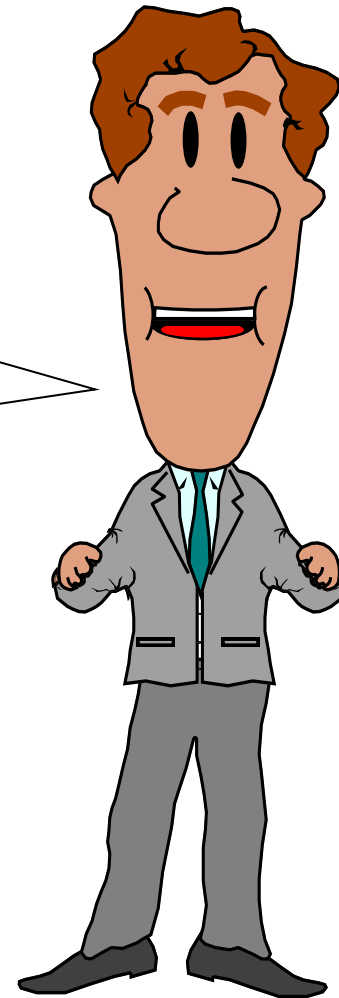
Cuando el proceso trabaja afectado solamente por un sistema constante de variables aleatorias no controlables (Causas no asignables) se dice que está funcionando bajo ***Control Estadístico***.



Cuando, además de las causas no asignables, aparece una o varias causas asignables, se dice que el proceso está ***fuera de control.***



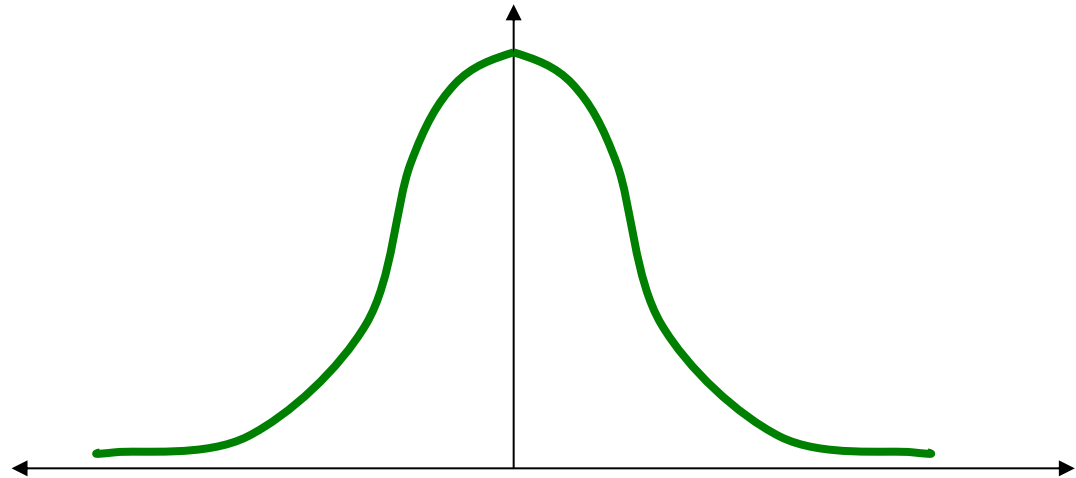
El uso del control estadístico de procesos lleva implícitas algunas **hipótesis**, que describiremos a continuación:



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**.

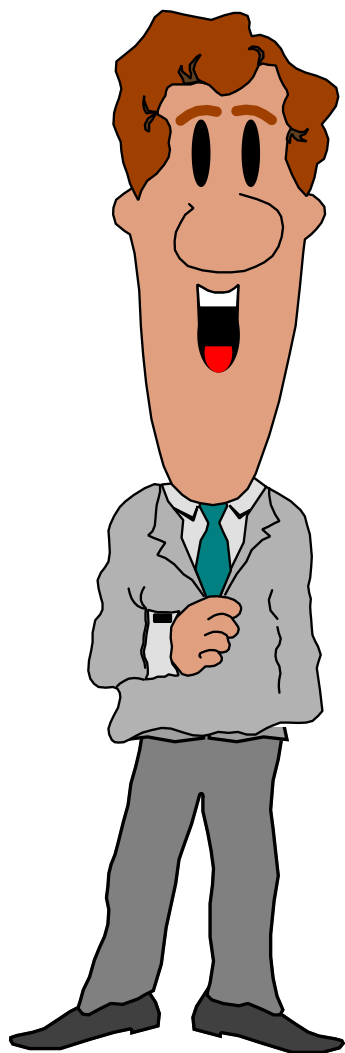


3) Cuando aparece alguna **causa assignable** provocando desviaciones adicionales en los resultados del proceso, se dice que el **proceso está fuera de control.**



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.

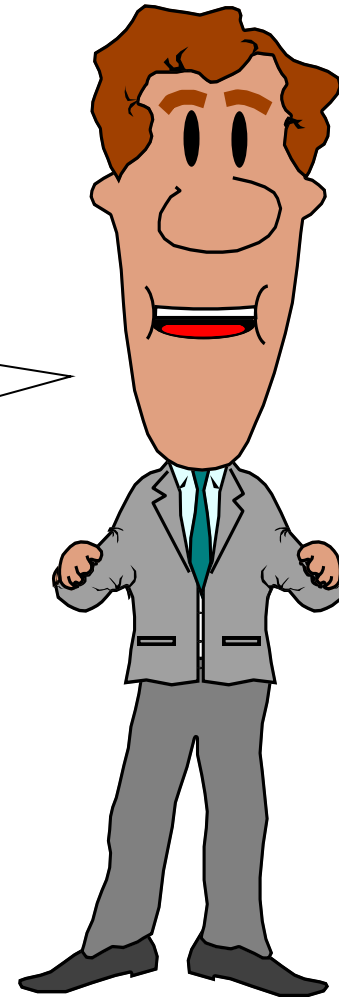


Control Estadístico

¿Cómo poner en marcha un gráfico de control?



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



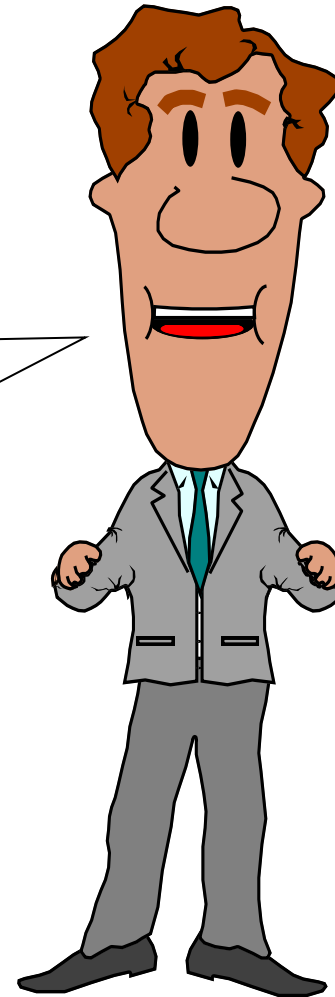
Control Estadístico

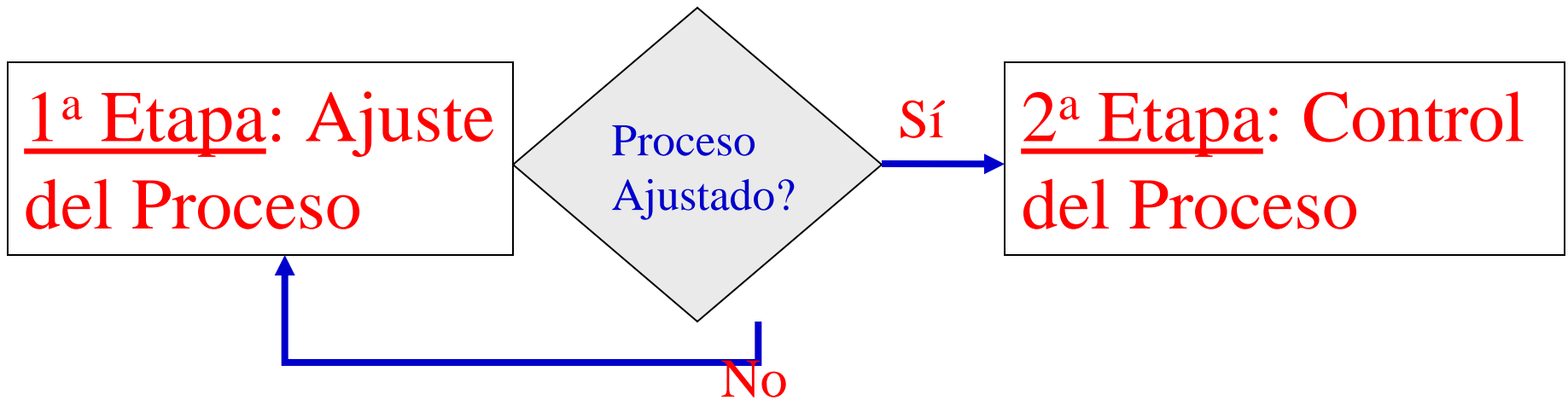
1ª Etapa: Ajuste del Proceso

2ª Etapa: Control del Proceso



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

$$Lim.Superior = \bar{X} + 3.09 \cdot \sigma$$

$$Lim.Inferior = \bar{X} - 3.09 \cdot \sigma$$

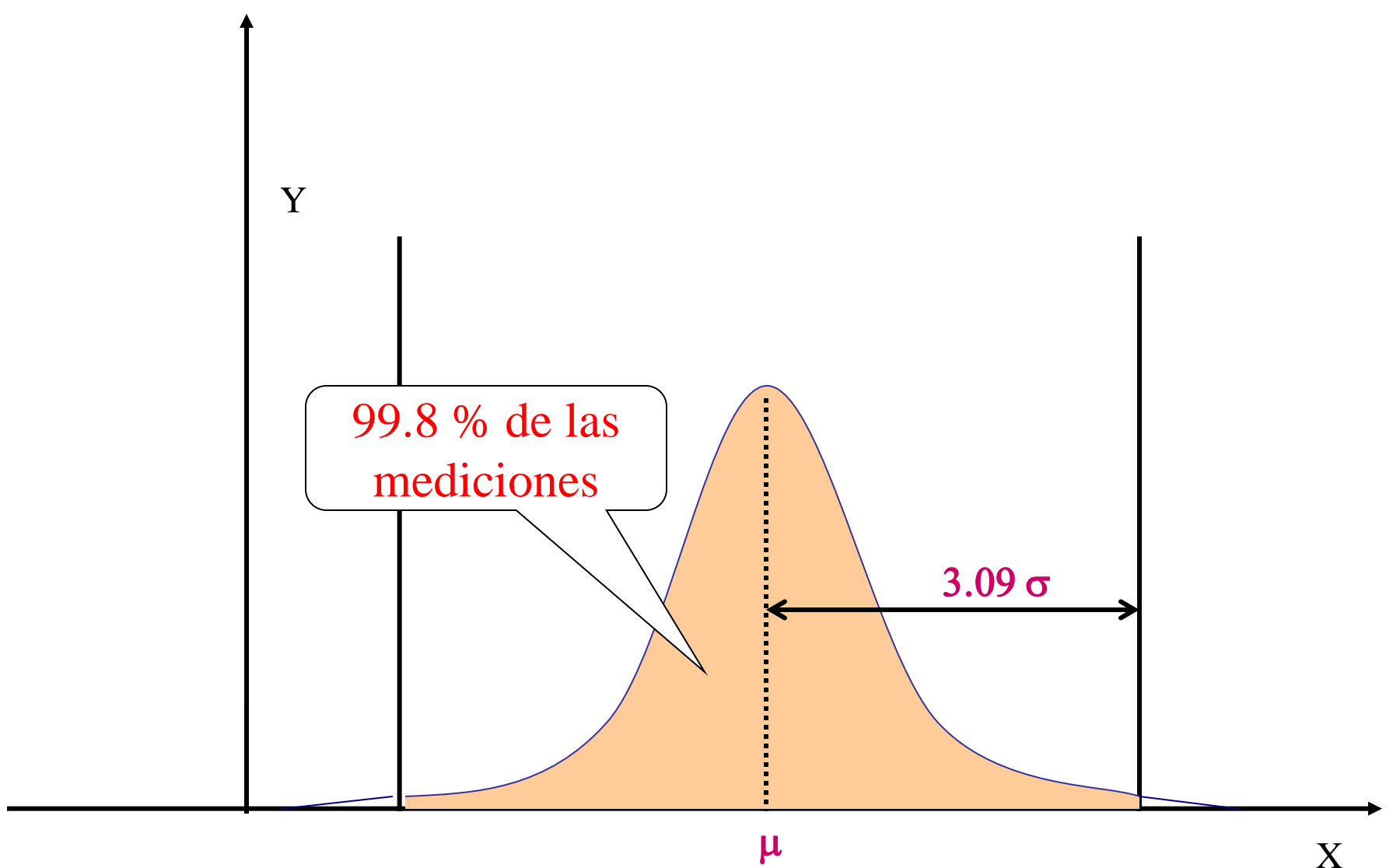


Estos límites surgen de la hipótesis de que la **distribución** de las observaciones **es normal**. En general se utilizan límites de 2 sigmas ó de 3 sigmas alrededor del promedio.



En la distribución normal,
el intervalo de **3,09**
sigmas alrededor del
promedio corresponde a
una **probabilidad de**
0,998.

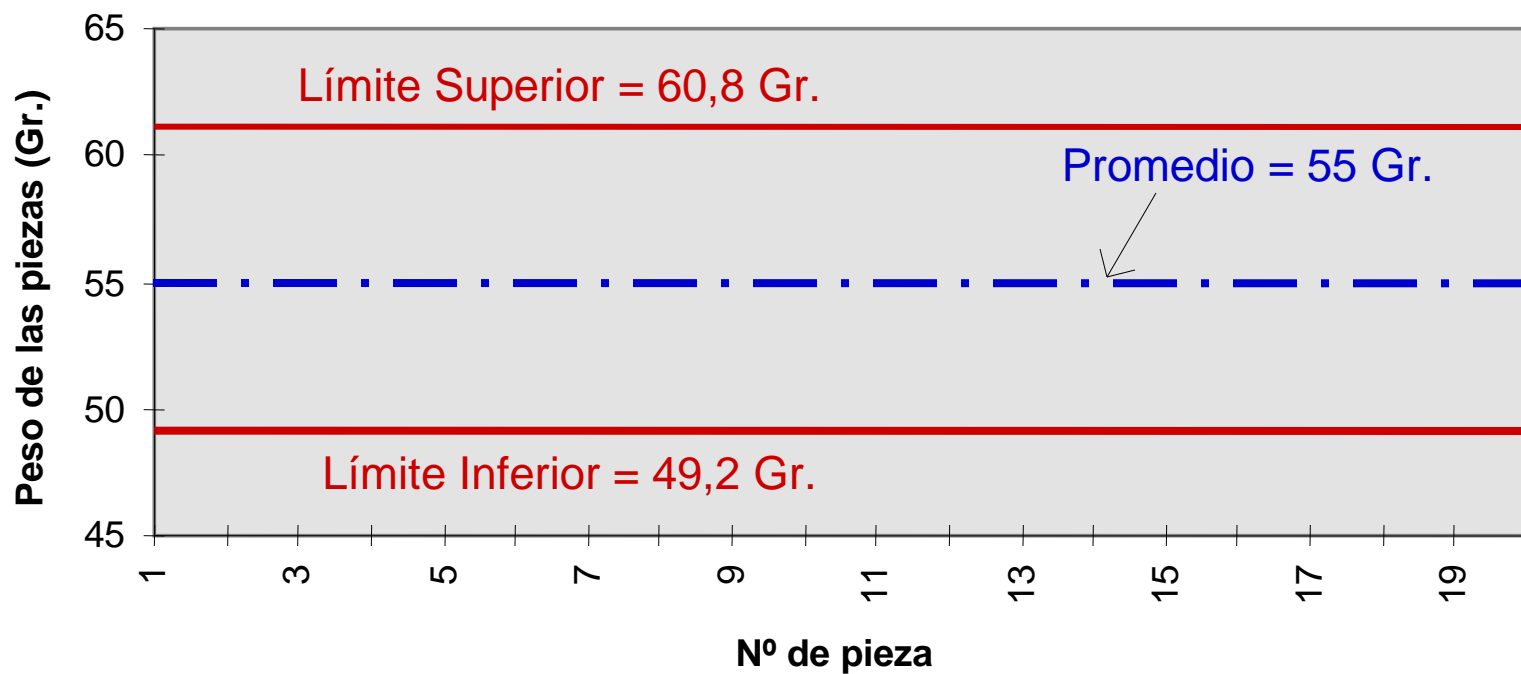




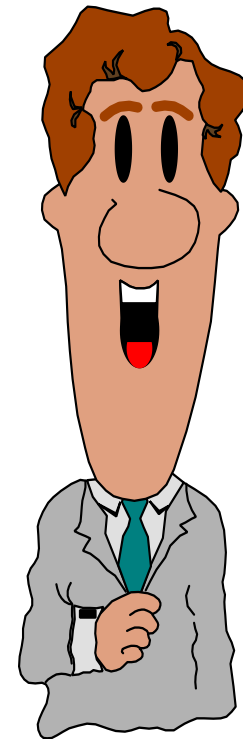
Entonces, se construye un gráfico de prueba y se traza una línea recta a lo largo del eje de ordenadas (Eje Y), a la altura del promedio (Valor central de las observaciones) y otras dos líneas rectas a la altura de los límites de control.



Gráfico de Control de Prueba

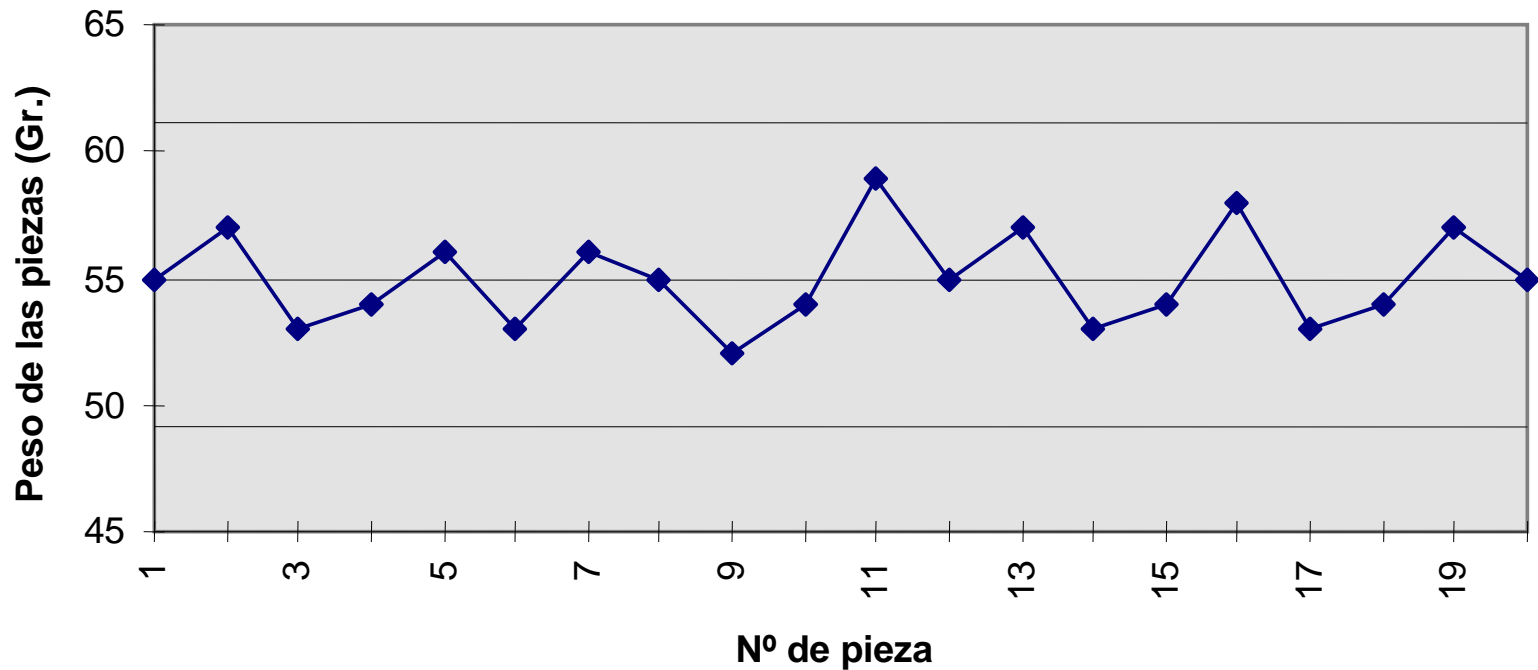


En este gráfico se representan los puntos correspondientes a las observaciones con las que se calcularon los límites de control:



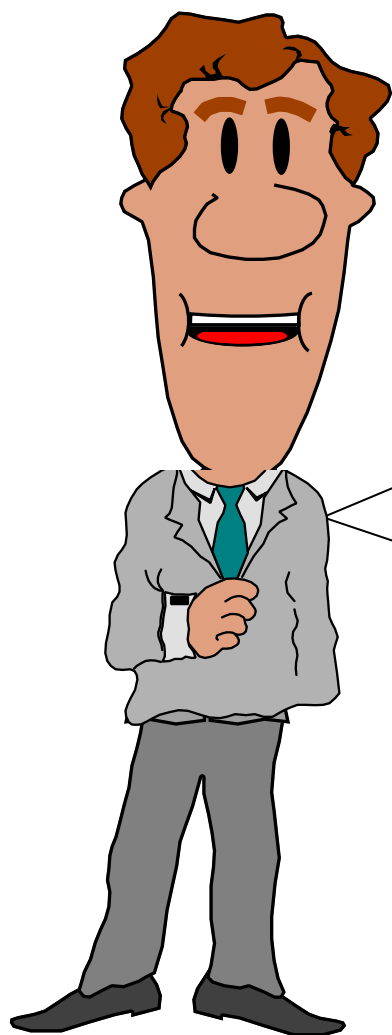
Gráficos de Control

Gráfico de Control de Prueba



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.

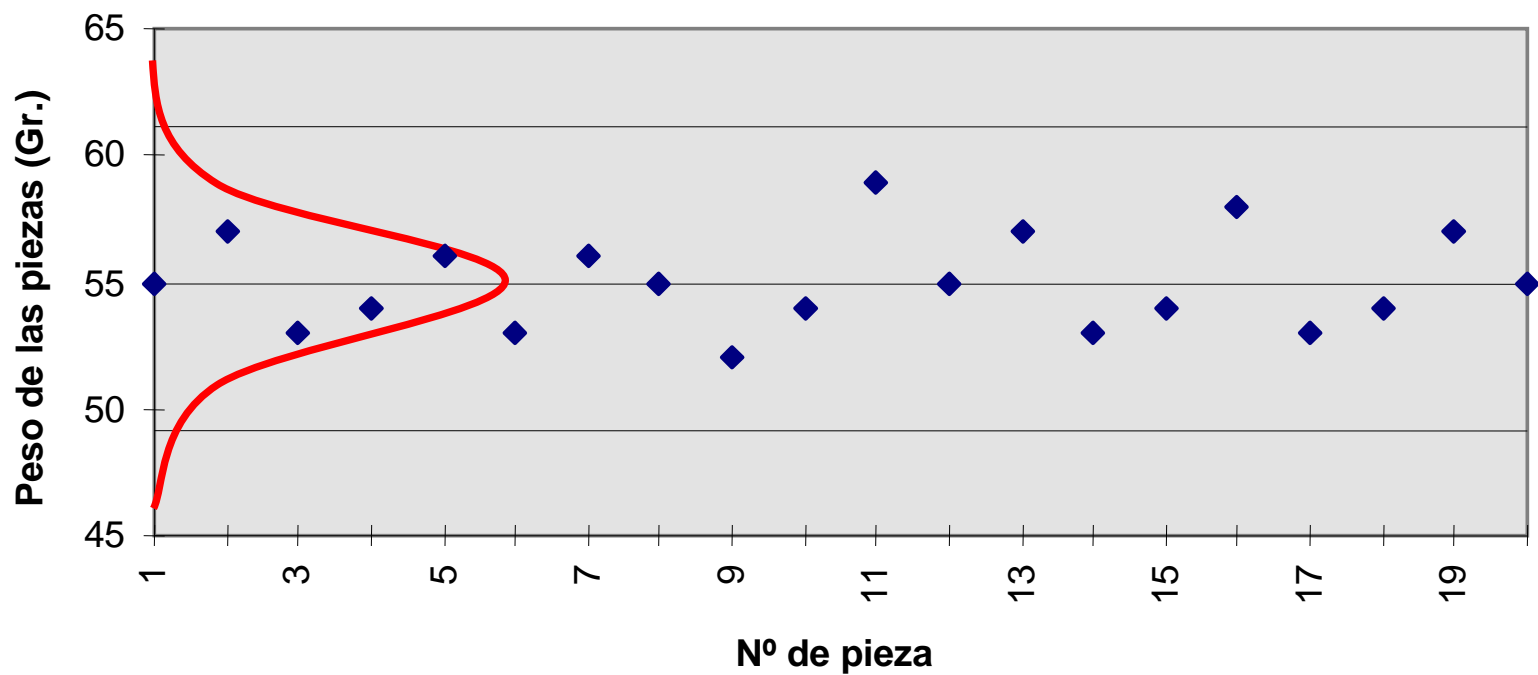




Esto se puede establecer porque cuando la fluctuación de las mediciones se debe a un sistema constante de causas aleatorias la distribución de las observaciones es normal.



Gráfico de Control de Prueba



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:

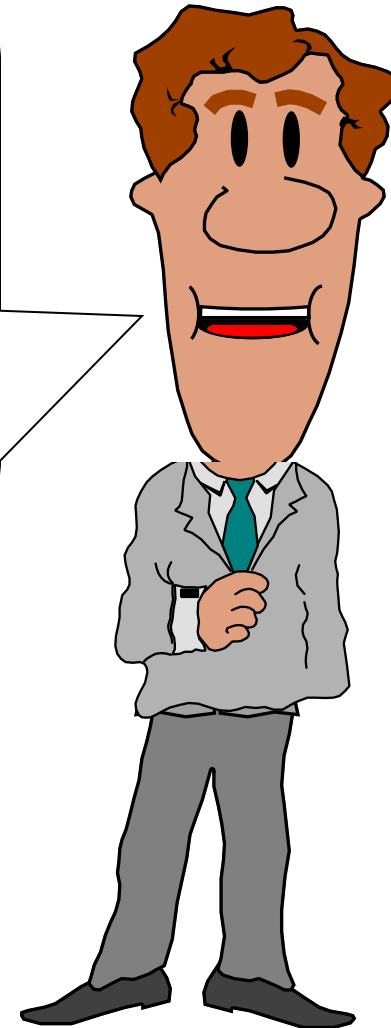
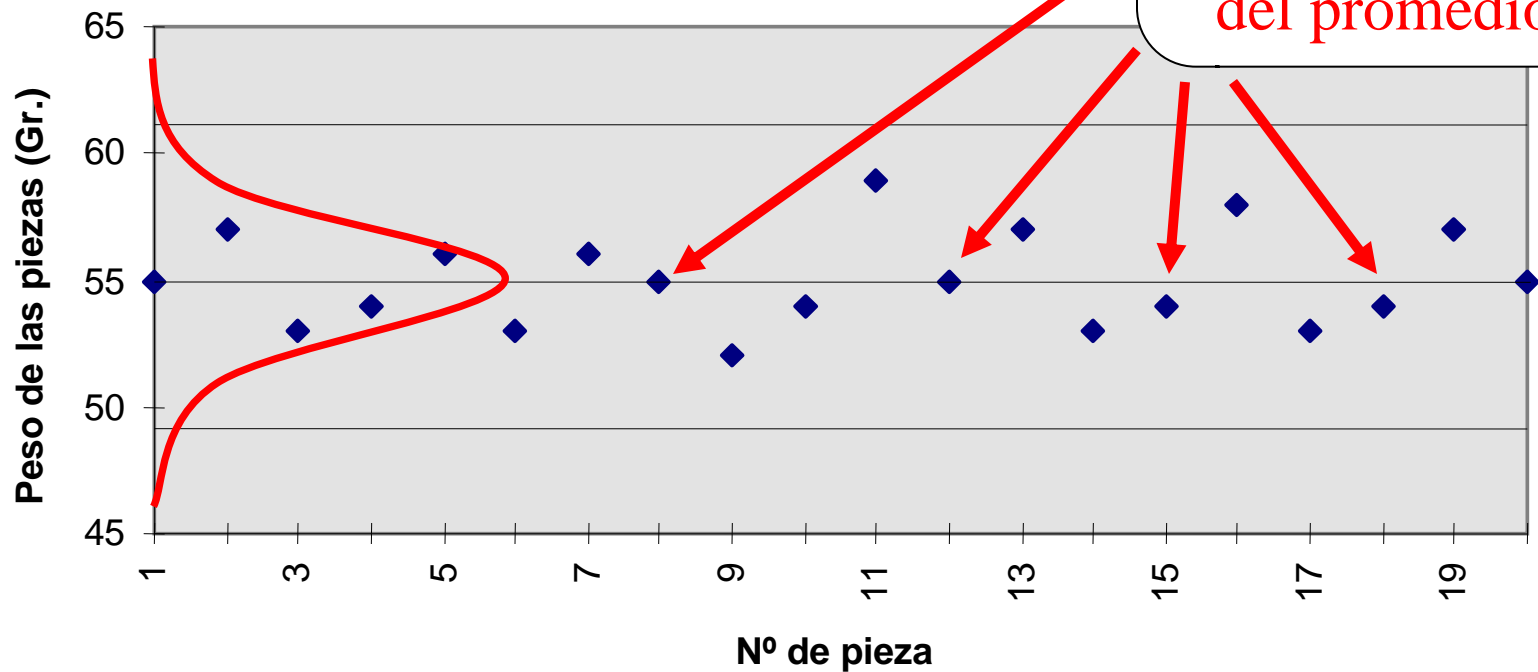


Gráfico de Control de Prueba



La mayor parte
de los puntos
están muy cerca
del promedio

Gráfico de Control de Prueba

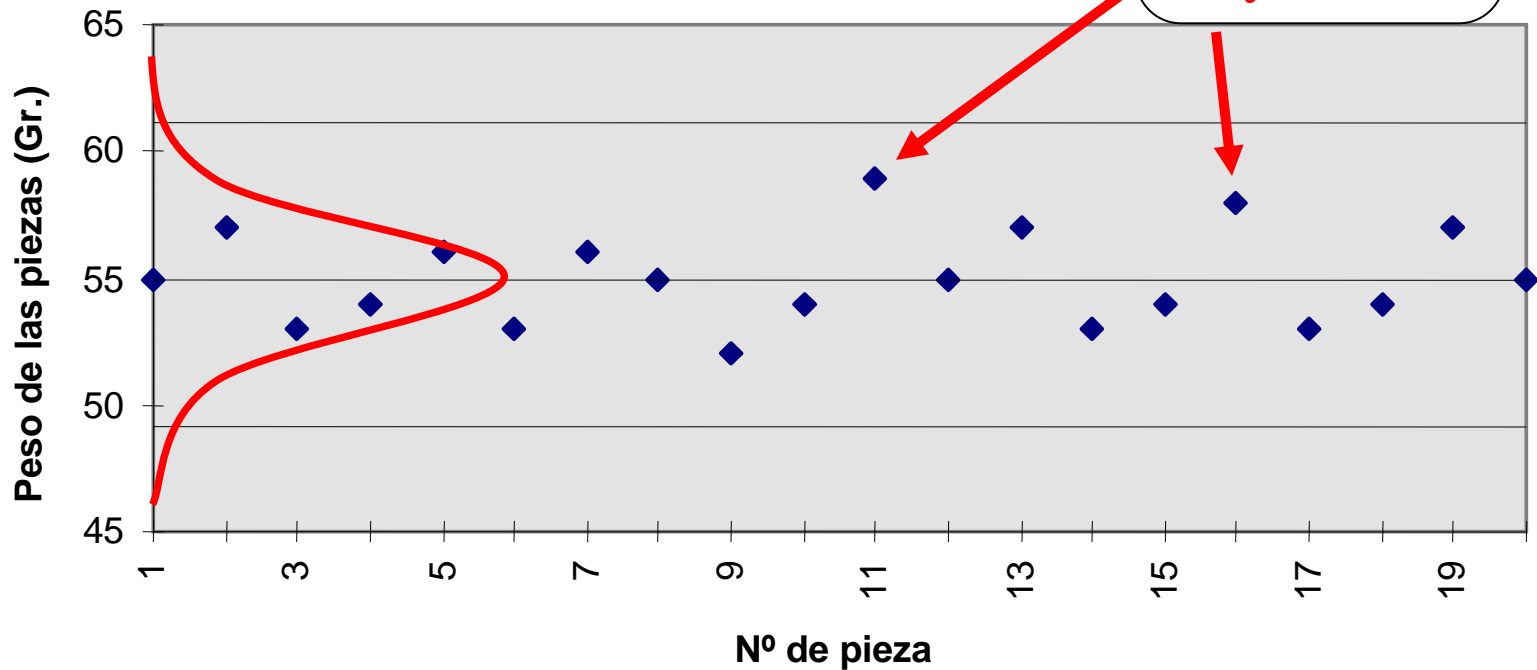
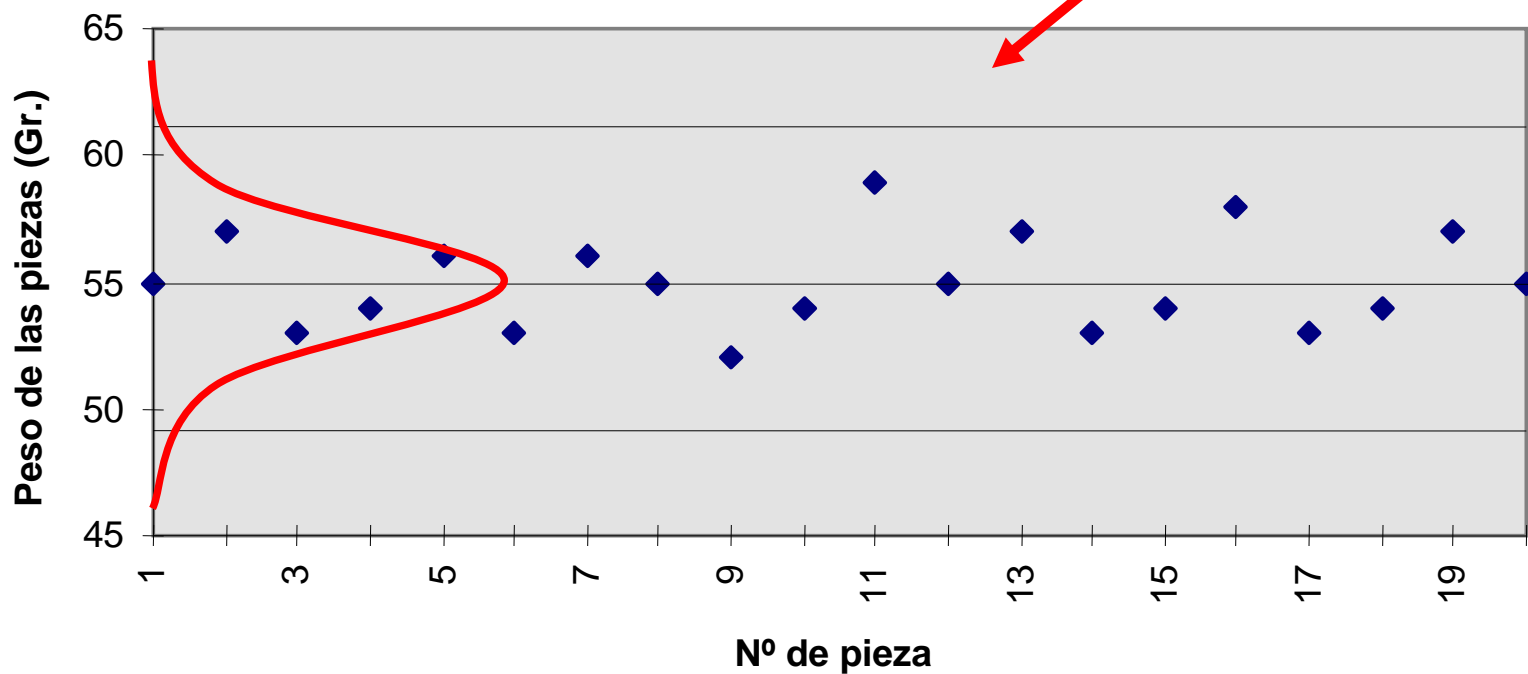


Gráfico de Control de Prueba

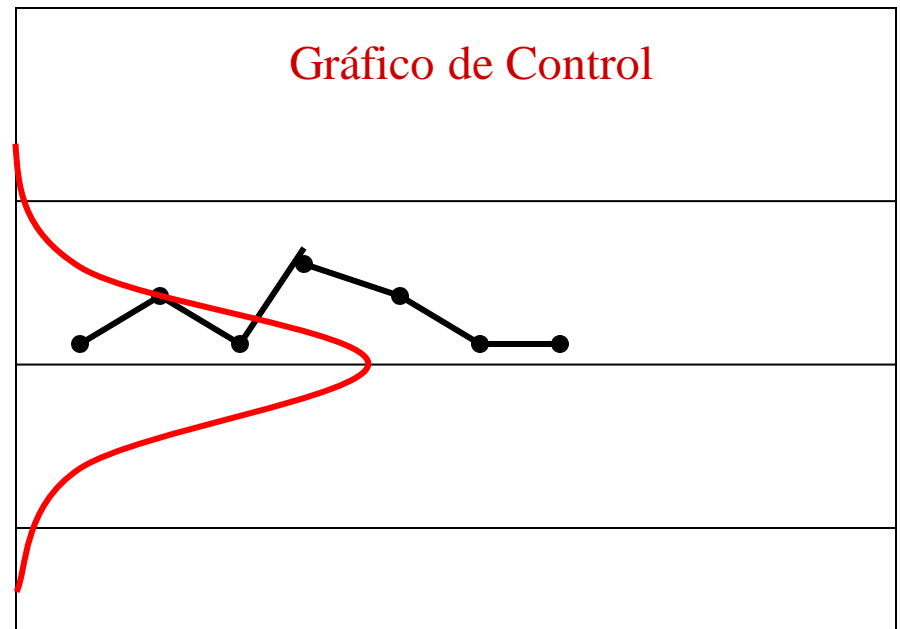


Más afuera casi
no hay puntos

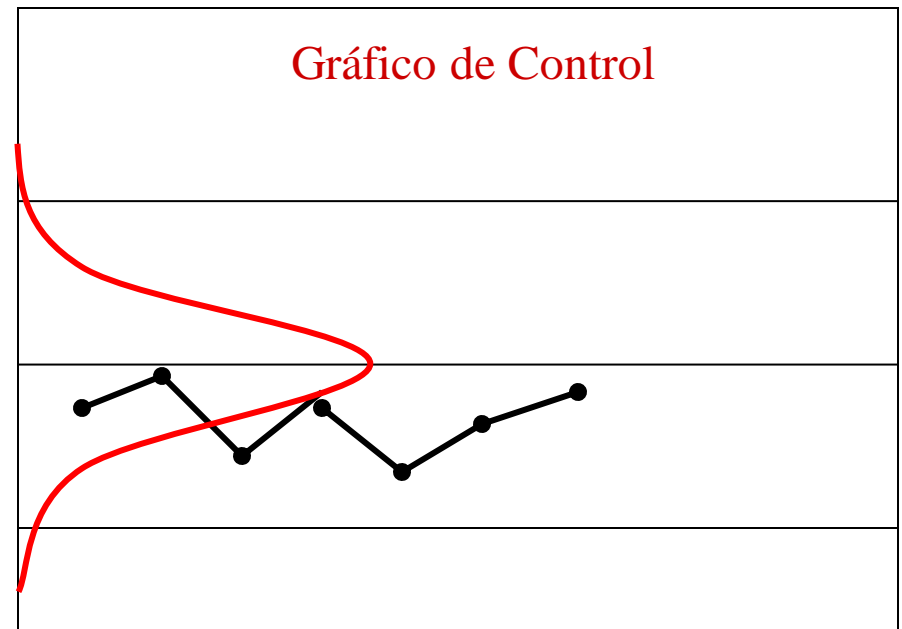
Es difícil decir como es el gráfico de un conjunto de puntos que siguen un **patrón aleatorio** de **distribución normal**, pero sí es fácil darse cuenta cuando no lo es.



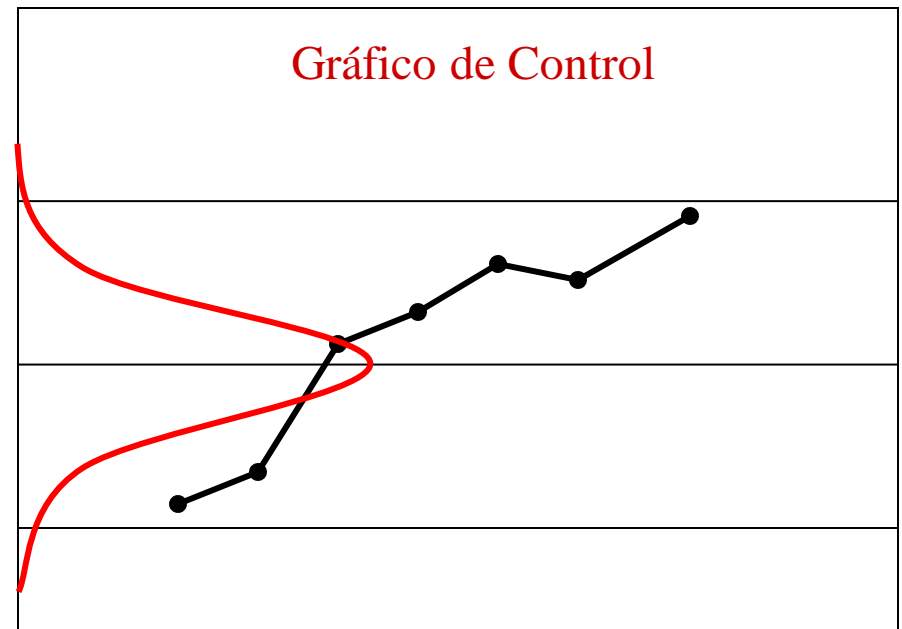
Una sucesión de puntos
por encima ...



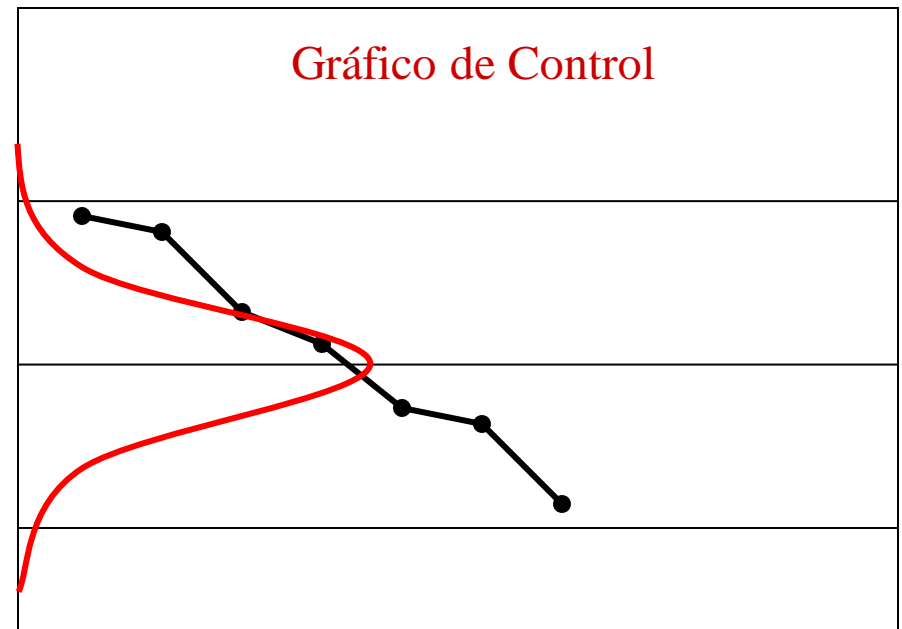
... o por debajo de la
línea central.

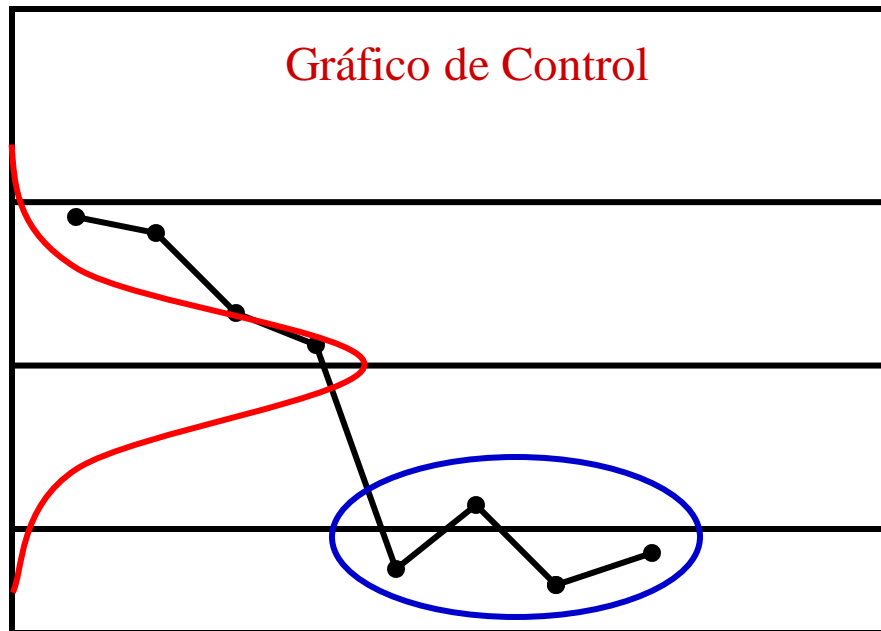


Una serie creciente de 6 ó 7 observaciones...



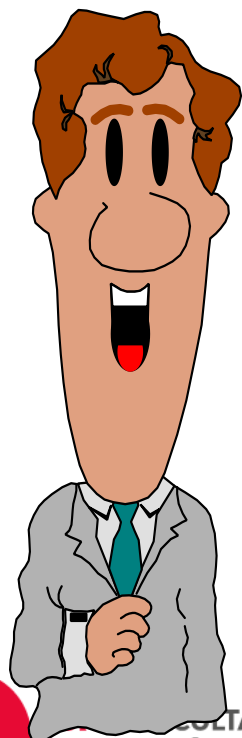
... o una serie
decreciente.





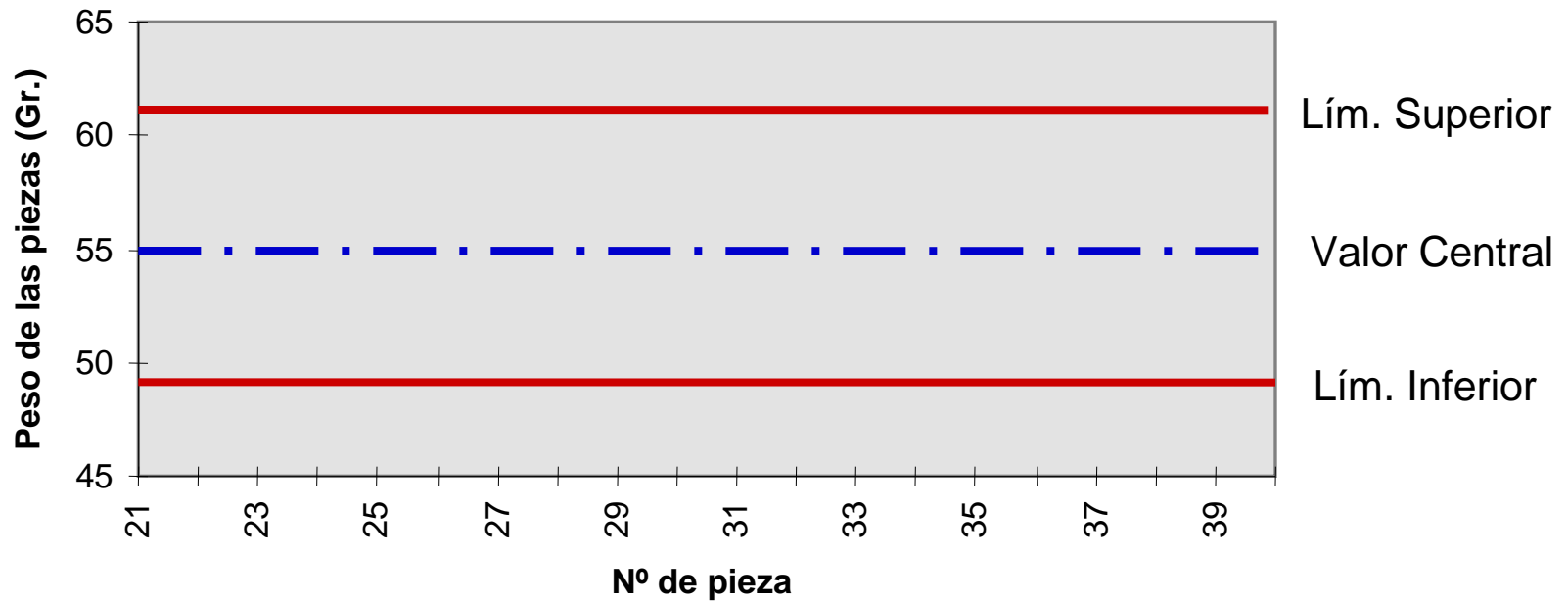
Varios puntos
por fuera de los
límites de control





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.

Gráfico de Control



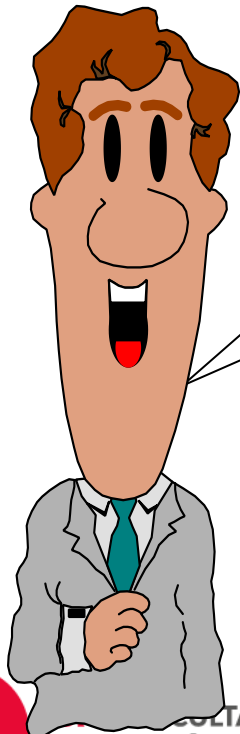
Si sólo hay pocos puntos fuera de control (2 ó 3), estos se eliminan, se recalculan la media, desviación standard y límites de control con los restantes, y se construye un nuevo gráfico de prueba.



Cuando las observaciones no siguen un patrón aleatorio, indicando la existencia de causas asignables, se hace necesario investigar para descubrirlas y eliminarlas.



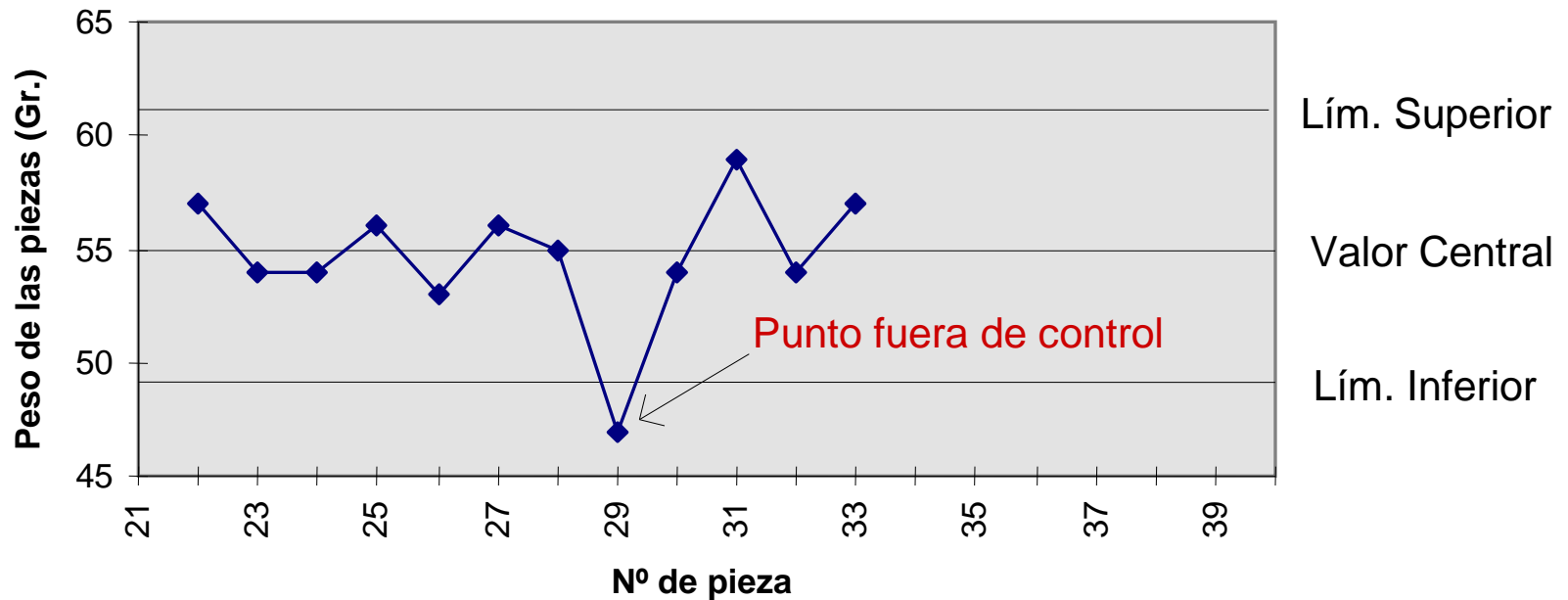
Una vez hecho esto, se deberán recoger nuevas observaciones y calcular nuevos límites de control de prueba, comenzando otra vez con la 1ª etapa.



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:



Gráfico de Control





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.

Nombre y Apellido: María Estela Tarchini
mtarchini@fiq.unl.edu.ar



**UNL • FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA**