

Capítulo 8 - CALIDAD



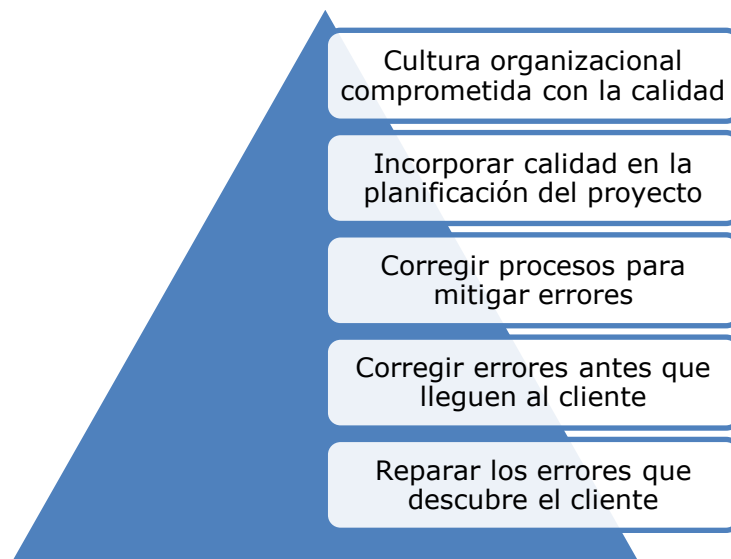
La calidad nunca es un accidente; siempre es el resultado de un esfuerzo de la inteligencia.

John Ruskin (1819-1900). Crítico y escritor británico.

En todo proyecto es sumamente importante dedicar tiempo a la gestión de calidad para:

- Prevenir errores y defectos
- Evitar realizar de nuevo el trabajo, lo que implica ahorrar tiempo y dinero
- Tener un cliente satisfecho

En el gráfico a continuación se resumen cinco niveles relacionados con la gestión de la calidad.



Al finalizar el capítulo habrás aprendido los siguientes conceptos:

- ✓ Conceptos básicos y teorías sobre calidad
- ✓ Procesos de gestión de la calidad
- ✓ Planificar la calidad
- ✓ Costo de la calidad
- ✓ Gestionar la calidad
- ✓ Mejora continua
- ✓ Controlar la calidad

Conceptos básicos sobre la calidad

La gestión de la calidad implica que el proyecto satisfaga las necesidades por las cuales se emprendió. Para ello será necesario:

- ✓ Convertir las necesidades y expectativas de calidad de los interesados en requisitos del proyecto.
- ✓ Lograr la satisfacción del cliente cuando el proyecto produzca lo planificado y el producto cubra las necesidades reales.
- ✓ Priorizar acciones de prevención en lugar de la inspección.
- ✓ Buscar en forma permanente la perfección: mejora continua!

 Definición de calidad según la American Society for Quality:
"El grado en el que un proyecto cumple con los requisitos"

 Definición de calidad según el Dr. Kaoru Ishikawa:
Diseñar, producir y mantener un producto que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor.

? *El Director del proyecto descubre que uno de sus miembros del equipo ha creado su propio proceso para la instalación de hardware. ¿Qué debería hacer el director de proyecto?*

- A. Agradecer al miembro del equipo por haber creado un nuevo activo para la empresa*
- B. Analizar si ese proceso es conveniente para la empresa*
- C. Investigar el plan de gestión para determinar si corresponde utilizar un proceso estándar*
- D. Evaluar la relación costo-beneficio del nuevo proceso*

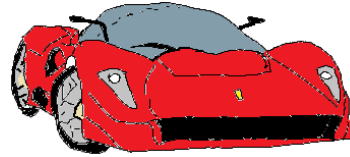
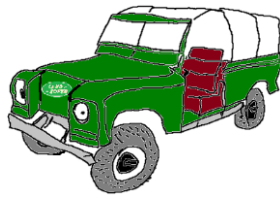
Los novatos en temas de gestión de calidad podrían haber respondido A o B. Sin embargo, cualquier experto en gestión de calidad reconocería que la respuesta correcta es C.

? *Un Cliente nos llama para decirnos que el servicio que hemos entregado no tiene una calidad aceptable. Sin embargo, nunca quedó claro en el alcance del proyecto que es "calidad aceptable" para el Cliente. ¿Qué debería hacer la próxima vez para evitar este inconveniente?*

Respuesta:

1. Definir siempre "calidad aceptable" y convertirla en requisito del proyecto
2. Establecer cómo se medirá la calidad
3. Determinar todo el trabajo necesario para que el proyecto cumpla con ese requisito

? ¿Qué tiene más calidad una camioneta Land Rover usada o un auto Ferrari nuevo?



Antes de responder tenemos que diferenciar “**calidad**” de “**grado**”. Seguramente la nueva Ferrari tiene más grado de prestaciones que la camioneta usada, incluyendo caja de cambio de 8 velocidades, velocidad crucero controlada, sensores para estacionamiento automático, etc. Sin embargo, la calidad está relacionada con el cumplimiento de requisitos preestablecidos. Por ejemplo, si el requisito de calidad mínima se define como “que no se rompa en caminos pedregosos” seguramente la camioneta usada es de mayor calidad que la Ferrari. Por el contrario, si la calidad se define como “velocidad mínima de 200 km por hora”, la Ferrari supera a la camioneta.

Cabe destacar que en los proyectos la falta de grado (prestaciones) no es un problema, mientras que la falta de calidad seguramente lo sea. Por ejemplo, un simulador de preguntas para preparar un examen podría tener pocas funcionalidades (ej. estadísticas, gráficos, etc.) y mantener a sus usuarios satisfechos; mientras que otro simulador con cientos de funcionalidades pero con preguntas erróneas, podría ocasionar la insatisfacción de sus clientes.

? ¿Cuál reloj tiene la hora más exacta, uno con agujas sin segundero o un reloj digital?



Para responder esta pregunta debemos distinguir la diferencia entre **exactitud** y **precisión**. Seguramente tenga mayor precisión el reloj digital con segundero, ya que el de las agujas tiene menor cantidad de información. Sin embargo, la exactitud depende de cumplir con un objetivo. En este ejemplo, si el objetivo fuera la hora del Big Ben, el reloj más exacto será el que tenga la hora más cercana al Big Ben, independientemente de la precisión de cada uno de ellos.

Veamos otro ejemplo para marcar la diferencia entre exactitud y precisión. Si tiramos dardos al blanco, la exactitud será cuando acertamos al centro del objetivo. Ahora bien, si todos los dardos están fuera del objetivo pero en una misma zona, se dice que fueron tiros consecutivos con bastante precisión.

Exactitud vs. Precisión



En ingeniería, ciencia, industria y estadística, exactitud y precisión no son equivalentes. Exactitud es la capacidad para acercarse al objetivo y precisión es la capacidad de realizar medidas similares que suelen medirse con la desviación estándar.

El DP y su equipo deben planificar el grado de exactitud y precisión que requieren los requisitos del proyecto.

? ¿Cuál es la diferencia entre un muestreo de **aceptación por atributos** o un muestro de **aceptación por variables**?

¿Qué es eso te preguntarán? Quienes trabajan en temas de gestión de calidad no necesitan seguir leyendo la explicación de este concepto básico. ☺

Muestreo de aceptación: inspección de una muestra de productos extraídos de un lote con el objetivo de aceptar o rechazar todo el lote. Tiene la ventaja de ahorrar costos al no tener que inspeccionar todos los productos de un lote. La desventaja es que se podrían aprobar productos defectuosos que no fueron revisados dentro del lote aprobado; o rechazar productos en buenas condiciones que estaban dentro de un lote rechazado.

Aceptación por atributos: se toma una muestra aleatoria del lote y a cada producto se califica como aceptado o defectuoso. Si el porcentaje de defectos supera el límite pre-establecido, todo el lote será rechazado.

Aceptación por variables: se toma una muestra aleatoria del lote y a cada producto se le mide una variable (peso, talla, etc.). Con las mediciones de la muestra se calcula la media y la desviación estándar. Luego, se compara esos valores con los límites de aceptación pre-definidos para aceptar o rechazar todo el lote.

Teorías de la calidad

No es objeto de este libro entrar en detalle sobre las teorías de la calidad. En este apartado se explicará sucintamente los aportes de los principales teóricos de la calidad: Deming, Juran, Ishikawa y Crosby.

Teóricos de la Calidad

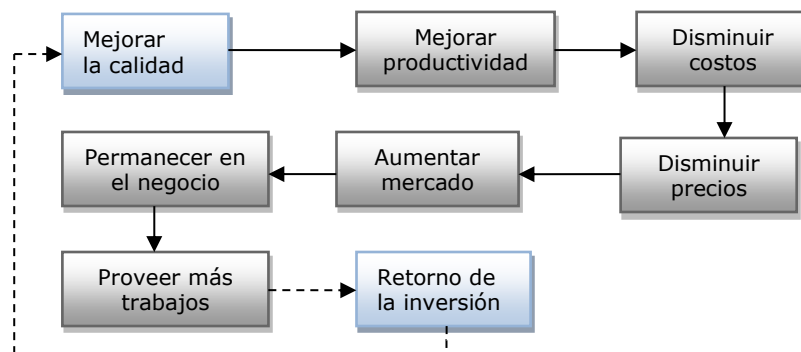
W. Edwards Deming (1900-1993)	
Joseph Moses Juran (1904-2008)	
Kaoru Ishikawa (1915-1989)	
Philip Crosby (1926-2001)	

Edwards Deming es uno de los pioneros en temas relacionados con la gestión de calidad. Sus tres conceptos más conocidos son:

- ✓ La reacción en cadena
- ✓ Los 14 pasos para la calidad total
- ✓ El ciclo de mejora continua "plan- do-check-act"

A continuación se resumen estos tres conceptos.

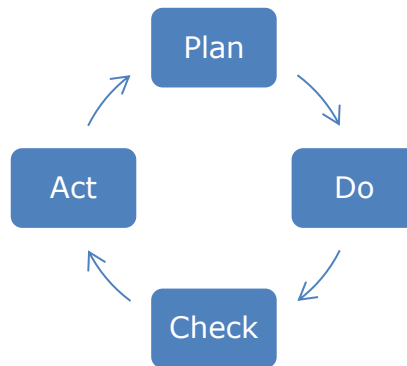
Reacción en cadena



14 pasos para alcanzar la gestión de la calidad total

1. Publicar la visión, misión y objetivos.
2. Aprender la nueva filosofía.
3. Entender el propósito de la inspección.
4. No asignar trabajos basándose solamente en el precio.
5. Mejora continua.
6. Capacitación.
7. Liderazgo.
8. Innovación.
9. Trabajo en equipo.
10. Eliminar exhortaciones al personal.
11. Eliminar metas numéricas arbitrarias para el personal.
12. Permitir al personal sentir orgullo por su trabajo.
13. Alentar la educación y el desarrollo personal.
14. Aceptar la responsabilidad y compromiso de la gerencia.

Mejora continua



Primero se planifica (plan) la calidad, luego se ejecuta (do) el proyecto, después se hace un monitoreo (check) y por último se controla (act) para corregir los desvíos. Este ciclo vuelve a repetirse con mejoras sucesivas.

Joseph Moses Juran es reconocido principalmente por lo siguiente:

- ✓ La trilogía de la calidad: 1º Planificar la calidad, 2º Controlar la calidad, 3º Mejorar la calidad.
- ✓ Hizo popular el principio de Vilfredo Pareto – 80/20.
- ✓ Hay que involucrar a la alta gerencia en la gestión de calidad.
- ✓ La calidad se cumple cuando un producto es “adecuado para el uso”.



Kaoru Ishikawa se concentró en las teorías estadísticas para el control de calidad y es reconocido por las 7 herramientas básicas de la calidad:

1. Diagrama causa-efecto: qué causa problemas.
2. Diagramas de flujo: lo que hay que hacer.
3. Hojas de verificación: recolecta y organiza los datos.
4. Histogramas: visión gráfica de las variaciones.
5. Diagrama de Pareto: ranking de problemas.
6. Diagramas de control: control de variaciones.
7. Diagrama de dispersión: relación entre variables.

Phillip Crosby fue un convencido de que la calidad debe ser comprendida por todos. Entre sus principales aportes se destacan:

- ✓ La calidad se define como "conformidad con los requisitos".
- ✓ El sistema para administrar la calidad requiere de la prevención en lugar de la inspección.
- ✓ Hay que definir estándares de desempeño que no dejan dudas. Por ejemplo, cero defectos.

La Guía del PMBOK® es compatible con las siguientes teorías relacionadas con la gestión de calidad:

- ✓ **Deming, Juran, Ishikawa, Cosby**
- ✓ **ISO** (Organization for Standardization)
- ✓ Costo de la calidad (**COQ**)
- ✓ Análisis de modos de fallo y efectos
- ✓ Revisiones del diseño
- ✓ Mejora continua:
 - Plan-Do-Check-Act
 - **TQM** (Total Quality Management)
 - **Six Sigma**
 - **Lean** Six Sigma

🗑 Six Sigma: reducir la variabilidad de los procesos que utiliza un rango de 6 desviaciones estándares, con el objetivo de obtener como máximo 3,4 defectos por millón de eventos.

- ✓ **Ágil**. Realizar revisiones de calidad en cada iteración para mantener la satisfacción del cliente a lo largo de todo el proyecto, buscando la mejora continua mediante la retrospectiva:
 - 1º Analizar la causa-raíz del problema
 - 2º Proponer soluciones con una prueba piloto
 - 3º Evaluar si el piloto funciona para su escalabilidad, ajustes o cancelación.

Tanto la dirección profesional de proyectos como la visión moderna de la gestión de calidad reconocen los siguientes principios básicos:

- ✓ Minimizar variaciones y proveer resultados para la **satisfacción del cliente**.
- ✓ El proyecto produce entregables conforme a los requisitos de los interesados, que son **aptos para el uso** y que satisfacen necesidades reales.
- ✓ Es preferible la **prevención** (mantener los errores fuera del proceso) en lugar de la inspección (mantener los errores fuera del alcance del cliente).
- ✓ La alta gerencia y/o patrocinador del proyecto, son los responsables de brindar los **recursos apropiados** para gestionar la calidad y alcanzar un proyecto exitoso.
- ✓ Mantener una relación ganar-ganar con los **proveedores** con alianzas de cooperación de largo plazo, comprendiendo las necesidades del cliente de manera conjunta.
- ✓ Considerar la calidad de manera **integral**. Por ejemplo, cumplir con los requisitos de calidad de un proyecto trabajando horas extras y desmotivando a los miembros del equipo, podría ocasionar riesgos en otras partes de la organización.
- ✓ Buscar la **mejora continua** en los procesos.



Procesos de gestión de calidad ²¹

Si bien en las grandes empresas existen departamentos destinados para la planificación, gestión y control de calidad del proyecto, el DP, aunque no sea un experto en estos temas, debe realizar las siguientes acciones:

- ✓ Recomendar mejoras en los procesos y políticas de calidad de la empresa
- ✓ Establecer métricas para medir la calidad
- ✓ Revisar la calidad antes de finalizar los entregables
- ✓ Evaluar el impacto en la calidad cada vez que cambia el alcance, tiempo, costo, recursos y riesgos
- ✓ Destinar tiempo para realizar mejoras de calidad
- ✓ Asegurar que se utilice el control integrado de cambios

En las siguientes secciones vamos a desarrollar los tres procesos de la gestión de calidad que se distribuyen entre los grupos de procesos de "planificación", "ejecución" y "control" como se presenta en la tabla a continuación.

Procesos de gestión de la Calidad

Inicio	Planificación	Ejecución	Control	Cierre
	Planificar la calidad	Gestionar la calidad	Controlar la calidad	

Los tres procesos de la gestión de calidad son:

1. **Planificar la gestión de calidad:** identificar los requisitos de la calidad de los entregables y definir métricas de calidad para evaluar cómo será el cumplimiento de la conformidad con el cliente.
2. **Gestionar la calidad:** realizar las actividades necesarias para cumplir con los requisitos de calidad del proyecto.
3. **Controlar la calidad:** supervisar que el proyecto esté dentro de los límites pre-establecidos para asegurar que los entregables cumplen con las expectativas del cliente.



²¹ Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Sixth Edition, Project Management Institute, Inc., 2017.



Ejercicio 8.1 – Procesos de gestión de calidad

En la Tabla a continuación coloque cada ítem en el proceso de gestión de calidad que corresponda: Planificar, Gestionar o Controlar.

Auditorías de calidad para evaluar si el proyecto cumple con las normas y procesos	
Balancear las necesidades de calidad con el resto de las restricciones del proyecto	
Buscar normas de calidad pre-existentes	
Crear el plan de mejoras del proceso	
Crear las métricas para poder evaluar el cumplimiento de calidad	
Crear normas de calidad	
Definir el trabajo necesario para alcanzar las normas de calidad	
Definir las listas de control de calidad	
Evaluar el desempeño del proyecto en relación a las normas de calidad	
Identificar las mejoras necesarias	
Inspección de los entregables	
Mejora continua	
Recomendar cambios y acciones correctivas	
Verificar la reparación de defectos	



Dedicar 5 minutos para completar la tabla



❓ Respuesta ejercicio 8.1

Auditorías de calidad para evaluar si el proyecto cumple con las normas y procesos	Gestionar
Balancear las necesidades de calidad con el resto de las restricciones del proyecto	Planificar
Buscar normas de calidad pre-existentes	Planificar
Crear el plan de mejoras del proceso	Planificar
Crear las métricas para poder evaluar el cumplimiento de calidad	Planificar
Crear normas de calidad	Planificar
Definir el trabajo necesario para alcanzar las normas de calidad	Planificar
Definir las listas de control de calidad	Planificar
Evaluar el desempeño del proyecto en relación a las normas de calidad	Controlar
Identificar las mejoras necesarias	Gestionar
Inspección de los entregables	Controlar
Mejora continua	Gestionar
Recomendar cambios y acciones correctivas	Gestionar y Controlar
Verificar la reparación de defectos	Controlar



Planificar la gestión de calidad

La calidad NO se incorpora al proyecto cuando se encuentra en marcha mediante procesos de inspección. Por el contrario, la calidad se planifica, se diseña y se incorpora antes de que comience la ejecución del proyecto.

Al momento de planificar la calidad es importante identificar las normas de calidad relevantes. Por ejemplo, las normas ISO 9000 sobre Gestión de Calidad podrían ser muy útiles para no re-inventar la rueda.

-  *Ejemplo de Normas*
1. *Escribir lo que hacemos*
 2. *Hacer lo que hemos escrito*
 3. *Registrar lo que hicimos*
 4. *Verificar*
 5. *Actuar sobre la diferencia (Mejorar)*

Durante la planificación de la calidad vamos a identificar los requisitos de calidad para los entregables y para el proyecto. Además, tendremos que definir cómo vamos a verificar que los requisitos cumplan con la calidad previamente acordada con los interesados.

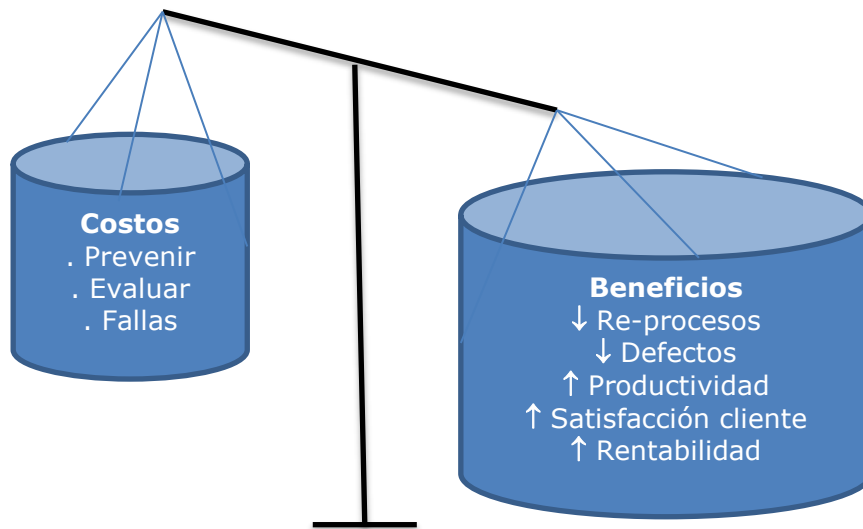
¿Qué necesitamos para empezar a planificar la gestión de calidad?

- ↓ Acta constitución: breve descripción del proyecto, características generales del producto, **criterios de éxito**, **objetivos medibles** y requisitos de aprobación.
- ↓ Planes: gestión de **requisitos**, línea base del **alcance**, gestión de riesgos, gestión de interesados.
- ↓ Documentos: requisitos y su **trazabilidad**, **interesados**, **riesgos**, supuestos, etc.

¿Qué herramientas podemos utilizar?

- **Estudios comparativos** (benchmarking): utilizar estudios realizados sobre proyectos similares para identificar buenas prácticas, planificar la calidad y definir métricas para medir la calidad.
- **Tormenta de ideas**: discutir con expertos ideas creativas que ayuden a elaborar el plan de gestión de la calidad.
- **Entrevistas**: conocer las necesidades y expectativas de los interesados claves del proyecto, para planificar la calidad.
- **Análisis costo-beneficio**: evaluar si los costos de invertir en calidad (prevenir, evaluar, fallas) superan a los beneficios (menos re-procesos, menos defectos, mayor productividad, mayor satisfacción del cliente y mayor rentabilidad).

Análisis costo-beneficio de la calidad



➤ **Costo de la calidad** (COQ: cost of quality): considerar los costos de la calidad al momento de planificar la gestión de la calidad.

En la tabla a continuación se resumen los costos de la calidad:

COSTOS	Tipo	Inversión o costo
De Conformidad o cumplimiento	1. Prevenir incumplimientos	<i>Hacerlo bien desde la primera vez</i> Políticas y procesos Mantenimiento Capacitación Estudios Equipamiento
	2. Evaluar conformidad del producto	<i>Mantener la calidad bajo control</i> Pruebas Auditorías Supervisión Vigilancia Control Inspección Pruebas destructivas
De Falla o no cumplimiento	3. Fallas internas	<i>Reparar defectos antes que lleguen al cliente</i> Re-procesos y acciones correctivas Trabajar con exceso de inventarios Menor productividad
	4. Fallas externas (Costos de no conformidad)	<i>Reparar defectos detectados por el cliente</i> Multas, garantías, devoluciones Demandas legales Descuentos Pérdida de ventas Insatisfacción del cliente

? ¿Cuáles costos son mayores, los de conformidad o los de falla?

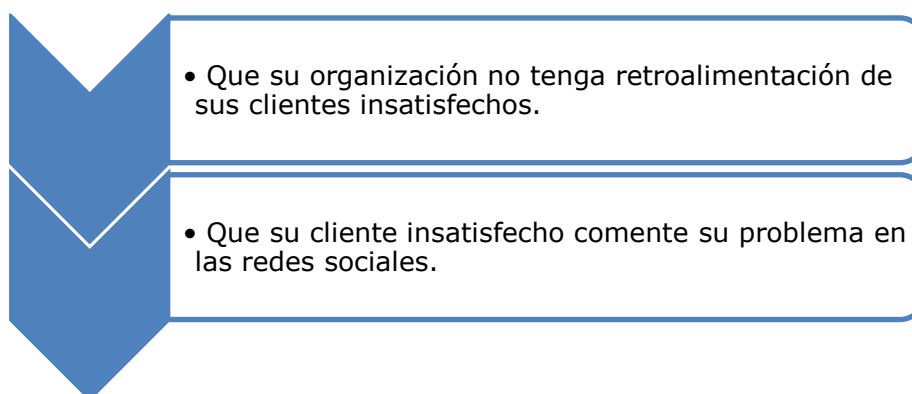
Respuesta: los de falla, sino para que dedicar tiempo y recursos a las mejoras de calidad.

Aquellas organizaciones con enfoques reactivos en temas relacionados con la gestión de calidad, donde resuelven los problemas una vez que ocurren, podrían gastar más en costos de falla que en prevención.

Enfoque reactivo – Ejemplo de gastos (\$)

Prevención	5%
Evaluación	15%
Fallas internas y externas	80%
TOTAL	100%

Ejemplos de Costos de falla



 *Trabajar en reducir los costos de falla en la etapa de planificación del proyecto es muy rentable. ¡Es preferible PREVENIR que curar!*

Las organizaciones deberían trabajar con un enfoque pro-activo para la gestión de calidad, donde la prevención sea más importante que la inspección.

Reactivo vs. Proactivo - Ejemplo de gastos (\$)

	Reactivo	Proactivo
Prevención	5%	70%
Evaluación	15%	15%
Fallas internas y externas	80%	15%
TOTAL	100%	100%

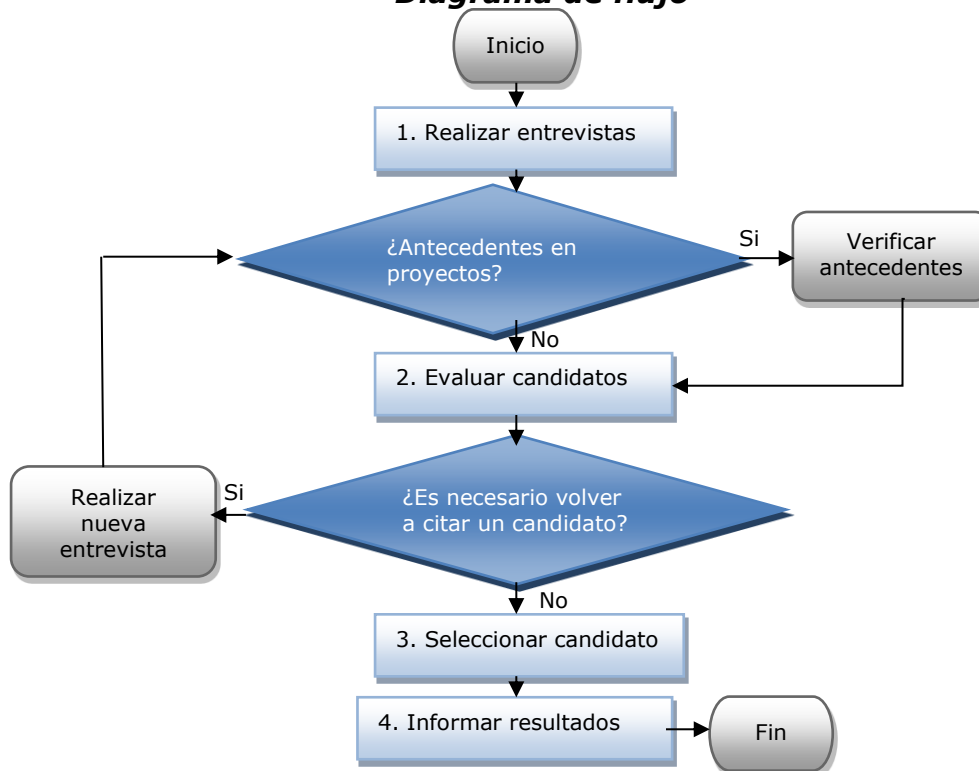
Las inversiones sobre el costo de calidad que se realicen durante el ciclo de vida del proyecto, tendrán impactos en el ciclo de vida del producto una vez finalizado el proyecto. Por lo tanto, las decisiones sobre costos de la calidad lo podrían tomar los responsables del portafolio, PMO u operaciones de la organización; en lugar del DP.

- **Diagrama de flujo** (o Flujograma): utiliza símbolos para describir los pasos de un proceso y las acciones que se deben realizar en cada paso. Se pueden utilizar para estimar el costo de la calidad de un proceso, para mejorar procesos, para identificar lugares de potenciales defectos, etc.

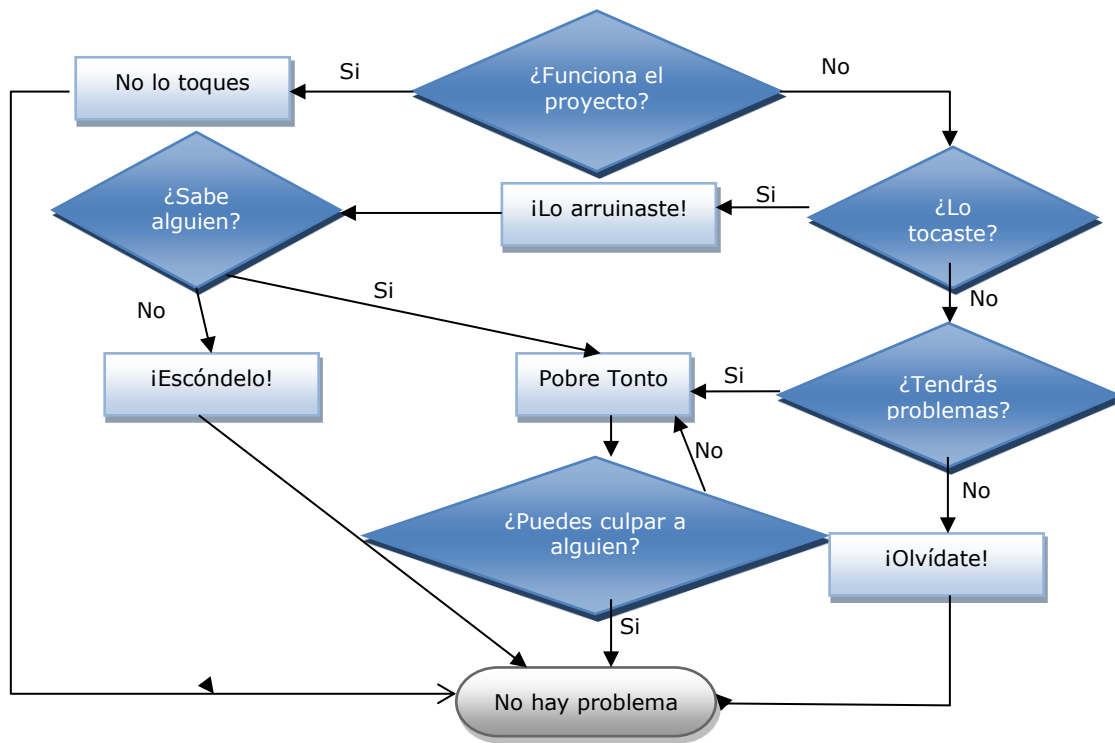
Símbolos ANSI para el diagrama de flujo

	Proceso o actividad. Función que desempeña la persona.
	Proceso alternativo.
	Decisión o alternativa.
	Datos. Se generan y alimentan en el proceso.
	Documento.
	Iniciador o terminador.
	Conector. Enlace de una parte del diagrama con la otra.
	Línea de comunicación. Transmite información de un lugar a otro.

Diagrama de flujo



☺ **Flujo broma**



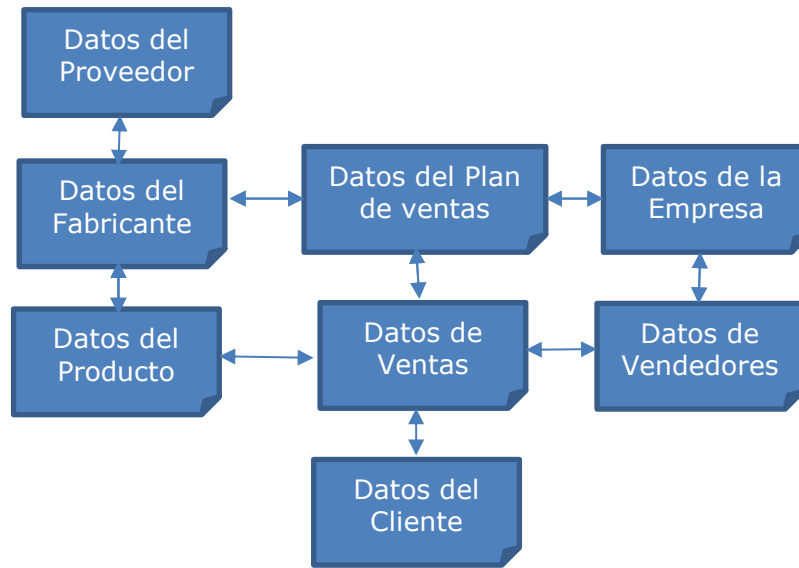
Un tipo de diagrama de flujo es el modelo **SIPOC** (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers), donde se resumen las entradas y salidas de los procesos en formato de tabla.

SIPOC – Ejemplo para reparar un automóvil

Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Dueño del vehículo	. Solicitud de reparación . Vehículo roto . Repuestos	. Diagnosticar problema . Preparar materiales . Reparar vehículo . Informar reparación	. Vehículo reparado . Entrega de vehículo	. Mecánico . Servicio de atención al cliente

➤ **Modelo lógico de datos** (o Modelo de dominio): descripción gráfica del negocio que servirá para detectar dónde podrían aparecer problemas de calidad.

Modelo lógico de datos - Ejemplo



- **Diagrama de Matriz:** relaciones entre distintos factores, causas, objetivos, etc., que servirán para identificar las principales métricas de calidad. A continuación se presentan ejemplos de los formatos más utilizados: **L**, **T**, **Y**, **C**, **X**, **Techo**.

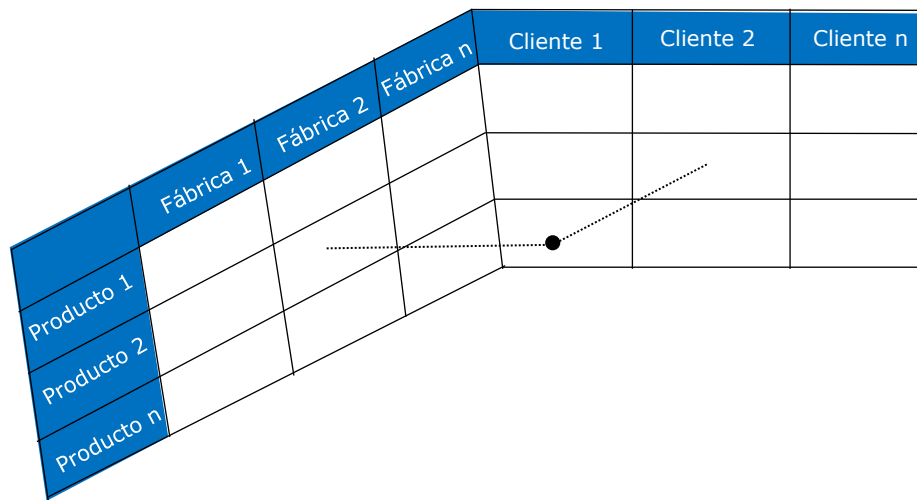
Matriz L

Requisitos	Interesado 1	Interesado 2	Interesado 3
Capacidad	+ 5 TB	+ 20 TB	+ 50 TB
Usuarios simultáneos	5 a 10	2 a 30	+ 20
Compatible con Mac		✓	
Acceso of-line	✓		
Back up diario	✓	✓	✓

Matriz T

Fábrica 1	●	●	●
Fábrica 2		●	
Fábrica n	○		○
● Alta producción / ventas ○ Baja producción / ventas	Producto 1	Producto 2	Producto N
Cliente 1		●	
Cliente 2	●	○	○
Cliente n	○	○	

Matriz C

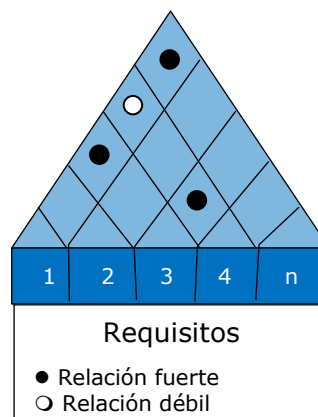


Nota: La matriz C se utiliza con software de 3D. Aquí se intentó mostrar manualmente la relación entre el producto 2, la fábrica 2 y el cliente 2.

Matriz X

	●		Fábrica 1	●	●	●
●			Fábrica 2		●	
		○	Fábrica n	○		○
Región 1	Región 2	Región N	● Alta producción / ventas ○ Baja producción / ventas	Producto 1	Producto 2	Producto N
○	○	○	Cliente 1		●	
	●	○	Cliente 2	●	○	○
●			Cliente n	○	○	

Matriz formato de Techo



- **Mapeo mental:** relaciones sobre un único concepto de calidad en relación a requisitos, restricciones, dependencias, relaciones, etc.



- **Planificación de pruebas e inspecciones:** cómo se realizarán las pruebas e inspecciones al producto para cumplir con los objetivos de rendimiento y fiabilidad.

¿Qué obtenemos al final del proceso?

➤ **Plan de gestión de la calidad**

- ¿Cuáles serán los estándares y objetivos de la calidad?
- ¿Cuáles serán las actividades y recursos necesarios para cumplir con los objetivos de calidad del producto y proyecto?
- ¿Quiénes serán los responsables de gestionar la calidad?
- ¿Cuáles entregables estarán sujetos a revisiones de calidad?
- ¿Cómo se realizarán los controles de calidad?
- ¿Qué herramientas se utilizarán para gestionar y controlar la calidad?
- ¿Cómo se gestionará con el cliente las no conformidades?

- **Métricas de la calidad:** parámetros objetivos que se utilizarán para verificar la conformidad de los atributos de los entregables. Por ejemplo, % de tareas completadas en tiempo y forma, % fallas, encuestas de satisfacción, etc.

Resumiendo

↓ Criterios de éxito ↓ Requisitos	➤ Costo de la calidad	➤ Plan calidad ➤ Métricas
---	------------------------------	---

Gestionar la calidad

Gestionar la calidad consiste en realizar las actividades, según el plan de gestión de calidad, para cumplir con los objetivos de calidad de los entregables del proyecto. En este proceso, también identificaremos aquellos procesos inefectivos que deberían ser mejorados.

La gestión de la calidad incluye las actividades relacionadas con el aseguramiento de la calidad.

	Gestionar la calidad	Aseguramiento
	Diseñar guías para desarrollar el producto y mejorar los procesos.	Asegurar que se estén utilizando de manera eficiente los procesos del proyecto definidos en el plan de la calidad.
	Invertir en costos de prevención y evaluación.	
	Confirmar que se cumplan los objetivos de la calidad.	Asegurar que los interesados cubran sus necesidades, expectativas y requisitos de la calidad.
	Mejora continua.	

Los principales responsables de gestionar la calidad del proyecto son el DP, Patrocinador, Alta Gerencia y el Cliente. En metodologías ágiles, todos los miembros del equipo son responsables de la gestión de calidad en cada una de las iteraciones del proyecto.

¿Qué necesitamos para empezar a gestionar la calidad?

↓ **Plan de gestión de calidad**

↓ Documentos: **métricas de la calidad**, **medidas** de control de calidad (calidad actual vs estándar), reportes de riesgos, lecciones aprendidas.

¿Qué herramientas podemos utilizar?

➤ **Lista de verificación (Checklist):** revisar que se estén cumpliendo con los requisitos de calidad.

Lista de verificación

Entregable	Criterio de aceptación	Validación	Chequeo
Caldera	Altura 1,20m + - 5cm	Huinchas	✓
Presión	120 lbs	Manómetro – 2hs	
Software	Funcionando	Auditor	
Capacitación	Implementar conocimientos	Cuestionario	

- **Análisis de Documentación:** revisar los reportes que se producen durante el control de calidad. Por ejemplo: reportes sobre la calidad, pruebas desempeño del producto, variaciones, etc. Aquellos ítems fuera de control, seguramente requerirán de acciones correctivas.
- **Análisis del proceso:** examinar potenciales problemas, restricciones y actividades que no agregan valor al proceso, para identificar oportunidades de mejora.

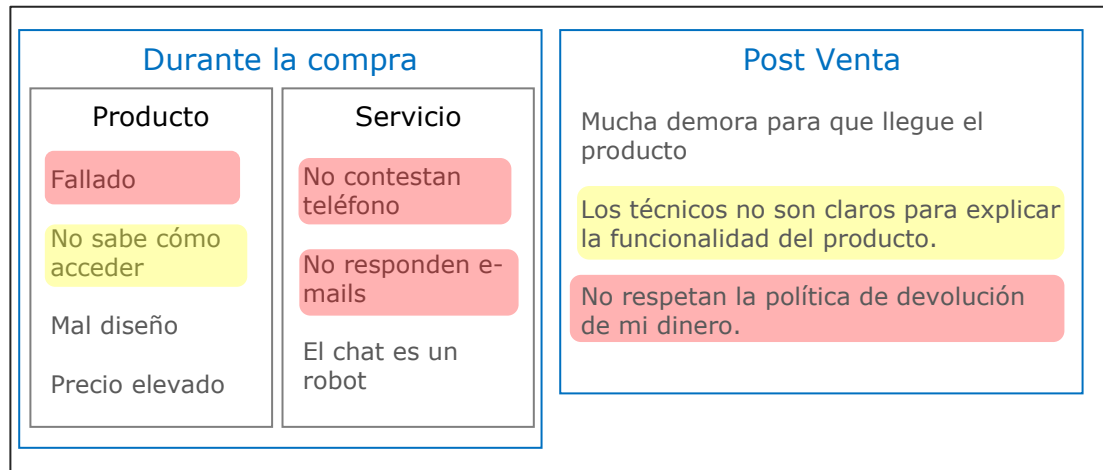
Cuando el proyecto tiene procesos repetibles se hacen revisiones periódicas a los fines de seguir un proceso de mejora continua. Por ejemplo, planificar la revisión del proceso de instalación de 100 software cada 10 computadoras.

- **Análisis causa-raíz:** investigar las razones que causan las variaciones, riesgos o defectos, con el objetivo de solucionar los problemas.

 *Remover causas de los problemas = Chau problemas!*

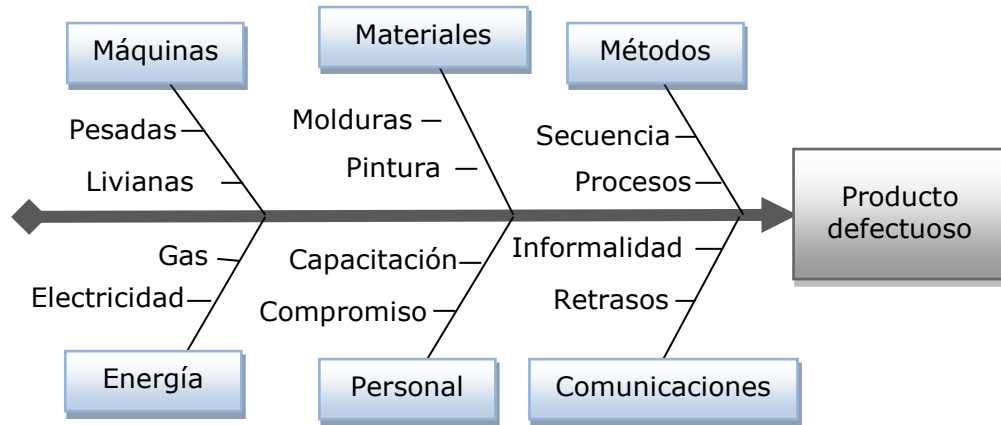
- **Diagramas de afinidad:** organizar las causas potenciales de los defectos por grupos de afinidad, priorizando aquellos grupos que requieren mayor atención.

Diagrama de afinidad - Queja de cliente



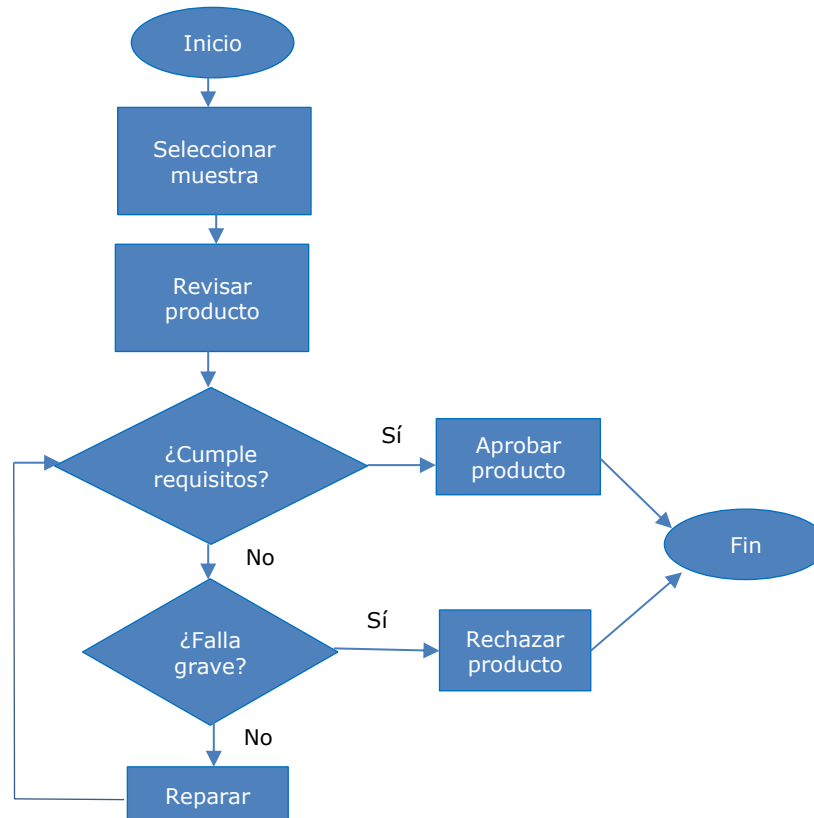
- **Diagramas de causa-efecto (Ishikawa o espina de pescado):** identifica en forma esquemática las causas de los problemas. Sirve para estimular ideas y generar discusión para resolver los problemas.

Diagrama causa efecto

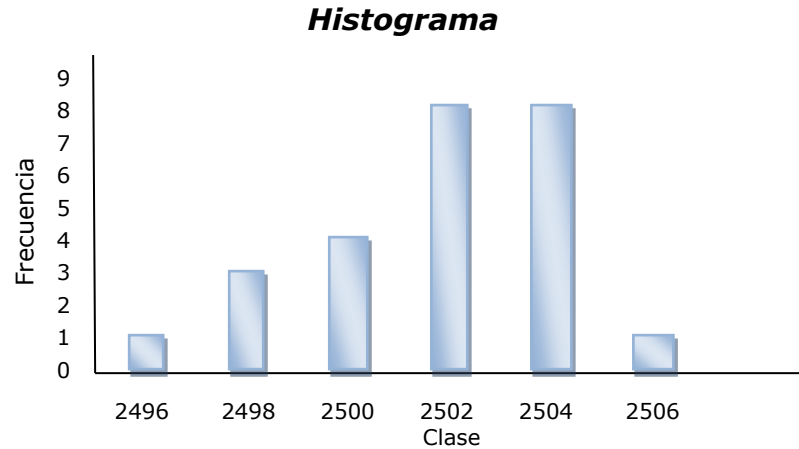


- **Diagrama de flujo (o Flujograma):** esquema con los pasos para gestionar problemas o detectar defectos.

Diagrama de flujo - Fallas



- **Histograma:** se representa gráficamente la distribución de frecuencias agrupadas en distintas clases o categorías. Por ejemplo, en el gráfico a continuación se observa que la mayoría de los productos tienen entre 2502 y 2504 milímetros.



Cuando la muestra de datos es grande, el histograma suele tener una distribución normal estándar.

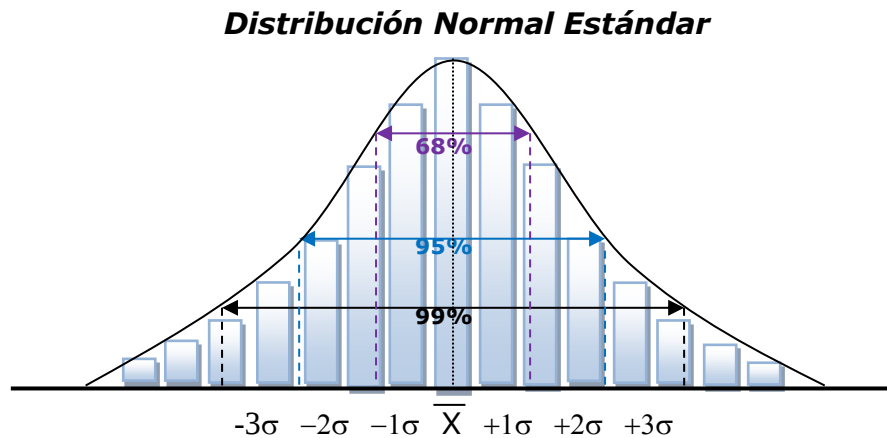


Diagrama de Pareto: se representa la distribución de frecuencias en un histograma con las causas de las fallas del producto. La utilidad de esta herramienta es que se pueden detectar fácilmente cuáles son los factores más importantes que están originando las fallas. En otras palabras, permite separar los “pocos críticos” de los “muchos no críticos”.

🔗 **Ley de Pareto** o Principio 80/20:

El 80% de los problemas se debe al 20% de las causas



Ejercicio 8.2 – Diagrama de Pareto

En la empresa Cierro Todo se han registrado las causas que han originado las últimas 40 puertas falladas, como se presenta en las tablas a continuación.

Puerta	Causa	Código
1	Insumo B	6
2	Taladro	3
3	Madera	2
4	Taladro	3
5	Taladro	3
6	Electricidad	1
7	Taladro	3
8	Madera	2
9	Madera	2
10	Madera	2
11	Taladro	3
12	Insumo C	6
13	Taladro	3
14	Taladro	3
15	Insumo E	6
16	Taladro	3
17	Taladro	3
18	Negligencia	5
19	Taladro	3
20	Taladro	3

Puerta	Causa	Código
21	Taladro	3
22	Insumo D	6
23	Taladro	3
24	Madera	2
25	Taladro	3
26	Madera	2
27	Taladro	3
28	Lija	4
29	Taladro	3
30	Madera	2
31	Taladro	3
32	Madera	2
33	Taladro	3
34	Taladro	3
35	Madera	2
36	Taladro	3
37	Insumo A	6
38	Madera	2
39	Taladro	3
40	Madera	2

Represente gráficamente el principio de Pareto 80/20.

Ayuda con Excel: Datos / Análisis de datos / Histograma

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Puerta	Código	Clases					
2	1	6	1					
3	2	3	2					
4	3	2	3					
5	4	3	4					
6	5	3	5					
7	6	1	6					
8	7	3						
9	8	2						
10	9	2						
11	10	2						
12	11	3						
13	12	6						
14	13	3						
15	14	3						
16	15	6						

Histograma ? X

Entrada

Rango de entrada:

Rango de clases:

☐ Bótolos

Opciones de salida

☐ Rango de salida:

☒ En una hoja nueva:

☐ En un libro nuevo

☒ Pareto (Histograma ordenado)

☒ Porcentaje acumulado

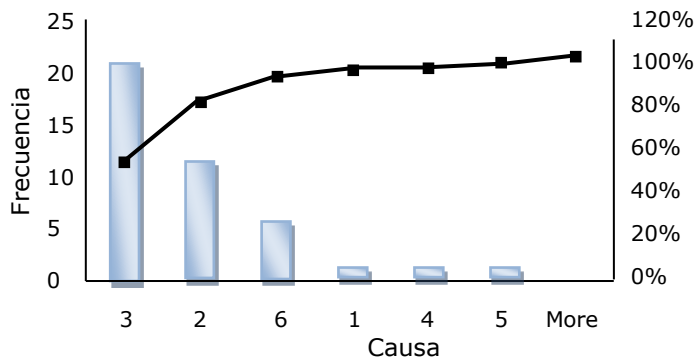
☒ Crear gráfico

Aceptar Cancelar Ayuda

Respuesta ejercicio 8.2

Causa	Frecuencia	% Acumulado	Causa	Frecuencia	% Acumulado
1	1	2.5%	3	21	52.5%
2	11	30.0%	2	11	80.0%
3	21	82.5%	6	5	92.5%
4	1	85.0%	1	1	95.0%
5	1	87.5%	4	1	97.5%
6	5	100.0%	5	1	100.0%
More	0	100.0%	More	0	100.0%

Histograma

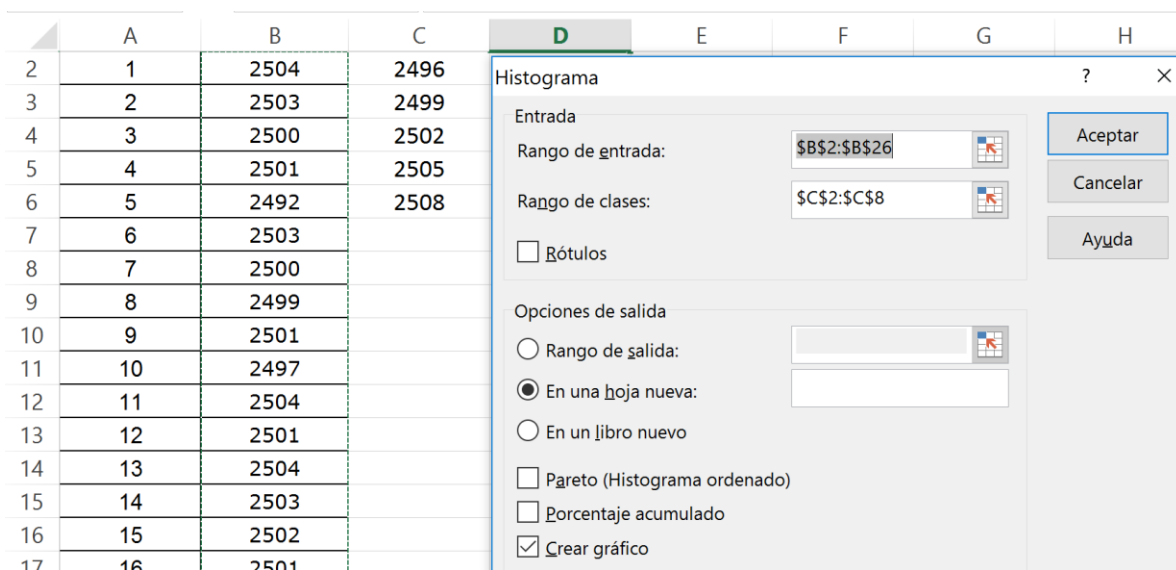


Los problemas "3" y "2" explican el 80% de las puertas con fallas.

Ejercicio 8.3 – Histograma

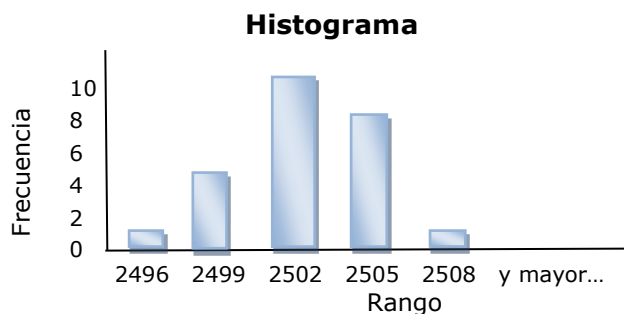
Según los datos de la empresa Cierro Todo, grafica un histograma con la distribución de las variables. ¿A qué distribución de frecuencias se parece?

Pasos con Excel: 1º. Habilitar complementos "Análisis de datos", 2º. Datos / Análisis de datos; 3º. Histograma; 4º. Clic sólo en "Crear gráfico".

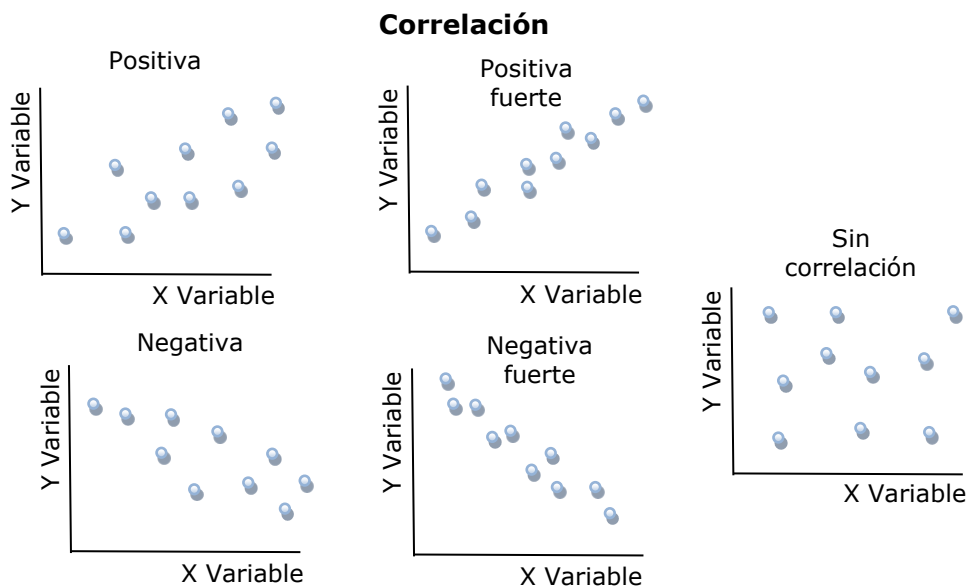
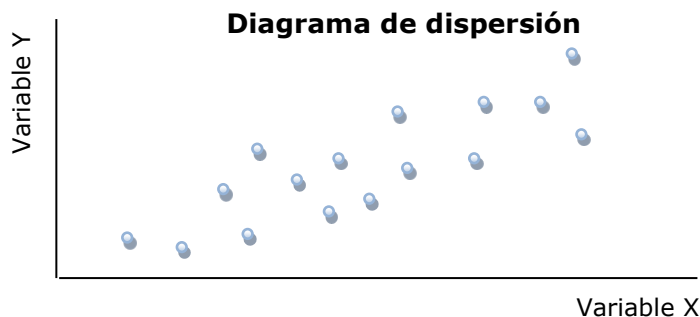


❓ Respuesta ejercicio 8.3

Como se puede observar en el histograma, la distribución de frecuencias de las muestras de la empresa se asemeja a una normal estándar.



- **Diagramas de matriz:** relación entre distintos factores, causas, objetivos, etc. Formatos: L, T, Y, C, X, Techo.
- **Diagrama de dispersión:** muestra la relación entre dos variables. Mientras más próximos estén los datos sobre una diagonal, mayor será la correlación entre las variables.





Ejercicio 8.4 – Diagrama de dispersión

Usted está preocupado por las quejas de sus clientes por recibir puertas falladas y decide investigar qué factores tienen relación con las fallas.

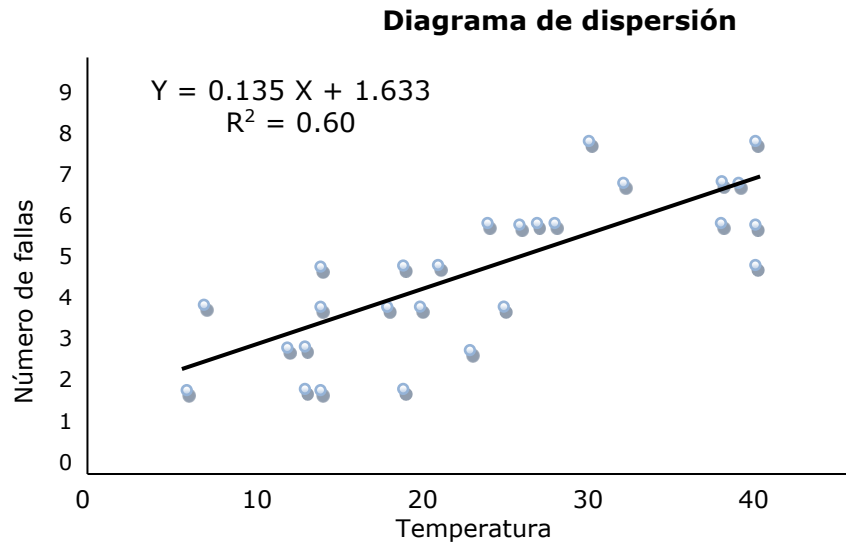
Intuitivamente su equipo sospecha que los días muy calurosos son causa de fallas. Usted toma una muestra al azar de 30 días de producción. Luego, averigua cuántas puertas de las producidas durante ese día tuvieron alguna falla, con base en el registro de quejas de sus clientes. Por último, utiliza los registros meteorológicos del gobierno para saber la temperatura de cada día.

Observación	Temperatura	# puertas falladas	Observación	Temperatura	# puertas falladas
1	21	5	16	14	4
2	18	4	17	30	8
3	12	3	18	25	4
4	19	2	19	28	6
5	24	6	20	26	6
6	7	4	21	40	8
7	14	2	22	20	4
8	40	5	23	6	2
9	38	6	24	13	3
10	20	4	25	14	5
11	19	5	26	23	3
12	27	6	27	39	7
13	38	7	28	21	5
14	28	6	29	13	2
15	32	7	30	40	6

¿Existe alguna relación entre temperatura y fallas?

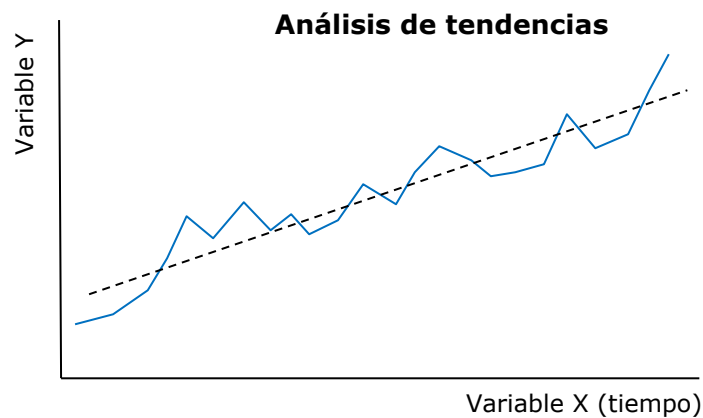


❖ Respuesta ejercicio 8.4



El coeficiente de correlación R^2 de Pearson asciende a 0,60, lo que indica que el 60% de las fallas se puede explicar por la temperatura.

En los diagramas de dispersión también se puede evaluar la tendencia de una variable a través del tiempo. En estos **diagramas de comportamiento** se utiliza información histórica para estudiar la evolución de una variable a través del tiempo. Este diagrama puede mostrar tendencias, variaciones o cambios en procesos a través del tiempo. Por ejemplo, con el análisis de tendencias se puede pronosticar resultados futuros sobre la base de datos históricos.



**Ejercicio 8.5 – Diagrama de comportamiento**

En la Tabla a continuación observamos las cantidades de puertas estilo "Portazo" que ha vendido Cierro Todo en los últimos 24 meses.

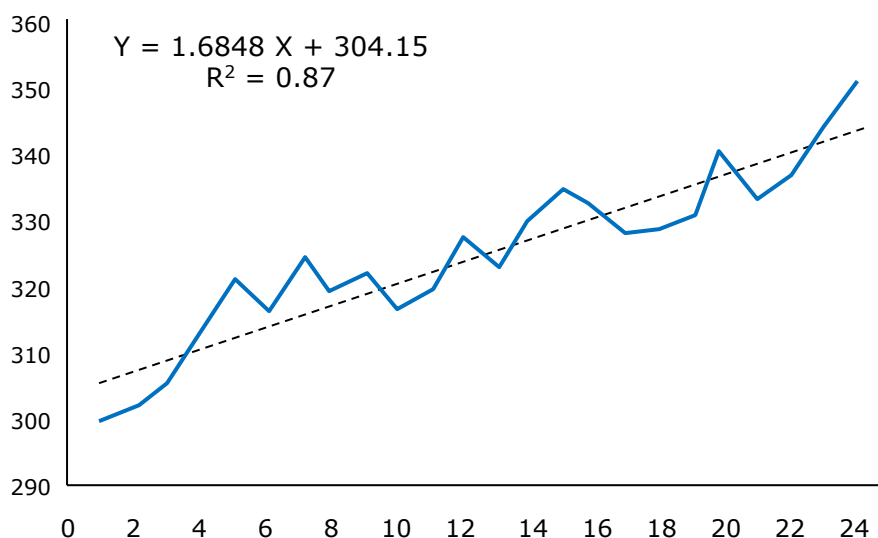
Mes	Ventas
1	300
2	302
3	306
4	312
5	321
6	317
7	324
8	319
9	321
10	317
11	320
12	327
13	324
14	330
15	335
16	333
17	329
18	329
19	331
20	340
21	334
22	337
23	345
24	352

¿Cuál sería la cantidad de "Portazos" que podrían venderse el mes próximo?



❖ Respuesta ejercicio 8.5

En el gráfico a continuación se presenta la ecuación de la recta que toma la información histórica con base en el método de los mínimos cuadrados ordinarios, como fue explicado en el capítulo de gestión de tiempos.



La incógnita x , mes próximo, corresponde al valor 25. Reemplazando este valor en la ecuación, obtenemos el siguiente resultado:

$$Y = 1,6484 \times 25 + 304,1 = 345,3$$

O sea, el mes próximo (25) se estiman vender 345 puertas.

➤ **Auditorías de la calidad:** auditores externos al proyecto revisan si las actividades cumplen con las políticas, procesos y procedimientos de calidad. Algunas de las actividades que se llevan a cabo durante las auditorías son:

- ✓ Investigar si están siendo efectivos y eficientes los procesos actuales
- ✓ Identificar y compartir buenas prácticas
- ✓ Brindar asistencia de manera proactiva para mejorar los procesos
- ✓ Recopilar lecciones aprendidas sobre las mejoras de procesos
- ✓ Confirmar la implementación de los cambios aprobados



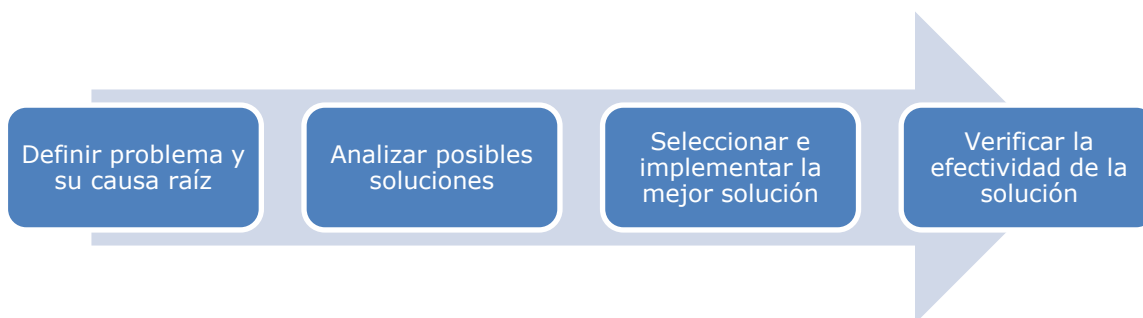
➤ **Diseño para X (DfX):** conjunto de guías prácticas para el diseño de productos. Al especificar el principal objetivo de diseño de un producto, se podrán controlar o mejorar sus características según las necesidades del cliente. Si bien se suele utilizar la X como “eXcelencia”, la variable X podría ser: ensamble, logística, fabricación, confiabilidad, servicio, seguridad, costo, etc.

- **Diseño para ensamble:** diseñar el producto de tal forma que las piezas sean fáciles de montar entre sí y no se puedan cometer errores al colocar piezas en diferente orden o lugar. Por ejemplo, muebles para armar en domicilios particulares.
- **Diseño para logística:** el bien debe ser apto para traslado. Por ejemplo, tamaño y peso del embalaje de un producto para que sea fácil de maniobrar por empresas de transporte.
- **Diseño para fabricación:** el diseño de un bien permite que luego sea fácil de fabricar. Por ejemplo, componentes eléctricos de un teléfono celular.
- **Diseño para confiabilidad:** el bien es diseñado para funcionar correctamente por cierto periodo de tiempo. Por ejemplo, una computadora que dure 5 años.
- **Diseño para servicio:** los componentes del bien pueden ser reemplazados fácilmente y por un bajo costo. Por ejemplo, componentes de una heladera en caso que se rompa.
- **Diseño para costo:** utilizar materiales, maquinarias y procesos que permitan minimizar el costo de producción. Este criterio, se suele utilizar junto a los otros diseños para asegurar que el costo de producción sea menor al precio de venta de ese producto.

✍ *Los materiales baratos implican bajos costos, pero también baja confiabilidad.*

➤ **Resolución de conflictos:** resolver los problemas de calidad de los procesos o entregables reportados durante el control de la calidad.

Pasos para la resolución de conflictos



➤ **Métodos de mejora de la calidad:** analizar y evaluar oportunidades de mejora. Por ejemplo, Plan-Do-Check-Act, Six Sigma, etc.

✍ *No podemos hacer el trabajo de hoy, con métodos de ayer y permanecer en el negocio mañana.*

Existen dos grandes enfoques sobre **mejora continua**:

1. Mejoramiento o **Kaizen**: muchas pequeñas mejoras
2. Innovación o **Kairyo**: una gran mejora

Mejora continua – Enfoques

Mejoramiento	Innovación
Kaizen 改善	Kairyo 改良
Muchas mejoras pequeñas	Una gran mejora
Re-ingeniería de recursos humanos	Re-ingeniería de procesos
Poca inversión	Gran inversión
Alto mantenimiento	Bajo mantenimiento
Involucra a todos	Involucra a los “elegidos”
Experiencia convencional más ciclo plan-do-check-act	Innovación tecnológica u organizacional

✍ *Regla nemotécnica:*

	
zen con e de “escalera”	ryo con y de “ynnovación”

Mejora continua - Etapas



¿Qué obtenemos al final del proceso?

➤ **Reportes de la calidad**

- ✓ Problemas sobre la calidad que informan los miembros del equipo
- ✓ Recomendaciones de mejoras en los procesos
- ✓ Mejoras realizadas en los entregables
- ✓ Recomendaciones de acciones correctivas o preventivas (ej. re-trabajos, reparaciones, incrementar las inspecciones, etc.)

➤ **Documentos sobre pruebas y evaluación.** Por ejemplo, podría incluir listas de verificación con el estado de cada entregable.

Entregable	Criterio de aceptación	Validación	Estado
Caldera	Altura 1,20m + - 5cm	Huinchas	Rechazado. Altura 1,26cm
Presión	120 lbs	Manómetro	Aprobado. 120lbs.
Software	Funcionando	Auditor	No ha comenzado
Capacitación	Implementar conocimientos	Cuestionario	Recopilando datos

➤ **Solicitudes de cambio**

Resumiendo

➤ Plan gestión calidad ➤ Métricas ➤ Medidas (mediciones)	➤ Análisis de datos ➤ Auditorías ➤ Mejora continua	➤ Reportes de la calidad ➤ Pruebas y evaluación
--	--	--



Controlar la Calidad

Durante el proceso de controlar la calidad se monitorean y supervisan los resultados de la gestión de la calidad.

Algunas acciones que se llevan a cabo para controlar la calidad del proyecto son:

- ✓ Monitorear que los entregables del proyecto estén dentro de los límites de calidad pre-establecidos y las normas de calidad.
- ✓ Recomendar cómo corregir los desvíos entre la calidad planificada y las mediciones actuales.
- ✓ Recomendar medidas preventivas para evitar errores en el proceso.
- ✓ Recomendar acciones correctivas para eliminar la causa-raíz del problema.
- ✓ Llevar a cabo inspecciones para evitar que los errores lleguen al cliente.
- ✓ Asegurar que los entregables estén completos, sean correctos, sirvan para su uso y cumplan con las expectativas del cliente.

¿Qué necesitamos para empezar a controlar la calidad?

- ↓ Plan de gestión de calidad
- ↓ Documentos: [métricas](#) de la calidad, [pruebas y evaluación](#), lecciones aprendidas
- ↓ [Solicitudes de cambio aprobadas](#)
- ↓ [Entregables](#)
- ↓ [Datos de desempeño](#): observaciones, mediciones, indicadores, etc.

¿Qué herramientas podemos utilizar?

- **Listas de verificación (check-list)**

Listas de verificación – Ejemplo control de calidad

Producto		Empaque		Pruebas	
Peso	✓	Peso	✓	Código barras	✓
Dimensiones	✓	Dimensiones	✓	Caída de paquete	✓
Terminaciones	✓	Etiquetas	✓	Humedad	✓
Color	✓	Embalaje	✓	Funcionalidad	✓

- **Hojas de verificación (check-sheets):** registrar anotaciones para recopilar y organizar los datos. Se suele utilizar durante las inspecciones para detectar errores.

Hoja de verificación - ejemplo

Problema	# Fallas en maquinarias					Total
	Pesadas			Livianas		
	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4	Máquina 5	
A - Corte energía	18	21	22	23	30	114
B - Falta materiales	7	6	5	8	9	35
C - Error humano	12	11	24	17	15	79
D - Otros	14	13	8	5	2	42
Total	51	51	59	53	56	
	161			109		270

- **Muestreo estadístico:** seleccionar parte de una población para su análisis. Se utiliza para reducir los costos de control de calidad en relación a tener que investigar toda la población. Por ejemplo, seleccionar aleatoriamente 30 productos fabricados para controlar la calidad sobre un total de 200 productos.

✎ *Eventos mutuamente excluyentes:*

La probabilidad de ocurrencia de un evento no está relacionada con otro evento. Por ejemplo, al tirar la moneda existe un 50% de probabilidad de que salga "cara" cada vez que se tira, en forma independiente de los resultados previos.

✎ *Eventos estadísticamente dependientes:*

La probabilidad de ocurrencia de un evento afecta la probabilidad de ocurrencia del próximo evento. Por ejemplo, jugar al Bingo, donde la probabilidad de que salga un número aumenta a medida que ya salieron otros números.

- **Cuestionarios y encuestas:** se suelen utilizar para conocer los niveles de satisfacción del cliente.
- **Revisiones del desempeño:** comparar las métricas de calidad vs los resultados actuales del proyecto.
- **Análisis de la causa-raíz:** identificar la fuente de las fallas de calidad.

➤ **Inspección:** revisiones a un producto para evaluar si cumple con las normas o para validar la reparación de defectos.

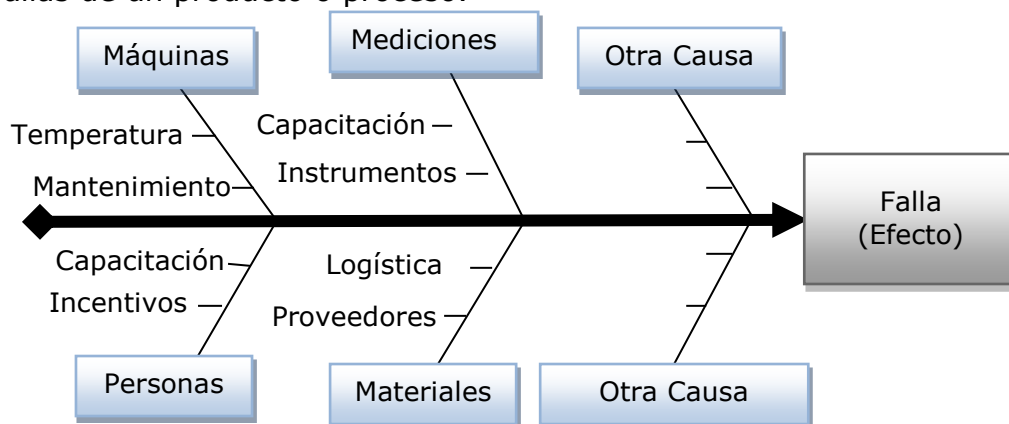
Las **fallas** se suelen clasificar en menores, mayores o críticas.

- Menores: no afectan la funcionalidad del producto; seguramente el cliente no devolverá el producto. Si la cantidad de fallas menores durante la inspección de un lote superan el límite pre-establecido, será causal de rechazo de todo el lote.
- Mayores: afectan la funcionalidad del producto; seguramente el cliente devolverá el producto. Productos con fallas mayores deberían ser rechazados durante la inspección.
- Críticas: el producto es inutilizable y podría causar un daño al usuario final. Por ejemplo, un juguete tóxico. Una sola falla crítica, será causal de rechazo de todo un lote y una profunda investigación de toda la población.

➤ **Pruebas y evaluación del producto:** detectar errores y defectos a través de pruebas. A continuación se presentan algunos ejemplos de diferentes industrias.

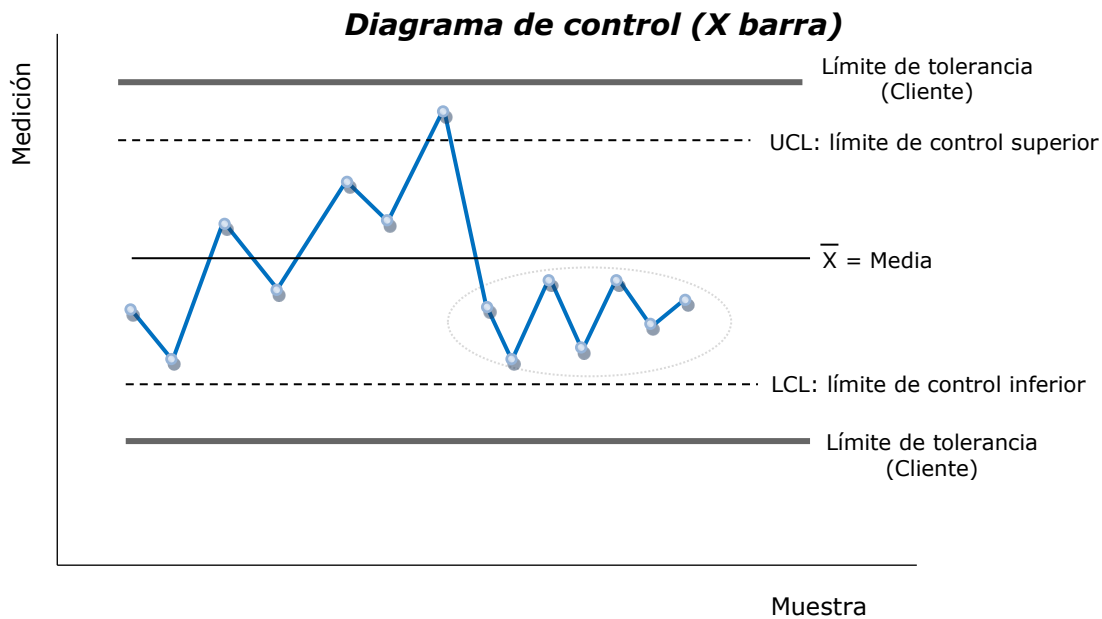
- ✓ *Automotriz:* pruebas de choques a alta velocidad para evaluar la resistencia y daños de un vehículo.
- ✓ *Construcción:* pruebas de demolición para analizar la dureza del cemento.
- ✓ *Hardware:* pruebas de quemado donde se expone el hardware a altos niveles de temperatura y/o voltaje para evaluar hasta cuánto puede resistir sin dañarse.
- ✓ *Software:* pruebas de caja negra (un usuario externo prueba la funcionalidad del software) y caja blanca (un desarrollador interno con conocimientos de ese software prueba la funcionalidad).

➤ **Diagramas causa-efecto:** gráfico con los efectos que producen las fallas de un producto o proceso.



- **Diagrama de control:** se utiliza para evaluar el comportamiento del proceso a través del tiempo. El cliente fija **límites de tolerancia** (o especificación) y dentro del proyecto se determinan los **límites de control**. Por ejemplo, se firma con el cliente un contrato que permite un máximo de 2% de productos defectuosos y el equipo de proyecto determina que si un lote tiene más de 1% de productos defectuosos eso está fuera de control.

🚫 **Regla de los siete:** el proceso está fuera de control cuando hay siete mediciones consecutivas por encima o por debajo del promedio.

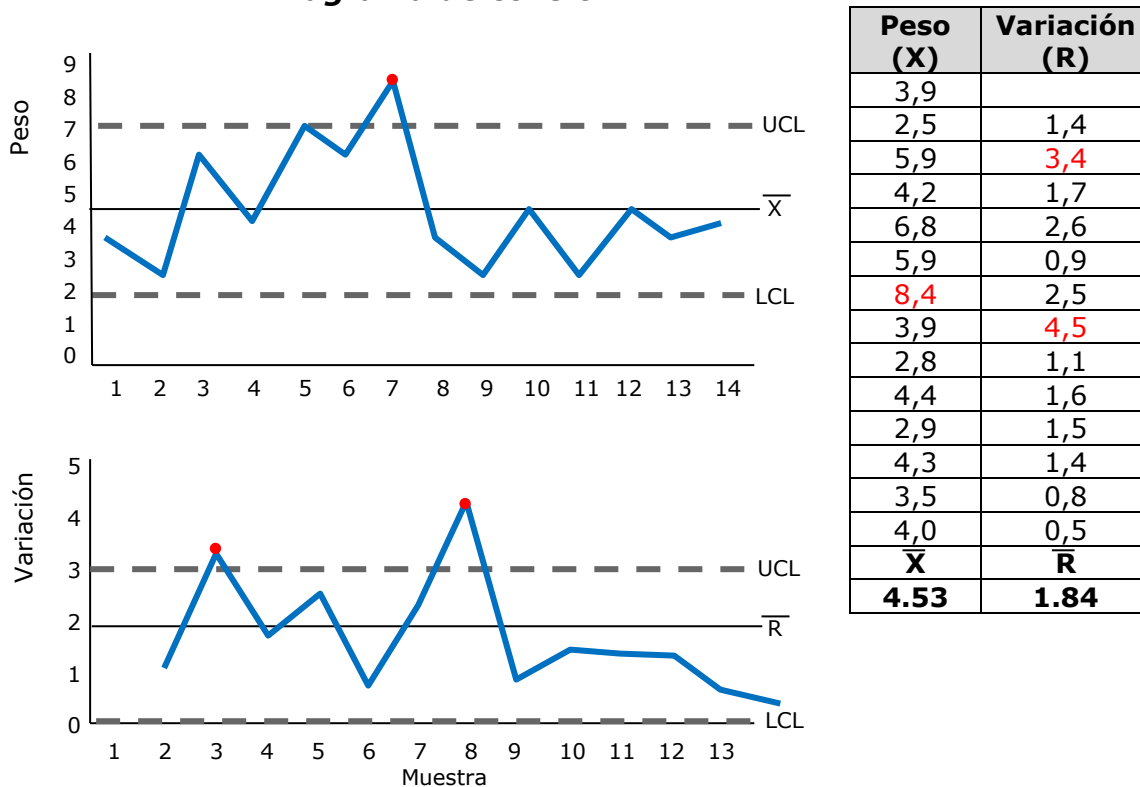


🚫 Los límites de control (UCL y LCL) podrían estar fuera de los límites de tolerancia, pero no sería una gestión pro-activa de la calidad.



Otro tipo de diagrama de control es el **diagrama R**, que mide la amplitud de las variaciones, o sea, la diferencia entre una medición y la siguiente. En el gráfico a continuación se presenta un diagrama X barra y debajo el diagrama R.

Diagrama de control



Por ejemplo, la muestra #2 tiene un peso de 2,5 gramos y la muestra #3 de 5,9 gramos. Si bien ambas muestras están dentro de los límites de control (entre 2 y 7 gramos), si la variación máxima de tolerancia se define en 3 gramos, esa diferencia entre las muestras de 3,4 gramos estaría fuera de los límites de control.

$\bar{X}$ se denomina al promedio de todas las muestras; mientras que $\bar{R}$ es el promedio de las variaciones.





Ejercicio 8.6 – Diagrama de control

Usted trabaja en la Empresa “Cierro Todo” que se dedica a la fabricación de puertas. Uno de sus clientes ha solicitado un pedido de 100 puertas de 2500 milímetros de altura. El cliente aceptará puertas con un error de hasta +/- 10 milímetros.

La empresa podría establecer límites de control del proyecto con bandas superiores a las que exige el cliente, pero esto podría ser muy costoso. Por lo tanto, el director del proyecto ha fijado un límite de control de +/- 5 milímetros.

Al día de la fecha se han producido 25 puertas como se presenta en la tabla y gráficos a continuación.

Puerta	Medida (mm)	Variación		Puerta	Medida (mm)	Variación
1	2504			14	2503	1
2	2503	1		15	2502	1
3	2500	3		16	2501	1
4	2501	1		17	2503	2
5	2492	9		18	2497	6
6	2503	11		19	2498	1
7	2500	3		20	2503	5
8	2499	1		21	2499	4
9	2501	2		22	2501	2
10	2497	4		23	2502	1
11	2504	7		24	2501	1
12	2501	3		25	2506	5
13	2504	3				

Media	2.501
Desviación estándar (σ)	2,93



Diagrama de control (X Barra)

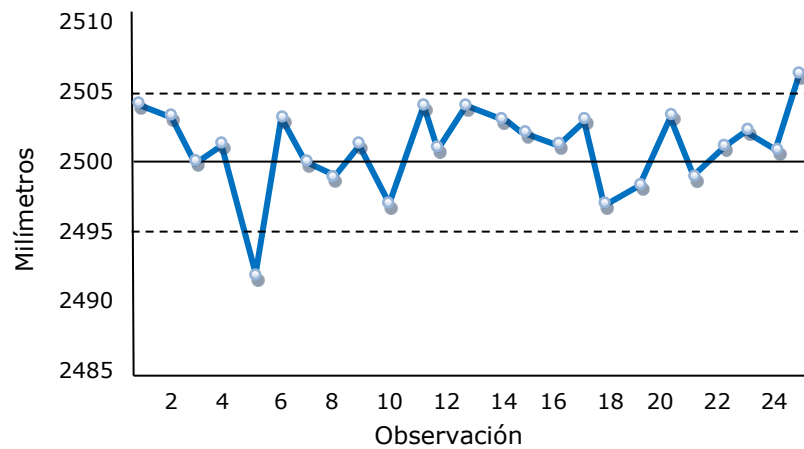
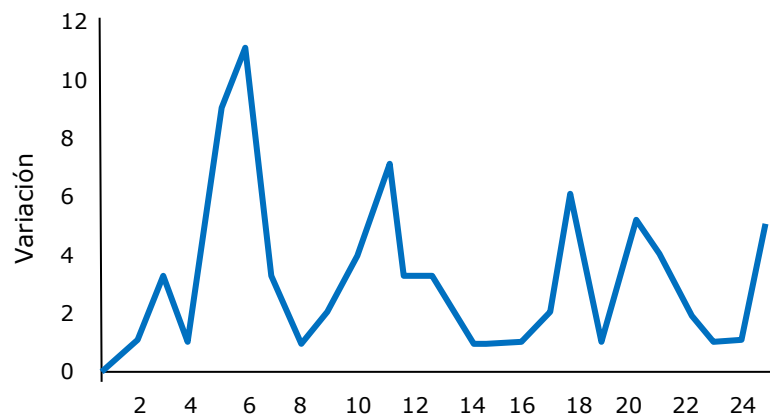


Diagrama de control (R barra)



Con base en esta información determine:

- Intervalo de confianza del 68,26%
- Límite superior e inferior de control (UCL y LCL)
- Límites de tolerancia
- Lugares donde el proceso está fuera de control



Dedica 10 minutos a resolver este ejercicio

❓ Respuesta ejercicio 8.6

a) Con base en la media de 2.501 y la desviación estándar de 2,93, se puede decir que el 68,26% de los datos de esa muestra se encuentran entre 2.498,07 y 2.503,93 ($2.501 \pm 1 \times 2,93$)

🔗 Intervalos de confianza:

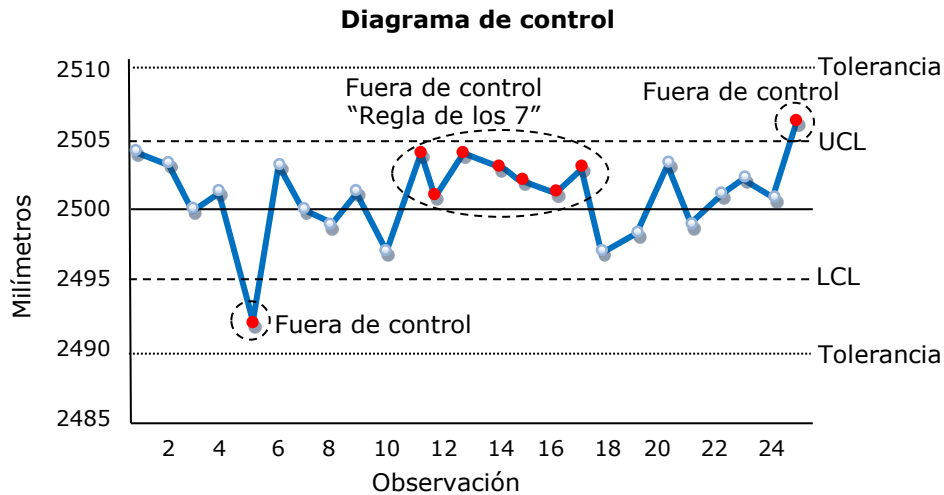
Media $\pm 1 \sigma = 68,26\%$

Media $\pm 2 \sigma = 95,45\%$

Media $\pm 3 \sigma = 99,73\%$

Media $\pm 6 \sigma = 99,9999998\%$

b), c), d) y e)



➤ **Histogramas:** representación gráfica de una variable (ej. fallas) en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. El diagrama de Pareto es un histograma con los datos organizados en orden descendente, para priorizar las principales causas que originan la mayoría de los problemas.

➤ **Diagramas de dispersión:** relación gráfica entre dos variables.

➤ **Revisión de solicitudes de cambio aprobadas:** verificar que se implementaron los cambios de manera correcta.

➤ **Reuniones para lecciones aprendidas:**

- ✓ ¿Qué se hizo bien?
- ✓ ¿Qué se podría mejorar?
- ✓ ¿Qué agregar o eliminar en este proyecto y en los próximos?

¿Qué obtenemos al final del proceso?

- **Medidas de control de calidad:** documentación con los resultados sobre la calidad de los procesos, entregables y proyecto.
- **Entregables verificados:** aceptación interna de la calidad de los entregables por parte de los inspectores. Los entregables verificados son un insumo del proceso validar el alcance para la aceptación formal del cliente.
- **Información de desempeño del trabajo:** causas de productos rechazados, requisitos para el re-trabajo, recomendar acciones correctivas, listado de los entregables verificados, recomendaciones de ajustes a los procesos, etc.
- **Solicitudes de cambio**

Resumiendo

➤ Entregables	➤ Análisis de datos	➤ Mediciones
➤ Datos de desempeño	➤ Inspección	➤ Entregables verificados



Resumiendo la gestión de calidad

En el gráfico a continuación se resumen las principales entradas, salidas e interrelaciones de los procesos de gestión de calidad.

Integrando la gestión de calidad

