



Centro de  
Especializaciones  
Noeder



Florida  
Global  
University

Diplomado de Especialización

# **GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**

**CICLO INTENSIVO**

**MÓDULO VI**

**SIX SIGMA Y  
CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**

**Ing. Paul Cirilo Flores**



# FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS DE SIX SIGMA



## INTRODUCCIÓN

### Historia y origen en Motorola

Six Sigma es una metodología de gestión enfocada en la excelencia operacional. Originada en Motorola, emplea fundamentos estadísticos para alcanzar niveles de calidad superiores, centrandose su objetivo en la reducción drástica de la variabilidad y los defectos en los procesos industriales y de servicios.

**3.4**

Defectos por millón de oportunidades, el estándar de excelencia de Six Sigma.

**99.9%**

Nivel de precisión requerido para optimizar la eficiencia en procesos críticos.





# METODOLOGÍA DMAIC

METODOLOGÍA SIX SIGMA Y EXCELENCIA OPERACIONAL

## Metodología DMAIC



### Optimización de Procesos Ciclo de Mejora Continua

El Ciclo DMAIC es la base fundamental para optimizar procesos existentes, permitiendo una estructura rigurosa para alcanzar la excelencia operacional y reducir variabilidad.



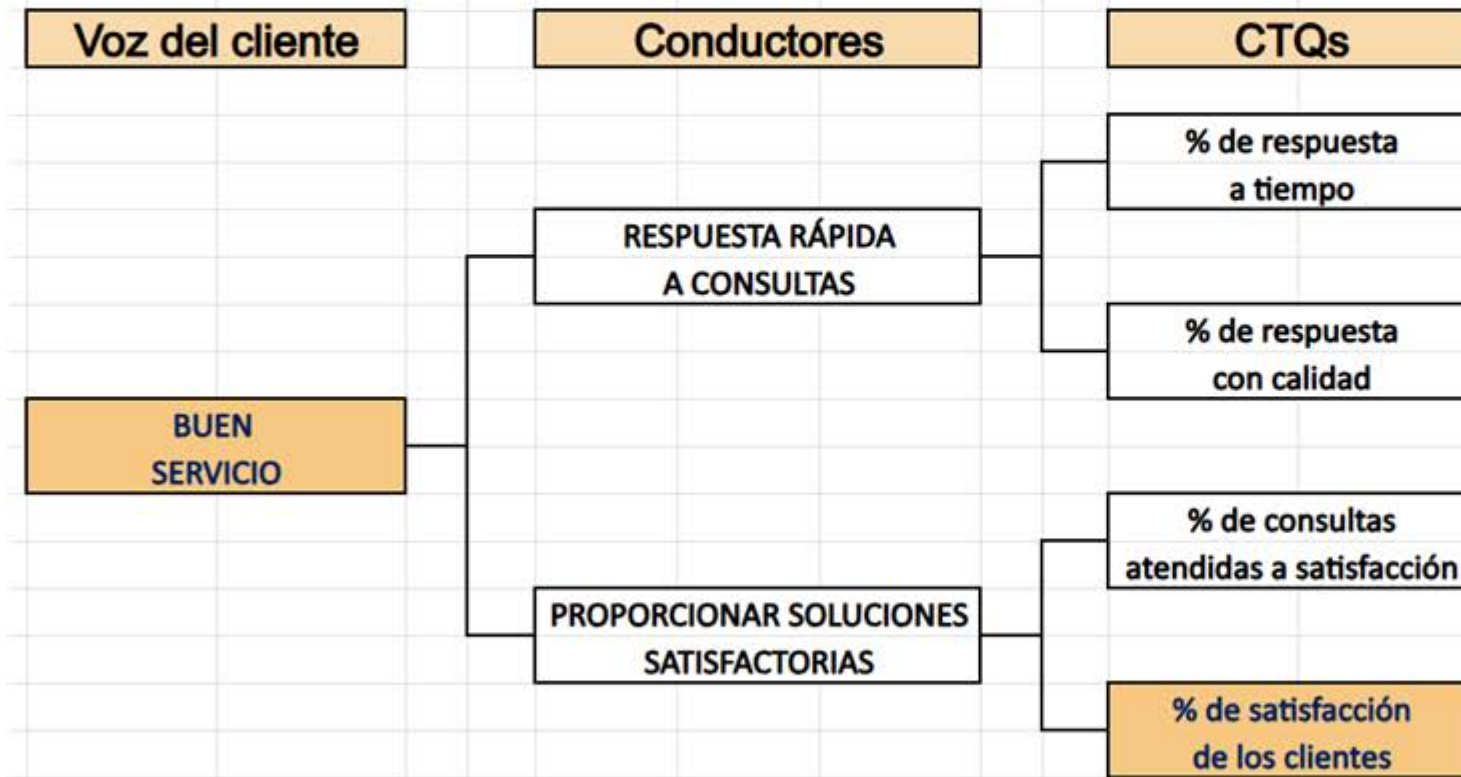
### Fases de Ejecución Etapas Críticas

- | **Definir:** Identificar el problema y objetivos.
- | **Medir:** Recopilar datos y desempeño actual.
- | **Analizar:** Determinar las causas raíz de defectos.
- | **Mejorar:** Implementar soluciones probadas.
- | **Controlar:** Mantener mejoras a largo plazo.



# METODOLOGÍA DMAIC

## FASE DEFINIR



### Voz del cliente (VOC)

Lo que el cliente dice o siente sobre tu servicio/producto. Es subjetivo, emocional y ambiguo

### Conductores ( Drivers)

Son las palancas operativas que explican esa percepción del cliente. Puente entre lo subjetivo y lo operativo

### CTQ ( Critical to Quality)

Son indicadores medibles que indican si los conductores están funcionando. Es decir como lo mido



# METODOLOGÍA DMAIC

## FASE DEFINIR

### Contrato Interno ( Project Charter)

Es el documento formal de Gerencia, que autoriza a los distintos equipos de mejora, para trabajar en un proceso, con cargo a llevarlo a un mejor nivel de eficiencia, de eficacia y/o rendimiento. Usando la metodología de Six Sigma dentro de los alcances del documento.

Debe ser llenado en trabajo colaborativo de los líderes del proyecto con el equipo técnico:

1. El problema y el objetivo con los indicadores de tendencia central y de variabilidad respectivos
2. Los beneficios esperados deben ser estimados y anualizados
3. Las fases del DMAIC deben tener tiempos definidos
4. El equipo debe estar conformado por líderes más los especialistas técnicos que trabajan en el proceso





# METODOLOGÍA DMAIC

## FASE MEDIR

### ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

#### Promedio

La suma de los números ( datos), entre la cantidad de dichos números

#### Mediana

Es el valor central de un conjunto de datos ordenados.

#### Moda

Es el valor que más se repite en un conjunto de datos. Pueden existir varias modas o pudiera no haber ninguna moda

#### Desviación estándar

Mide la variabilidad de los datos respecto a un valor central ( promedio)

#### Varianza

Es una medida de variabilidad que equivale a la desviación estándar al cuadrado.

#### Rango

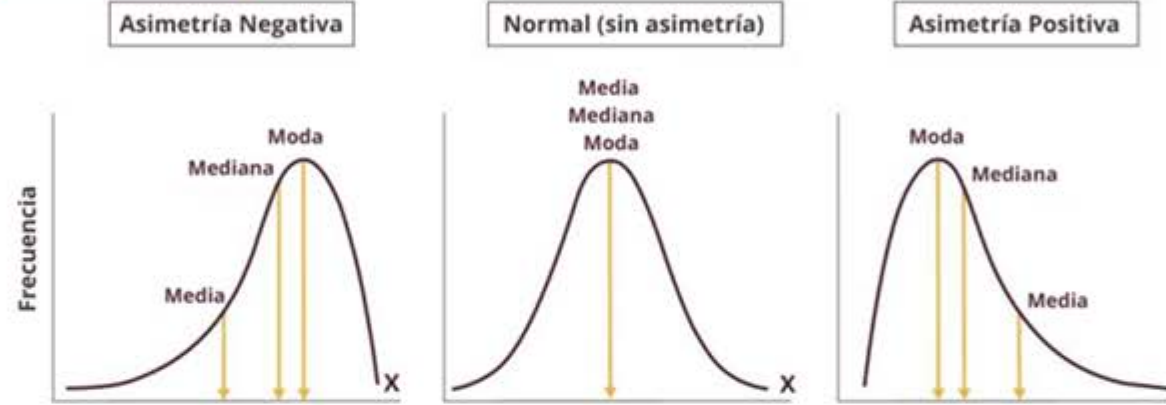
Es una medida de variabilidad de un conjunto de datos, que resulta de la diferencia del valor mayor menos el valor del menor de los datos



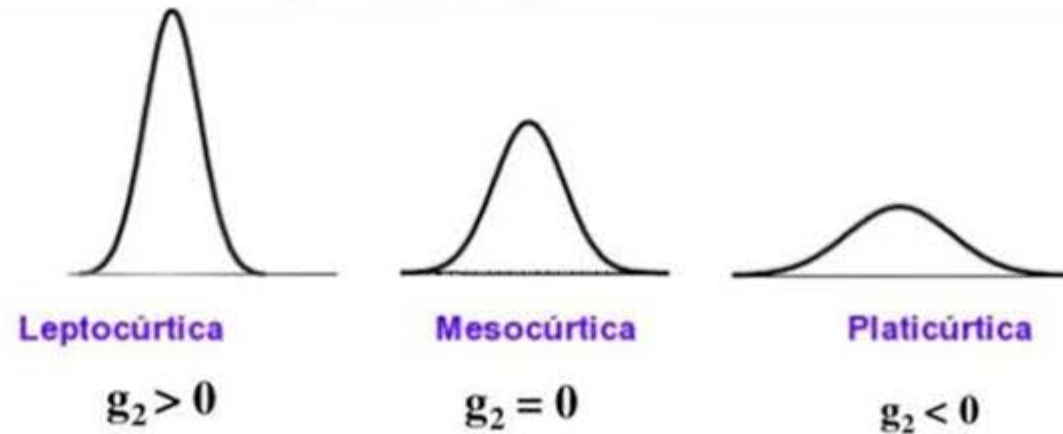
# METODOLOGÍA DMAIC

## FASE MEDIR

### Simetría



### Curtosis





# METODOLOGÍA DMAIC

## FASE MEDIR

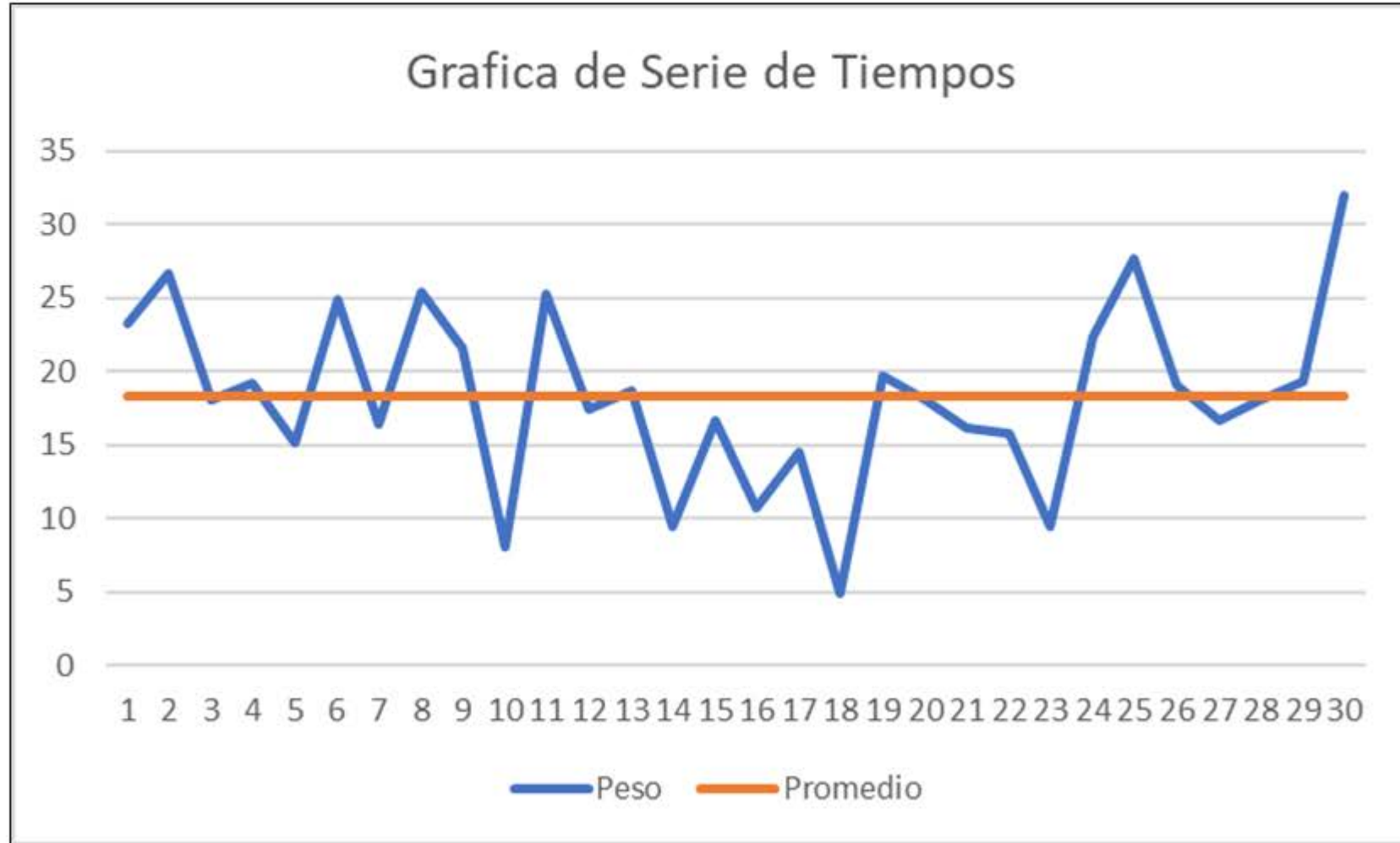
Calcula los valores de la estadística descriptiva para los datos del peso de los paquetes de galleta

Nº	Peso (g)
1	23.19
2	26.65
3	18.03
4	19.17
5	15.18
6	24.89
7	16.41
8	25.41
9	21.6
10	8.1
11	25.24
12	17.36
13	18.64
14	9.44
15	16.66
16	10.75
17	14.51
18	4.84
19	19.75
20	18.1
21	16.13
22	15.76
23	9.42
24	22.35
25	27.67
26	19.06
27	16.67
28	18.07
29	19.35
30	31.96



# METODOLOGÍA DMAIC

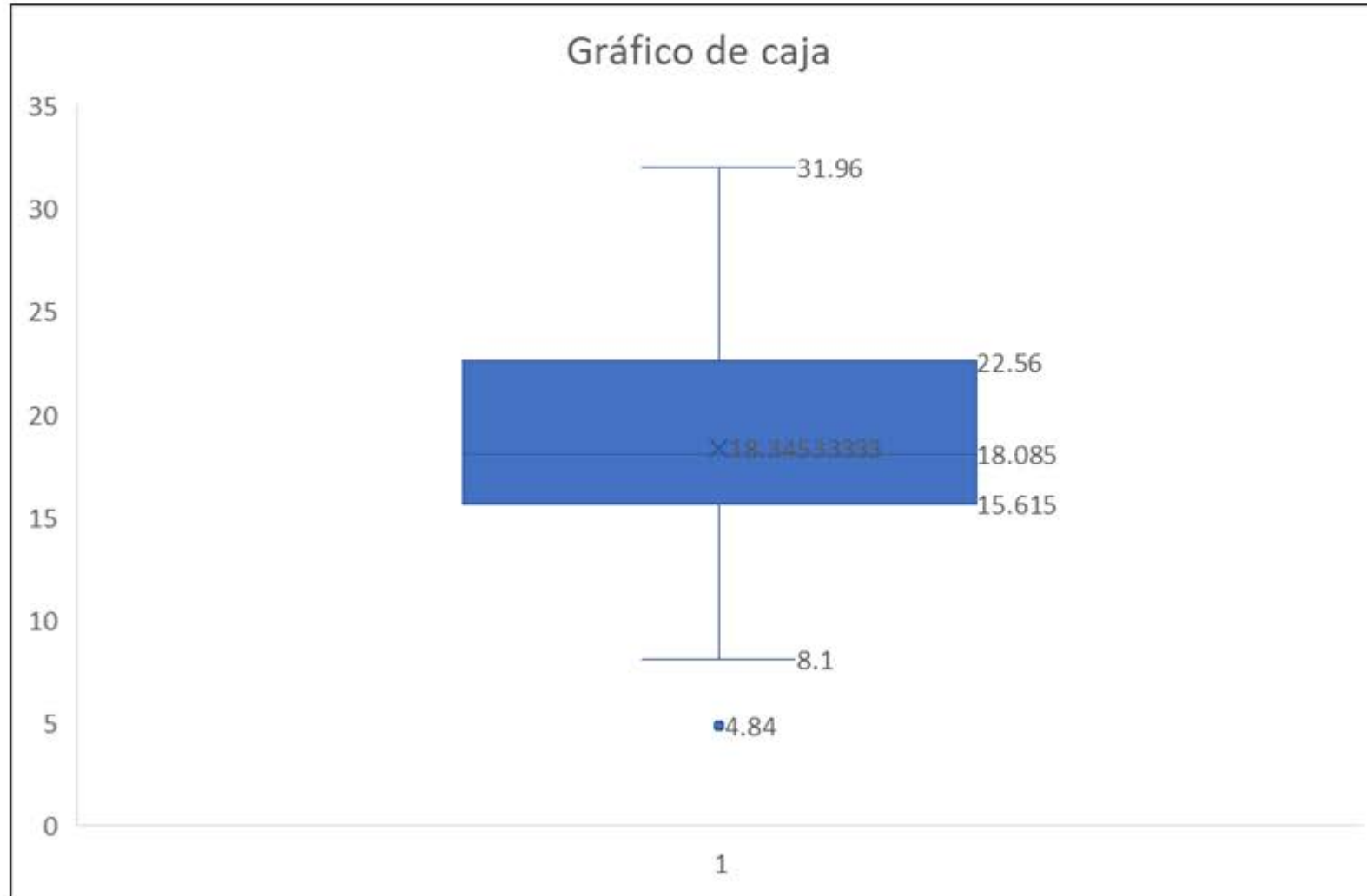
## FASE MEDIR





# METODOLOGÍA DMAIC

## FASE MEDIR



### Cuartiles

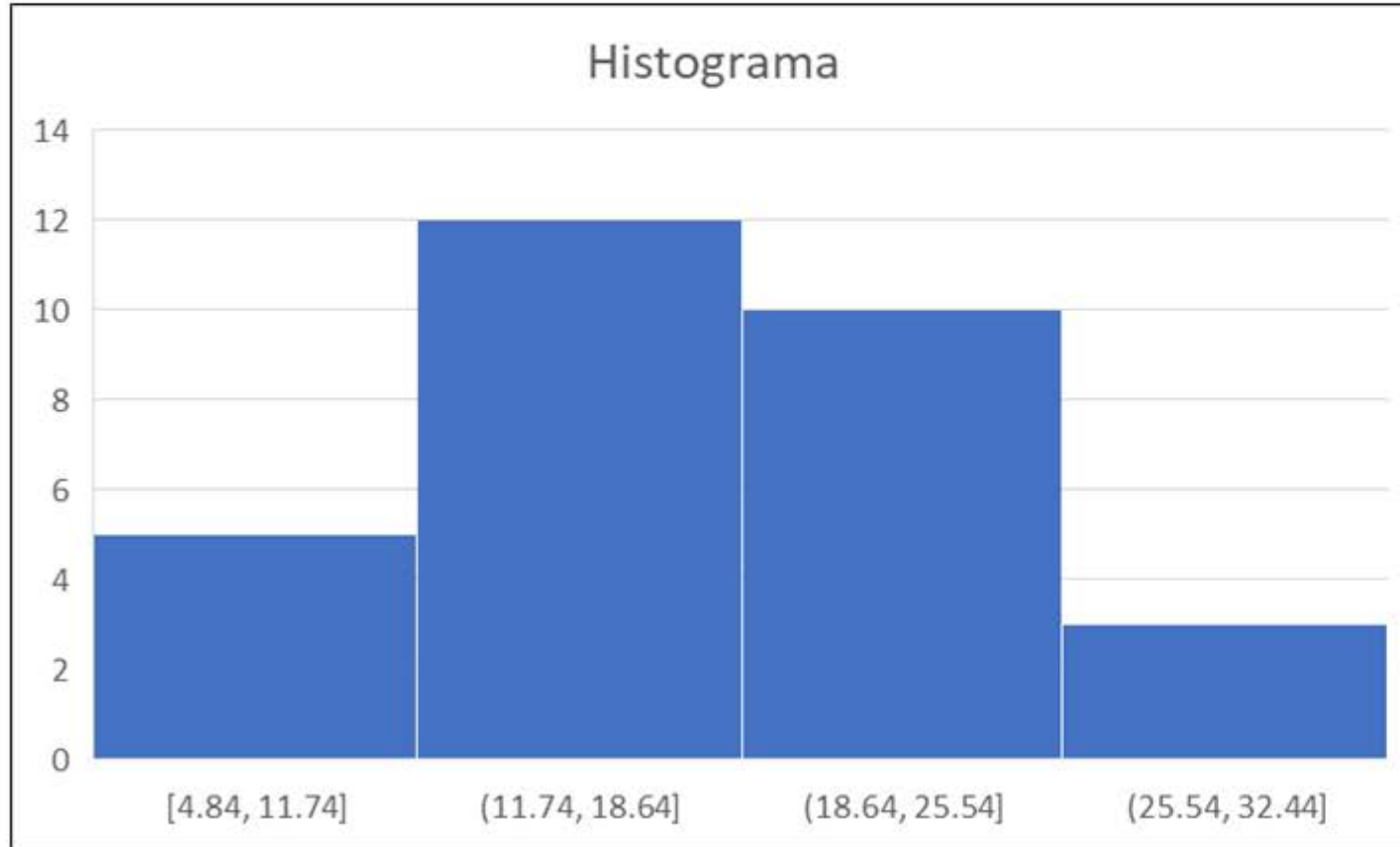
Q1:15.615

Q3:22.56

- **Causa Especial:**  
Eventos fuera de lo normal
- **Causa Común:**  
Variación normal del proceso

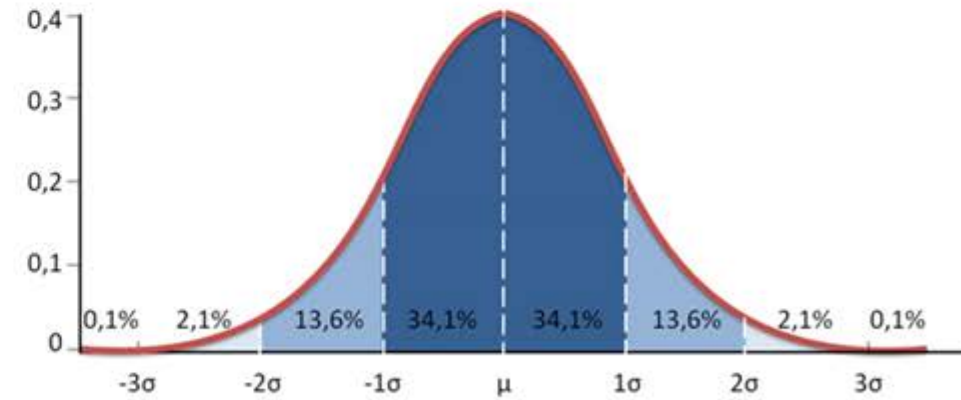


# METODOLOGÍA DMAIC



¿Qué significa que los datos sean normales?

Los datos siguen una distribución normal ( Campana de Gauss)





# METODOLOGÍA DMAIC

## Control del proceso

Las gráficas de control, nos ayudan a controlar el proceso en su comportamiento aleatorio normal, Cuando ese comportamiento se ve transgredido se debe trabajar el método de los 4 pasos para volver el proceso a un estado de control.

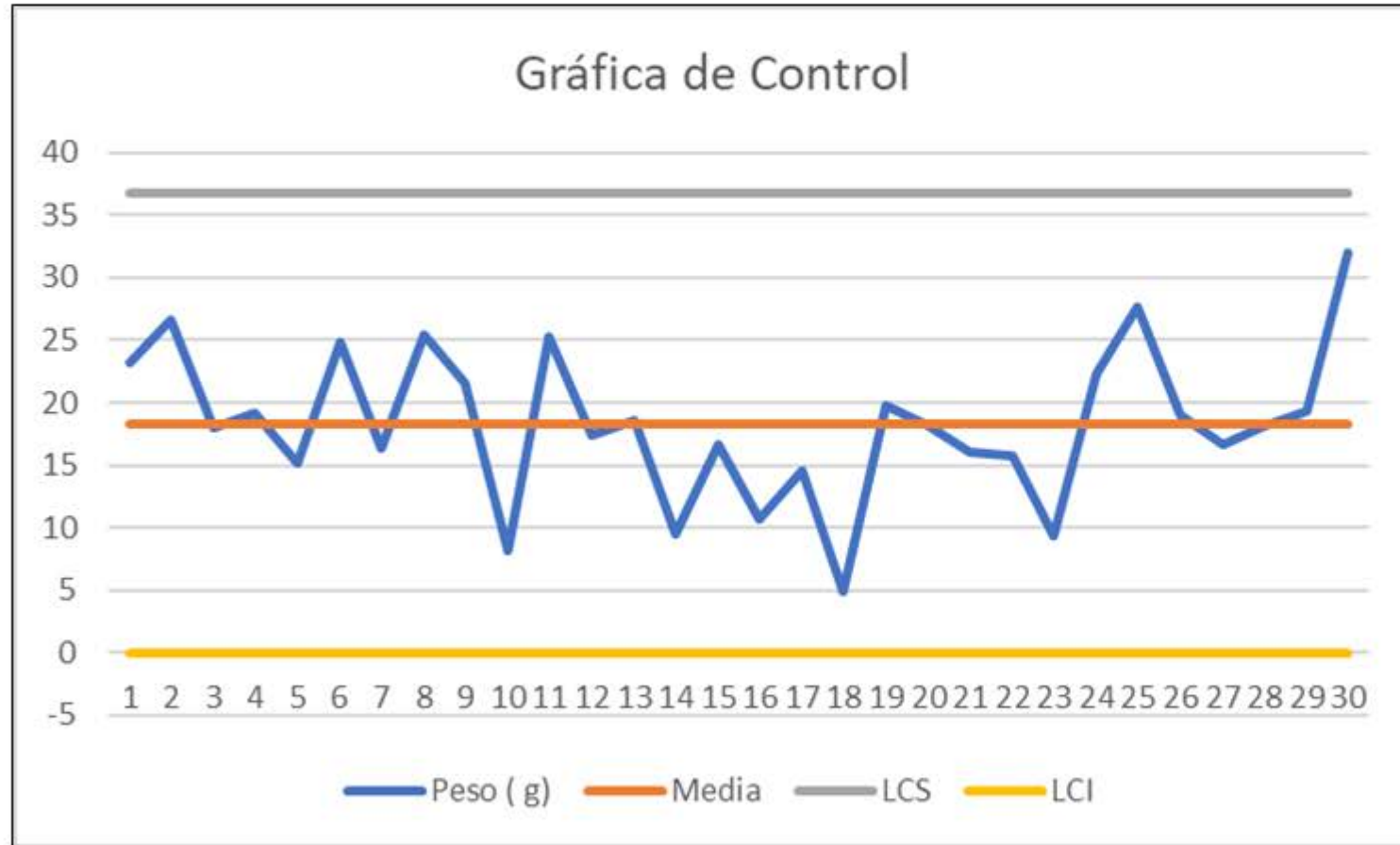
1. **Convocar al equipo**
2. **Encontrar la causa raíz del problema**
3. **Ejecutar una contramedida**
4. **Hacer que la operación mejorada quede estandarizada**

$$LCS = u + 3\sigma$$

$$LCI = u - 3\sigma$$



# METODOLOGÍA DMAIC



## Control de proceso:

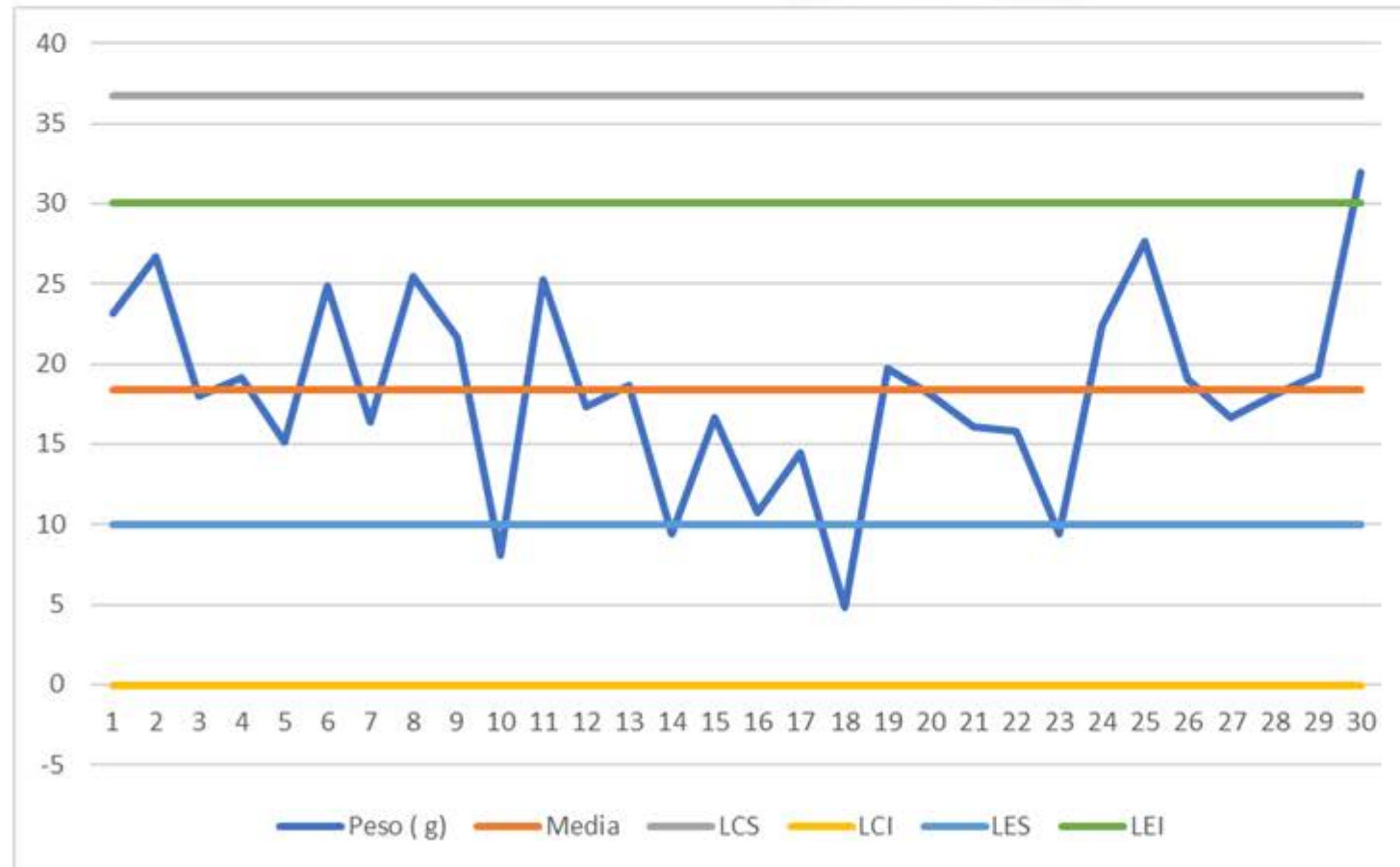
- El proceso muestre 5 datos seguidos que bajen o suban.
- Que el proceso mantenga los valores sin cruzar en la parte superior e inferior de la gráfica.



# METODOLOGÍA DMAIC

## Especificaciones

Son los límites definidos por el cliente o el negocio que indican que el producto es aceptable; fuera de esto es un defecto



Las especificaciones del cliente:  
**Peso Mínimo:** 10 gramos  
**Peso Máximo:** 30 gramos



# METODOLOGÍA DMAIC

## Capacidad de Proceso

Es un indicador valioso, que nos permite determinar como estamos cumpliendo con las especificaciones de nuestros clientes.

Hay varios indicadores que nos permiten reconocer la situación:

1. **Capacidad de corto plazo: Cp y Cpk**
2. **Capacidad de largo plazo: Pp y Ppk**
3. **PPM o partes por millo de defectos o fallos**
4. **% de Defectos**

$$CP = LES - LEI / 6^* \text{ Desv. Std}$$



# METODOLOGÍA DMAIC

## Capacidad de Proceso

Es un indicador valioso, que nos permite determinar como estamos cumpliendo con las especificaciones de nuestros clientes.

Hay varios indicadores que nos permiten reconocer la situación:

1. **Capacidad de corto plazo: Cp y Cpk**
2. **Capacidad de largo plazo: Pp y Ppk**
3. **PPM o partes por millo de defectos o fallos**
4. **% de Defectos**

$$CP = LES - LEI / 6 * \text{Desv. Std (corto plazo)}$$

**CpK= Menor de :**

$$LES - Media / 3 * \text{Desv. Std(corto plazo)} \text{ o } \\ Media - LEI / 3 * \text{Desv. Std(corto plazo)}$$

$$PP = LES - LEI / 6 * \text{Desv. Std (largo plazo)}$$

**Ppk= Menor de :**

$$LES - Media / 3 * \text{Desv. Std(largo plazo)} \text{ o } \\ Media - LEI / 3 * \text{Desv. Std(largo plazo)}$$

$$\text{Desv. Std(corto plazo)} = R/d2$$

**R:** Promedio de rangos de cada subgrupo

**d2:** Constante que depende del tamaño del subgrupo (tabla CEP)



# METODOLOGÍA DMAIC

**Cp=** Capacidad potencial del proceso

Mide la variabilidad del proceso, no le importa si esta descentrado

- **Cp alto :** Proceso con poca variación
- **Cp bajo:** Proceso muy disperso

**CpK=** Capacidad real del proceso

Mide la variabilidad del proceso considerando que puede estar descentrado

**Pp=** Performace potencial del proceso

Usa datos a largo plazo, con toda la variación histórica ¿ que tan bien ha rendido el proceso?. No le importa si esta descentrado

- **PCp alto :** Proceso con poca variación
- **Cp bajo:** Proceso muy disperso

**PpK=** Performance real del proceso

Usa datos a largo plazo, con toda la variación histórica considerando el centrado con referente a los limites de especificación

¿Qué tan capaz es el proceso si aislamos en condiciones similares?

¿Qué tan bien funciona el proceso en su realidad completa?



# METODOLOGÍA DMAIC

Rango del índice	Cp / Pp (potencial)	Cpk / Ppk (real)	¿Que significa?
< 1.00	✘ No capaz	✘ No capaz	El proceso no cumple especificaciones. Alto riesgo de defectos. Acción correctiva urgente.
1.00 – 1.32	⚠ Marginal	⚠ Marginal	Cumple a duras penas. Sensible a cambios. Riesgo operativo.
1.33 – 1.66	✓ Aceptable	✓ Aceptable	Nivel estándar industrial. Cumple con control razonable.
1.67 – 1.99	👍 Bueno	👍 Bueno	Proceso robusto. Baja probabilidad de defectos.
≥ 2.00	🌟 Excelente	🌟 Excelente	Clase mundial. Muy alta confiabilidad.

**Pp>Ppk**

**Cp>Cpk**



# METODOLOGÍA DMAIC

**Constantes para gráficos de control**

n	A	A2	A3	c4	1/c4	B3	B4	B5	B6	d2	d3	1/d2	D1	D2	D3	D4
2	2.121	1.880	2.659	0.798	1.253	0	3.267	0	2.606	1.128	0.853	0.886	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0	2.568	0	2.276	1.693	0.888	0.591	0	4.358	0	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.921	1.085	0	2.266	0	2.088	2.059	0.88	0.486	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0	2.089	0	1.964	2.326	0.864	0.43	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0.395	0	5.079	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.82	0.351	0.388	5.307	0.136	1.864
9	1	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.97	0.808	0.337	0.547	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.85	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.018	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.74	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.588	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.275	1.424	5.856	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.889	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.268	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.72	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.01	0.565	1.435	0.559	1.42	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541



# METODOLOGÍA DMAIC

Subgrupo	x1	x2	x3	x4	x5
1	18.2	19.1	17.8	18.5	19.0
2	20.1	19.8	20.5	19.9	20.2
3	17.5	18.0	17.9	18.3	17.7
4	21.0	20.7	21.2	20.9	21.1
5	16.8	17.2	16.9	17.1	17.0

Subgrupo	Qué representa
1	5 botellas consecutivas a las 08:00
2	5 botellas consecutivas a las 09:00
3	5 botellas consecutivas a las 10:00
4	5 botellas consecutivas a las 11:00
5	5 botellas consecutivas a las 12:00

## Subgrupo:

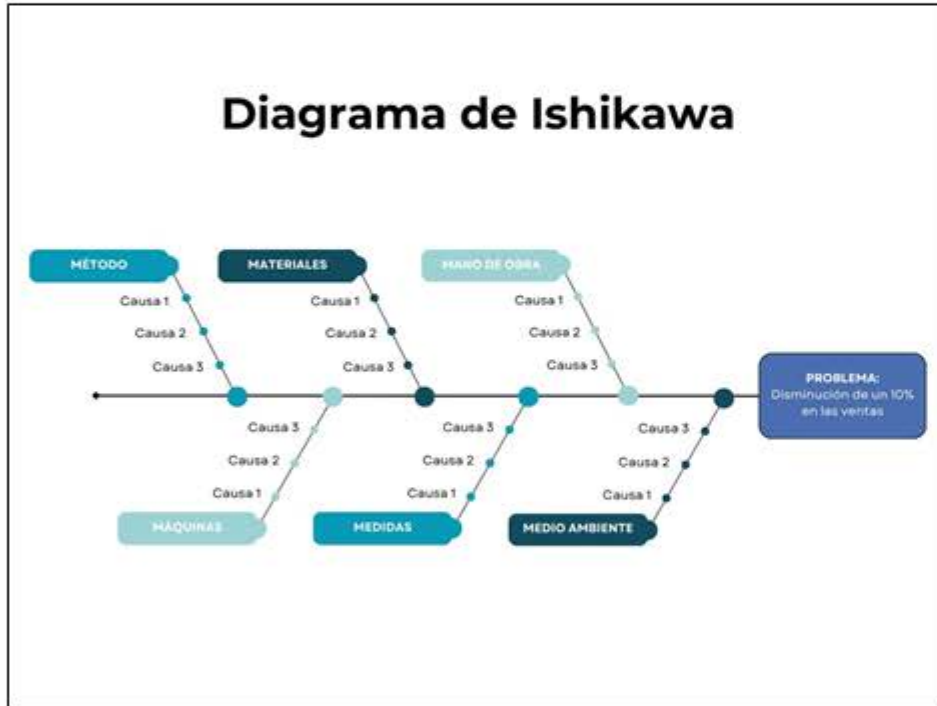
No debe cambiar en el subgrupo: Maquina, operador turno, lote de MP



# METODOLOGÍA DMAIC

## FASE ANALIZAR

Diagrama de Ishikawa

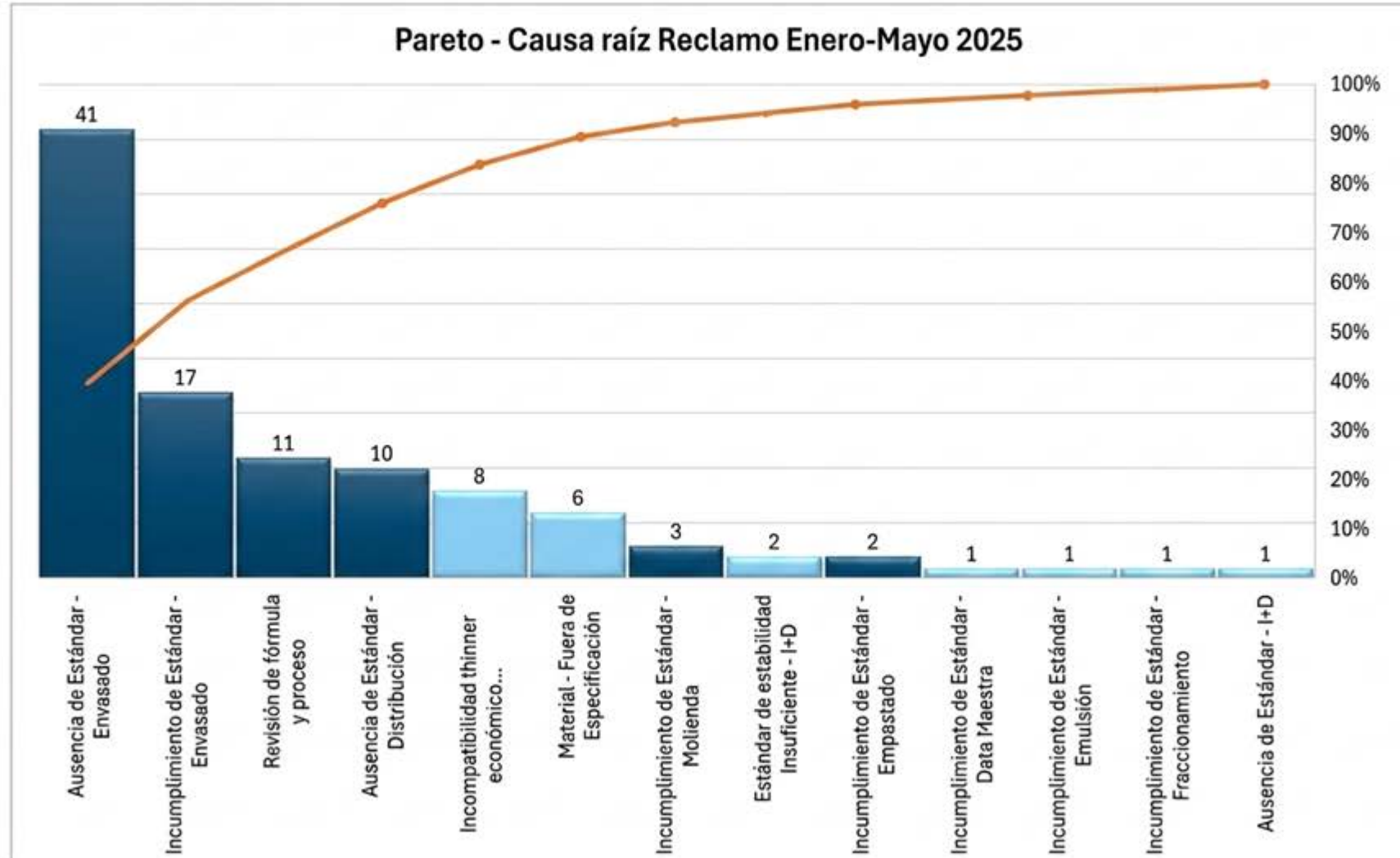


PROBLEMA A ESTUDIAR	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PQ5	Resultado del Análisis
El vehículo no arranca	La batería está muerta	¿Y por qué está muerta? El Alternador no está funcionando	¿Y por qué no está funcionando? La correa del alternador se ha roto	¿Y por qué se ha roto? La correa del alternador fue mucho más allá de su vida de servicio útil y no se ha sustituido	¿Y por qué no se ha sustituido? El vehículo no se mantiene de acuerdo a lo recomendado por el programa de servicio	Incluir estándar de Inspección
	La batería está muerta	¿Y por qué está muerta? Los bornes están dañados	¿Y por qué están dañados? Los bornes están sulfatados	¿Y por qué están sulfatados? Los bornes están desajustados	¿Y por qué están desajustados? El vehículo no se mantiene de acuerdo a lo recomendado por el programa de servicio	Incluir estándar de Inspección



# METODOLOGÍA DMAIC

Pareto – #Reclamos por causa raíz





# METODOLOGÍA DMAIC

## FASE MEJORAR

### INTEGRACIÓN LEAN SIX SIGMA: LA FUSIÓN DE VELOCIDAD Y PRECISIÓN

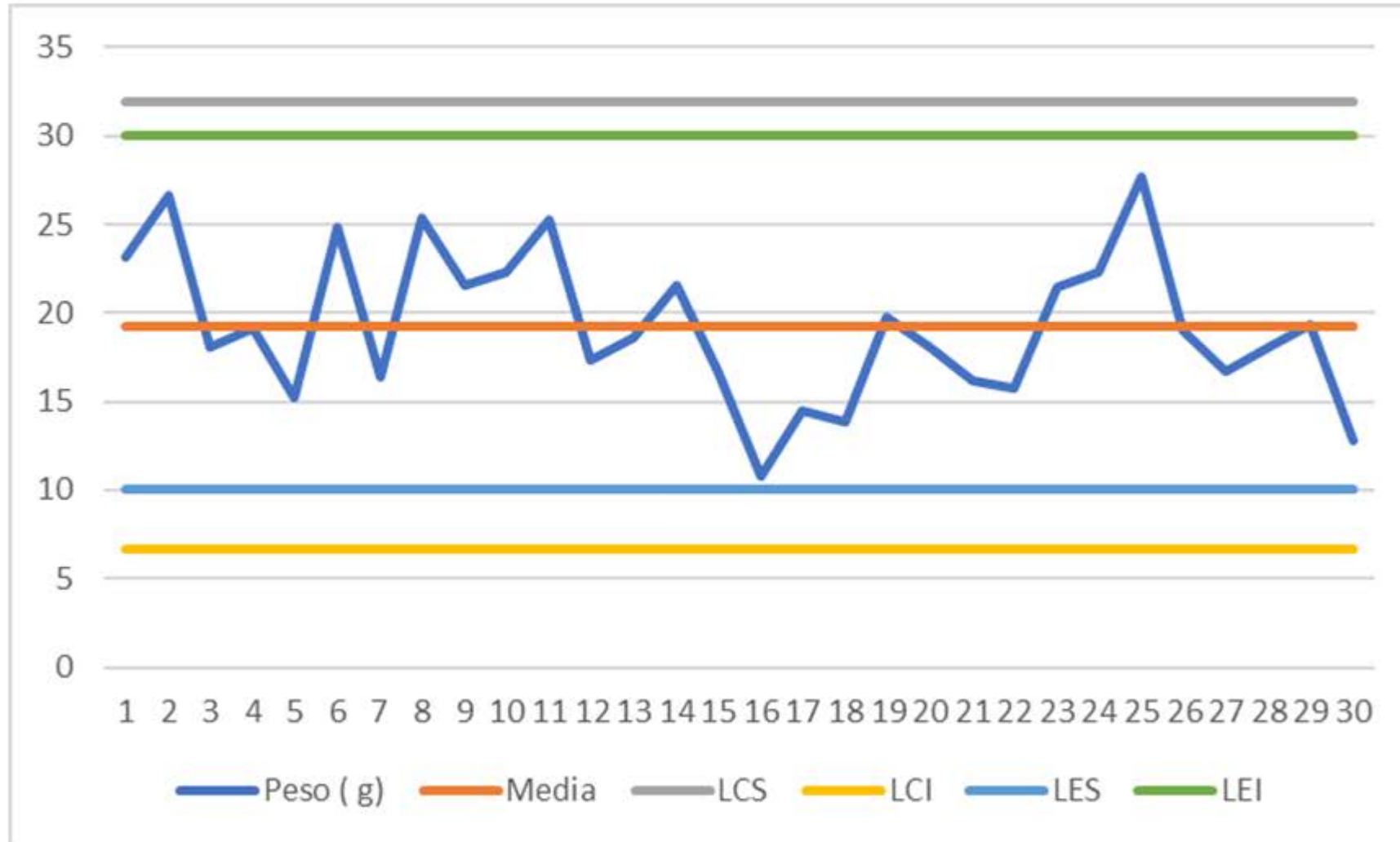






# METODOLOGÍA DMAIC

## FASE CONTROLAR



# ¡Gracias!



Centro de  
Especializaciones  
Noeder

Conéctate con nuestra comunidad

