



Centro de
Especializaciones
Noeder



Florida
Global
University

Diplomado de Especialización

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

CICLO REGULAR

MÓDULO VI

CLASE 3

**SIX SIGMA Y
CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**

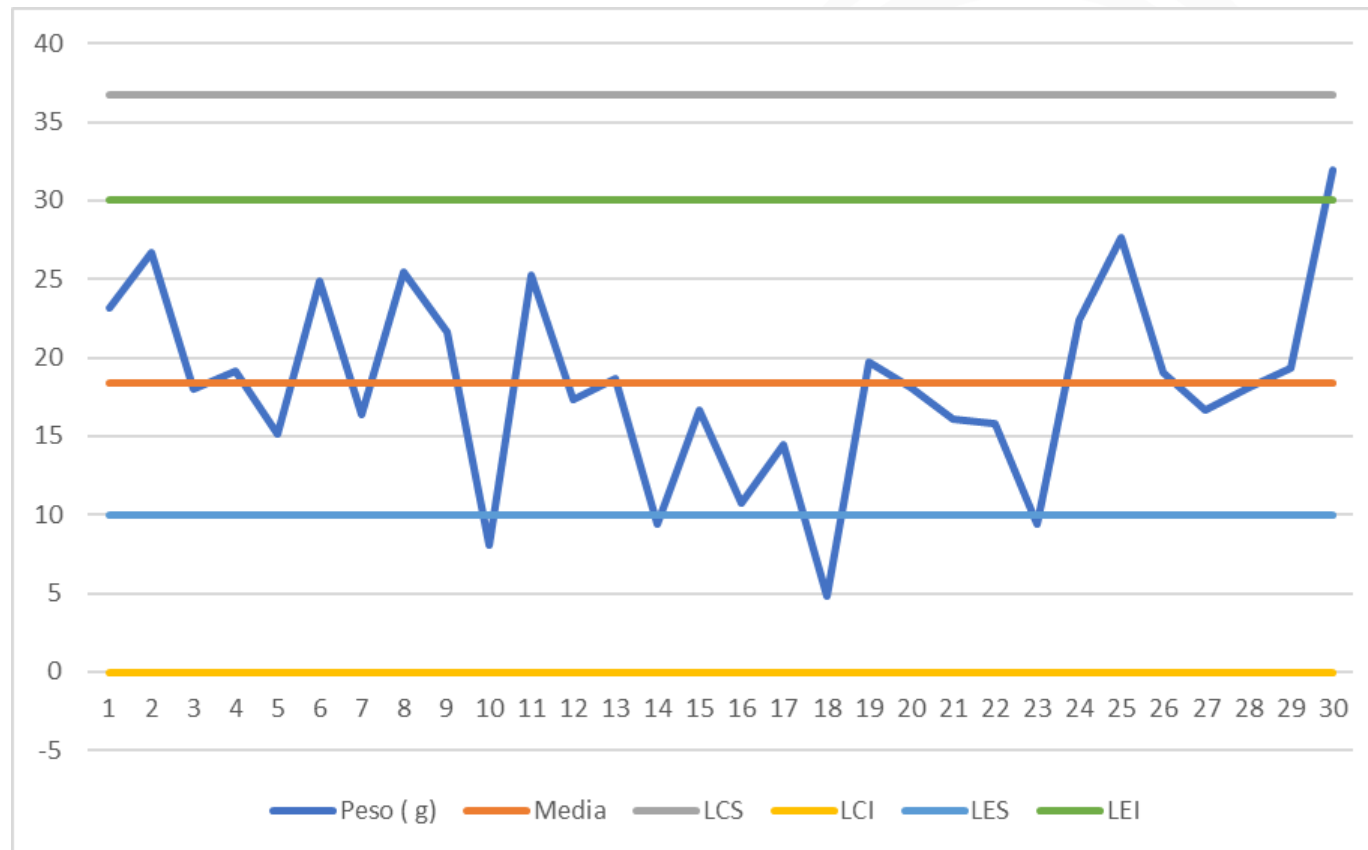
Ing. Paul Cirilo Flores



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

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



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

Cp (Capacidad del Proceso)

El Cp compara el ancho de las especificaciones del cliente con el ancho natural del proceso (su variación). No le importa si el proceso está centrado, solo si la "campana" es lo suficientemente estrecha para caber dentro de los límites. Si el Cp es mayor a 1, el proceso tiene el *potencial* de cumplir las especificaciones (la campana cabe en el espacio).

Cpk (Índice de Capacidad del Proceso)

El Cpk ajusta el Cp para tener en cuenta qué tan centrado está el proceso. Evalúa la distancia desde el promedio del proceso hasta el límite de especificación más cercano. Si el Cpk es mayor a 1 el proceso no solo tiene la amplitud correcta, sino que está bien centrado y produce muy pocos defectos. Si el Cpk es mucho menor que el Cp, significa que tu proceso está descentrado.

Pp (Desempeño del Proceso)

Es el equivalente al Cp, pero a largo plazo. Mide la amplitud de la variación total del proceso en comparación con los límites de especificación, sin importar si está centrado. "¿Qué tan amplia es la variación total histórica de mi proceso en comparación con lo que pide el cliente?".

Ppk (Índice de Desempeño del Proceso)

Es el equivalente al Cpk, pero a largo plazo. Evalúa qué tan centrado y capaz es el proceso considerando toda su variación histórica. Este es el indicador más realista de lo que tu cliente está experimentando. Un Ppk alto ignifica que el proceso produce consistentemente piezas buenas a lo largo del tiempo, a pesar de los cambios de turno o materiales.



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

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

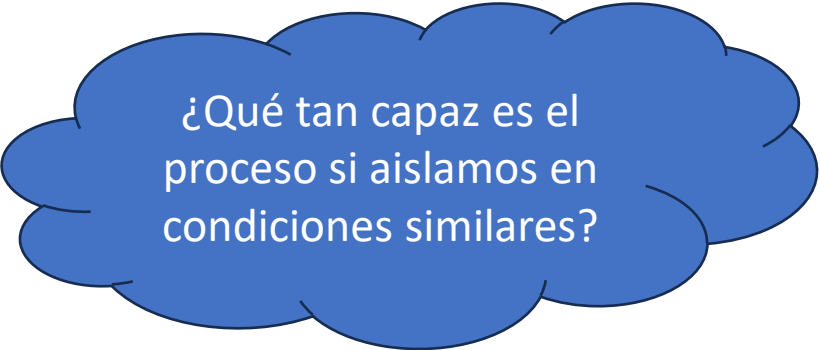
Pp= Performace potencial del proceso

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

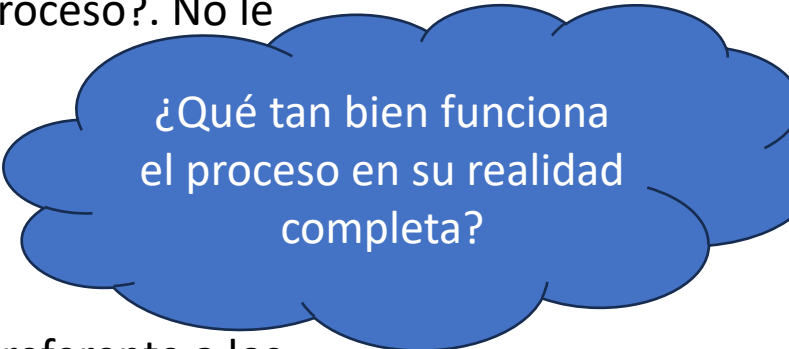
- Cp alto : Proceso con poca variación
- Cp bajo: Proceso muy disperso

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?



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

¿Qué significa Corto y Largo Plazo?

En el control de procesos, la diferencia principal entre el corto y el largo plazo radica en **el tipo de variación** que estamos midiendo.

Corto Plazo (Capacidad Potencial): Representa un periodo de tiempo lo suficientemente corto como para que no haya cambios externos significativos (mismo operador, mismo lote de materia prima, misma máquina, mismo turno). Mide la variación natural que existe *dentro* de un lote o subgrupo. Es el "mejor escenario posible" o el **potencial** del proceso si no hubiera interferencias.

Largo Plazo (Desempeño Real): Representa un periodo de tiempo más extendido donde ocurren cambios normales en el entorno (cambios de turno, diferentes lotes de material, desgaste normal de herramientas, variaciones de temperatura). Mide la variación *global* del proceso. Es lo que el cliente realmente recibe o el **desempeño real** del proceso a través del tiempo.



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

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.



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

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)



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

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



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

El cliente principal requiere que los tubos de acero tengan una longitud específica de 1000 mm, con una tolerancia de +/- 5 mm. Has tomado muestras de la producción durante 4 días seguidos (5 muestras por día en diferentes turnos) para evaluar cómo se está comportando la máquina cortadora.

Especificaciones :

- Valor Objetivo: 1000 mm
- Límite Superior de Especificación (USL): 1005 mm
- Límite Inferior de Especificación (LSL): 995 mm

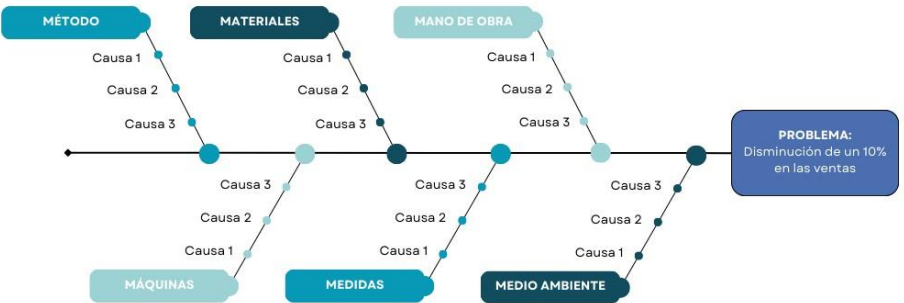
Día / Subgrupo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Día 1	1001	1002	1000	1003	999
Día 2	1002	1004	1001	1000	1002
Día 3	1003	1001	1002	998	1003
Día 4	1002	1001	1004	1002	1000



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

FASE ANALIZAR

Diagrama de Ishikawa

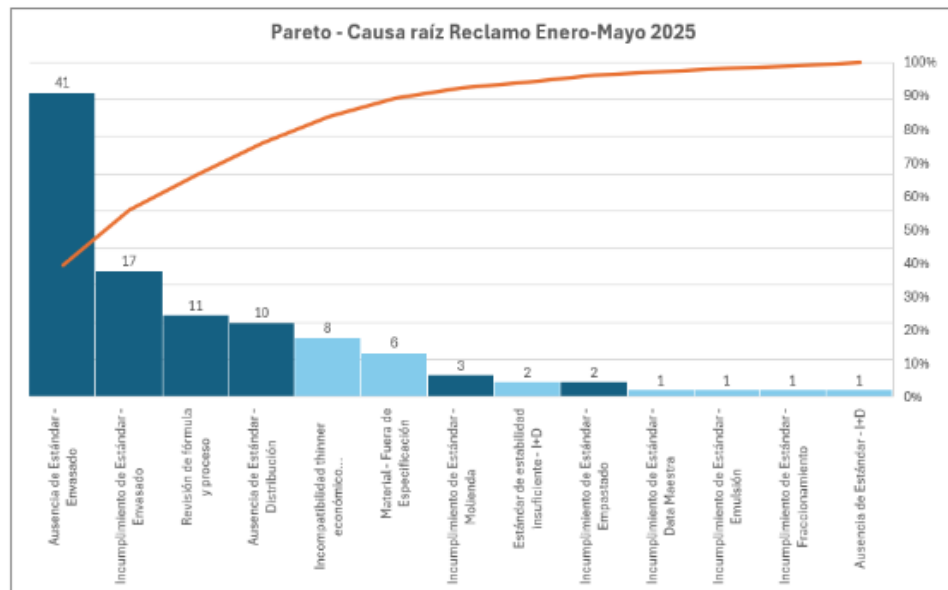


PROBLEMA A ESTUDIAR	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PQ5	Resultado del Análisis
El vehículo no arranca	La batería está muerta	¿Y por qué está muerta? El Alternador no está funcionando	¿Y por qué no está funcionando? La correa del alternador se ha roto	¿Y por qué se ha roto? La correa del alternador fue mucho más allá 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



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

Pareto – #Reclamos por causa raíz



Su fundamento principal es el Principio de Pareto, también conocido como la regla del 80/20, la cual establece que, por lo general, el 80% de los problemas (o efectos) provienen del 20% de las causas.

- **Eje Horizontal (X):** Muestra las categorías, problemas, defectos o causas que se están analizando. Se ordenan de izquierda a derecha, empezando por el más frecuente hasta el menos frecuente.
- **Eje Vertical Izquierdo (Y principal):** Representa la frecuencia, cantidad o costo de cada categoría (ej. número de defectos, dinero perdido). Las **barras** del gráfico se miden con este eje.
- **Eje Vertical Derecho (Y secundario):** Representa el porcentaje acumulado. La **línea** del gráfico se mide con este eje y va sumando los porcentajes de cada categoría de izquierda a derecha hasta alcanzar el 100%.

Sirve para:

Priorizar: Te ayuda a separar "los pocos vitales de los muchos triviales". Te muestra claramente qué problemas debes atacar primero para obtener el mayor impacto positivo.

Tomar decisiones basadas en datos: Evita que los equipos se guíen por intuiciones y enfoca la discusión en los números reales.

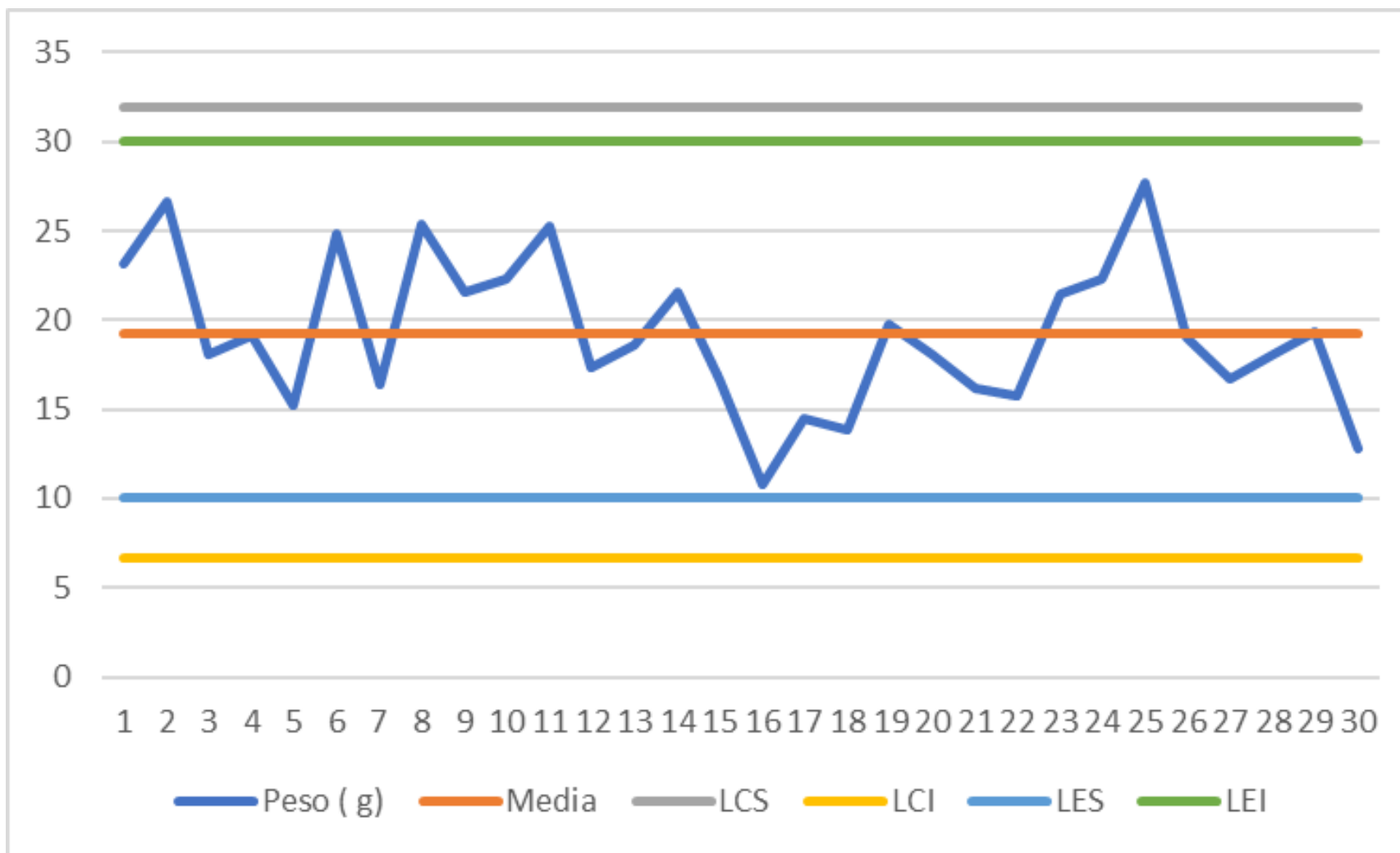
Medir el impacto: Si aplicas una solución al problema principal, puedes hacer un nuevo diagrama de Pareto después de un tiempo para verificar si la frecuencia de ese problema realmente disminuyó

[illegible]



ANÁLISIS DE CAPACIDAD

FASE CONTROLAR





CASO PRACTICO

Eres el ingeniero de calidad de una planta que embotella agua purificada. Recientemente, el departamento de ventas ha recibido quejas de clientes (y de supermercados) indicando que algunas botellas de la presentación de medio litro parecen venir con menos agua de la indicada.

La gerencia te pide analizar el proceso de llenado de la Máquina 2 para determinar si el proceso es estable y si realmente es capaz de cumplir con lo que promete la etiqueta.

Especificaciones del Producto:

- Objetivo (Target): 500 ml
- Límite Inferior de Especificación (LSL): 495 ml
- Límite Superior de Especificación (USL): 505 ml

Decides tomar muestras durante 3 turnos seguidos. Cada 2 horas, retiras 5 botellas consecutivas de la línea y mides su volumen exacto con una probeta calibrada. Tienes un total de 15 subgrupos ($n=5$).



CASO PRACTICO

Subgrupo (Hora)	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
1	497.5	499.1	498.0	496.8	499.5
2	498.2	500.5	497.4	498.8	496.9
3	496.5	498.1	499.8	497.0	498.5
4	499.0	498.5	497.2	498.4	499.1
5	497.8	499.6	498.1	497.5	498.2
6	498.5	497.9	498.8	496.2	497.4
7	499.2	498.0	497.5	498.9	497.1
8	497.0	496.8	498.5	499.4	498.0
9	498.4	497.2	496.9	498.8	497.7
10	499.5	498.1	497.6	498.0	496.5
11	497.8	499.0	498.5	497.2	498.9
12	498.2	497.5	499.3	498.1	497.0
13	496.9	498.8	497.4	498.5	499.2
14	498.1	497.0	498.9	499.5	497.8
15	497.5	498.4	497.1	498.2	498.8

¡Gracias!



Centro de
Especializaciones
Noeder

Conéctate con nuestra comunidad

