Ingeniería Industrial.

Asignatura: Ingeniería de la Calidad **Año: 5to.**

Sumario.

Tema 1. La calidad en los procesos productivos y de servicios.

1.1 Conceptos básicos definiciones y terminologías.

1.2 Evolución del concepto de calidad.

1.3 Características de calidad de los procesos, productos y servicios.

1.4 Tipos de características. Determinación de las características de calidad. Ejercicio.

1.5 Variación de procesos.

1.6 Tipos de variación de los procesos.

1.7 Fuentes de variación de los procesos.

1.8 Acciones para reducir la variabilidad

Objetivos: Que el alumno se capaz de:

- Clasificar los tipos de características de la calidad.
- Determinar las características de la calidad de un producto o servicio
- Clasificar las distintas fuentes de variación de os procesos o servicios.
- Identificar diferentes técnicas para disminuir la variación de procesos

Método:

Elaboración conjunta, trabajo independiente

Medios:

Tiza y pizarra, Libro de texto.

Forma de enseñanza: Conferencia

Bibliografía:

- Problemas de la Ingeniería de la Calidad. Colectivo de autores, Editorial Félix Varela
- Control estadístico de la calidad y seis sigmas (6**s**). Gutiérrez Pulido. Humberto. Ed. McGraw Hill
- Materiales entregados por el profesor.

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍAS.

¿Que entendemos por calidad?

Calidad: Es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren la capacidad de satisfacer necesidades explícitas e implícitas del cliente. (ISO 9000).

ISO 9000: es un estándar internacional que establece los fundamentos y el vocabulario para los sistemas de gestión de la calidad (SGC). Su propósito principal es proporcionar a las organizaciones un marco común y un lenguaje único para garantizar que sus productos y servicios cumplen de manera consistente con los requisitos del cliente y los reglamentos aplicables.

Es importante destacar que la ISO 9000 es la base conceptual de toda la familia de normas ISO 9000, pero no es un modelo para la certificación. La certificación se otorga sobre los requisitos de la ISO 9001.

Sistema de Gestión de la Calidad (SGC): Conjunto de elementos interrelacionados que utiliza una organización para establecer políticas, objetivos y procesos, con el fin de lograr la calidad.

Enfoque a Procesos: Principio de gestión que implica gestionar las actividades como procesos interrelacionados, lo cual permite un control más eficiente y la mejora continua.

Enfoque de Riesgos: Añadido en la versión de 2015 de la ISO 9000, es un principio que reconoce que no todos los procesos tienen el mismo impacto, por lo que las acciones de control deben basarse en la evaluación del riesgo

Tolerancia: en términos de mediciones es la diferencia entre las dimensiones máximas y mínimas de los errores permitidos Ej. El peso de una bolsa de azúcar puede ser de 1kg ± 0.1kg entonces ese ± 0.1kg es la tolerancia.

Especificaciones: son las exigencias que un cliente impone a sus suministrador para sus productos.

Productividad: Es la capacidad de generar resultados utilizando ciertos recursos. Sus unidades de medidas son productividad = resultados / recursos. Ej. Turno que atiende 100 clientes / hora

Eficacia: capacidad para lograr los objetivos planificados.

Eficiencia: capacidad para aprovechar de manera óptima los recursos disponibles.

Efectividad: capacidad de lograr los objetivos planificados con eficiencia o sea ser eficaz y eficiencia a la vez.

1.

AUMENTA EFICIENCIA ⇨ REDUCE COSTOS ⇨ REDUCE PRECIOS ⇨ AUMENTA VENTAS

1.2 EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE CALIDAD.

El concepto de calidad ha evolucionado significativamente con el tiempo. Ha pasado de ser una **simple inspección del producto** final a convertirse en una filosofía de gestión integral **centrada en el cliente y la mejora continua**. A continuación, se detalla esta evolución,

La forma de entender y gestionar la calidad se ha transformado a través de varias etapas clave :

Etapa de Inspección: Originalmente, la calidad se aseguraba inspeccionando los productos terminados para separar los que cumplían con las especificaciones de los defectuosos. Era un enfoque reactivo y correctivo. **(hasta la etapa Medieval)**

Control del Proceso: Con los trabajos de pioneros como Shewhart, el foco pasó a controlar la variación durante el propio proceso de producción para minimizar la aparición de defecto. **(1ra Revolución industrial)**

Aseguramiento de la Calidad: Se evolucionó hacia un enfoque preventivo, buscando "hacer las cosas bien a la primera" y estableciendo sistemas que actúan antes de que ocurra un fallo. **(A partir de la 2da GM)**

Gestión de la Calidad Total: Este enfoque integra la calidad en todas las actividades y niveles de la organización, involucrando a todas las personas y considerando la mejora continua y la satisfacción del cliente como ejes centrales. **(A partir de la década del 80)**

1.3 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LOS PROCESOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL TEMA?

"Un ingeniero industrial que no sabe clasificar las características de calidad, es como un médico que no sabe distinguir entre una fractura y un resfriado: aplicará el tratamiento equivocado."

¿QUÉ ES UNA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD?

Definición: Es una **propiedad, atributo o parámetro** medible o evaluable de un proceso, producto o servicio, que sirve para determinar si cumple con los requisitos del cliente y las especificaciones técnicas.

En ingeniería, una característica de calidad es la "traducción" de lo que el cliente quiere (Voz del Cliente - VOC) a **lenguaje técnico** que podemos diseñar, producir y controlar.

Voz del Cliente (VOC)	Característica de Calidad (Técnica)
"Que el café no se derrame"	Resistencia al sellado térmico de la bolsa (N/cm²)
"Que el banco me responda rápido"	Tiempo de aprobación del crédito (horas)
"Que la lavadora lave bien"	Eficiencia de remoción de manchas (%, según norma)

1.4 TIPOS DE CARACTERÍSTICAS. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD. EJERCICIO.

- Clasificación según la naturaleza de los datos

VARIABLE	ATRIBUTO
• Se miden en una **escala numérica continua** (pueden tomar cualquier valor dentro de un rango). • Requieren instrumentos de medición (básculas, termómetros, calibradores, cronómetros). • **Ejemplos:** Peso (g), temperatura (°C), diámetro (mm), tiempo (segundos), voltaje (V), presión (bar). • **Herramientas asociadas:** Gráficos $\bar{X}$-R, $\bar{X}$-S, Cp, Cpk, ANOVA, DOE.	• No se miden, se **cuentan** o se **clasifican**. • Pueden ser **binarias** (pasa/no pasa, sí/no, bueno/malo) o **multi categóricas** (color: rojo/verde/azul; tipo de defecto: rayón/abolladura/mancha). • **Ejemplos:** Número de defectos en una pantalla, presencia de una etiqueta, tipo de fallo en un motor, color correcto. • **Herramientas asociadas:** Gráficos p, np, c, u, Pareto, Chi-cuadrado.

- Clasificación según su importancia crítica (según el impacto)

No todas las características son igual de importantes. Una raya en un tornillo visible es molesta; un diámetro incorrecto en un pistón de un motor puede causar un accidente. Por eso, en diseño y control de calidad, se clasifican por su **criticidad**.

Categoría	Definición	Ejemplo	Acción típica
Crítica (o Seguridad)	Su fallo puede causar daños a personas, al medio ambiente o pérdidas económicas catastróficas.	Sistema de frenos de un coche, pureza de un fármaco, tensión de un cable eléctrico.	**Inspección 100%** o control estadístico con Cpk > 1.67.

Categoría	Definición	Ejemplo	Acción típica
Importante (o Funcional)	Su fallo afecta el rendimiento o la vida útil del producto, pero no es peligroso.	Consumo de energía de una lavadora, potencia de un motor, precisión de un reloj.	Muestreo estadístico con Cpk > 1.33 y gráficos de control.
Secundaria (o Estética)	Su fallo afecta la apariencia o la percepción del cliente, pero no la función.	Rayones en la carrocería, tono de color de una impresión, olor de un detergente.	Muestreo por atributos o inspección visual por muestreo.

- Clasificación según su naturaleza (física, sensorial, temporal, económica)

Para servicios y productos intangibles, esta clasificación es muy útil.

Categoría	Definición	Ejemplo
Físicas o Técnicas (Medibles con instrumentos)	Relacionadas con la materia o la energía	Dureza, conductividad eléctrica, resistencia a la tracción
Sensoriales o Estéticas (Percibidas por los sentidos humanos)	Dependen de la apreciación del cliente, son subjetivas pero deben estandarizarse	Color, textura, olor, sabor, sonido
Temporales (Relacionadas con el tiempo)	Miden la duración, la velocidad o la disponibilidad	Tiempo de vida útil, tiempo de entrega, tiempo de respuesta al cliente
Económicas o de Costo	Relacionadas con el valor o el costo para el cliente y el fabricante	Precio final, costo de mantenimiento, consumo de energía, costo de operación
De Seguridad y Medioambientales	Relacionadas con la salud, riesgos y sostenibilidad	Emisiones de CO_2, resistencia al fuego

-Clasificación según el momento de medición (en el ciclo del producto)

Esta clasificación es clave para diseñar el **Plan de Control** y los puntos de inspección.

Momento	Definición	Ejemplo	¿Quién lo mide?
Características de entrada (Materia prima)	Se miden antes de que el material entre en producción.	Humedad del café, pureza del plástico, acidez de la leche.	Control de recepción (proveedor).
Características de proceso (En curso)	Se miden durante la transformación, para ajustar el proceso en tiempo real.	Temperatura del horno, presión de llenado, velocidad de la cinta.	Operario o sensores automáticos.
Características de producto final (Salida)	Se miden al final de la línea de producción, antes de entregar al cliente.	Peso neto de la bolsa, potencia del motor, presencia de etiqueta.	Inspección final (Aseguramiento de Calidad).
Características de uso (Campo)	Se miden cuando el cliente ya está usando el producto o servicio.	Durabilidad, satisfacción del cliente, número de fallos en garantía.	Servicio postventa, encuestas NPS.

- Clasificación según su relación con el cliente (voz del cliente)

Para priorizar esfuerzos, usamos la matriz de **Kano** (creada por Noriaki Kano). Esta clasifica las características según cómo impactan en la satisfacción del cliente.

Tipo de característica	Definición	Ejemplo	¿Qué pasa si está presente?	¿Qué pasa si falta?
Atractivas (Delighters)	El cliente no las espera, pero si están, lo encantan.	Que el café venga con un sobre de canela gratis.	Satisfacción muy alta.	No pasa nada (no se echa de menos).
Unidimensionales (Lineales)	A mayor nivel, mayor satisfacción.	Tiempo de aprobación del crédito: cuanto menos, mejor.	Satisfacción proporcional.	Insatisfacción proporcional.
Obligatorias (Must-be)	El cliente las da por sentadas. Si fallan, el cliente se enfada mucho.	Que el motor de la lavadora funcione sin ruido excesivo.	No aumenta satisfacción (es lo mínimo).	Insatisfacción muy alta (queja).
Indiferentes	Al cliente no le importa.	Color de la caja donde viene el café.	No afecta.	No afecta.
Reversas	Cuanto más hay, menos gusta.	Precio muy bajo (que puede significar mala calidad).	Disminuye satisfacción.	Aumenta satisfacción (si el cliente asocia precio a calidad).

EJERCICIO 1

Una empresa de café ha decidido lanzar una nueva línea de café "Premium" en cápsulas para máquinas de expreso.

El cliente exige

- Peso del café en la cápsula: 7.5 g ± 0.3 g.
- Tiempo de extracción (en la máquina): 25 segundos ± 3 segundos (medido en pruebas de laboratorio).
- Que la cápsula esté sellada al vacío (sin oxígeno en el interior).
- Que el color del empaque sea "dorado" (según muestra patrón).
- Que la cápsula no se deforme al ser insertada en la máquina (prueba mecánica).
- Precio de venta sugerido: $2.50 por cápsula.

El proceso tiene 5 etapas:

1. **Molienda** (ajuste de la finura del grano).
2. **Llenado** (dosificación del café en la cápsula).
3. **Sellado** (termosellado con lámina de aluminio).
4. **Empaquetado** (colocación en cajas de 10 unidades).
5. **Distribución** (transporte a tiendas, tiempo máximo 48 horas).

Se pide:

1. **Identifica TODAS las características de calidad** del producto y del servicio (mínimo 8).
2. **Clasifica CADA UNA** usando las 5 clasificaciones que hemos visto:
    - Según la naturaleza de los datos (Variable/Atributo).
    - Según Criticidad (Crítica/Importante/Secundaria).
    - Según Naturaleza (Física, Sensorial, Temporal, Económica, Seguridad).
    - Según Momento de medición (Entrada, Proceso, Producto Final, Uso).
    - Según Relación con el cliente Kano (Obligatoria, Unidimensional, Atractiva, Indiferente, Reversa).

SOLUCIÓN 1

Característica	Tipo Variable/Atributo	Criticidad	Naturaleza	Momento de medición	Clasificación Kano
Peso neto (500 g ± 2g)	Variable	Importante (funcional)	Física	Producto final	Unidimensional
Humedad del grano (%)	Variable	Importante	Física	Entrada	Unidimensional
Tiempo de llenado (seg)	Variable	Secundaria	Temporal	Proceso	Indiferente
Sello hermético (pasa/no pasa)	Atributo	Crítica (seguridad alimentaria)	Física	Producto final	Obligatoria
Color del empaque (tono)	Atributo	Secundaria	Sensorial	Producto final	Indiferente
Olor a café tostado	Atributo	Importante	Sensorial	Uso	Atractiva
Precio ($)	Variable	Secundaria	Económica	Salida	Reversa (para ciertos clientes)
Fecha de caducidad	Variable	Crítica (salud)	Temporal	Producto final	Obligatoria

1.5 VARIACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

"¿Por qué dos bolsas de café de la misma línea pueden pesar diferente?
¿Por qué dos cajeros de un banco tardan tiempos distintos en atender?"

"La variación es la ley de la naturaleza. Si no entiendes la variación, no puedes entender el proceso ni mejorarlo." – **W. Edwards Deming**

Variación: Es la diferencia o dispersión que se observa en las mediciones repetidas de una característica de calidad**.**

1.6 TIPOS DE VARIACIÓN DE LOS PROCESOS

- **Variación por causa común** (ruido blanco): Inherente al proceso. Es estable, predecible y solo se reduce rediseñando el proceso.

Caminas para ir al trabajo todos los días. El tiempo que tardas varía entre 25 y 30 minutos. ¿Por qué? Porque a veces encuentras semáforos en verde, a veces en rojo; a veces hay un auto que cruza lento, a veces el viento sopla en contra. Esas minucias pasan todos los días y hacen que el tiempo fluctúe, pero dentro de un **rango normal**. Eso es variación por **causa común**

- **Variación por causa especial** (señal): Asignable a eventos específicos (operario distraído, materia prima defectuosa, máquina descalibrada). Se corrige con acciones locales.

Siguiendo con el auto, un día tardaste **55 minutos** en llegar al trabajo. ¿Qué pasó? Esa mañana hubo un accidente grave en la autopista que bloqueó dos carriles. Eso no pasa todos los días; es un evento puntual. Al día siguiente, la autopista ya está despejada y vuelves a tardar 28 minutos. Esa es una causa especial

Diferencias claves

Aspecto	Causas Comunes	Causas Especiales
Origen	Están en el diseño del sistema (materiales, máquinas, métodos).	Vienen de eventos externos o errores humanos puntuales.
Frecuencia	Siempre presentes (100% del tiempo).	Ocasionales y esporádicas.
Responsable	La **Gerencia** o la Dirección (porque solo ellas pueden cambiar el sistema).	El **Operario** o el Supervisor local (porque ellos pueden corregir el evento).

Aspecto	Causas Comunes	Causas Especiales
Actuación	No se debe ajustar la máquina cada 5 minutos; eso empeora el proceso.	**Hay que actuar YA.** Detener el proceso, investigar y corregir.
Gráfico de control	Los puntos bailan dentro de los límites (líneas rojas).	Los puntos se salen de los límites o forman tendencias raras (7 puntos seguidos subiendo, por ejemplo).

1.7 FUENTES DE VARIACIÓN DE LOS PROCESOS

Fuente	Ejemplo en una fábrica	Ejemplo en un servicio bancario
1. **Hombres (Operarios)**	Fatiga, falta de entrenamiento, error humano.	Cajero distraído, analista sin experiencia.
2. **Máquinas**	Desgaste de herramientas, vibración, descalibración.	Servidor lento, impresora atascada.
3. **Equipos (Herramientas)**	Desgaste de brocas, calibres desajustados.	Software obsoleto, teléfonos con mala calidad de audio.
4. **Materias Primas**	Variación en la humedad del café, impurezas en metales.	Documentos ilegibles, datos incompletos.
5. **Materiales (Insumos)**	Calidad de la bolsa de empaque, tinta de impresión.	Papelería de baja calidad, formularios mal diseñados.
6. **Información**	Datos incorrectos, instrucciones ambiguas.	Guiones de call center desactualizados, bases de datos duplicadas.
7. **Mediciones**	Instrumentos descalibrados, errores de paralaje.	Métricas subjetivas, encuestas mal diseñadas.
8. **Energía**	Fluctuaciones de voltaje, interrupciones.	Cortes de internet, apagones.
9. **Finanzas**	Presupuesto variable, costos imprevistos.	Falta de inversión en capacitación, recortes.
10. **Ambiente**	Temperatura, humedad, iluminación, ruido.	Entorno de oficina ruidoso, tráfico en la entrega.

Fuentes de variación en el ciclo de producción

Etapa del ciclo	Fuente dominante	Ejemplo de variación
Diseño	Información	Especificaciones mal definidas.
Compra de materia prima	Materia prima, Proveedores	Lotes con diferente humedad.
Almacenamiento	Ambiente, Materiales	Temperatura altera la calidad.
Producción	Máquinas, Hombres, Mediciones	Desgaste de herramientas, error humano, sensores descalibrados.
Control de calidad	Mediciones, Equipos	Calibrador desajustado.
Distribución	Ambiente, Finanzas, Información	Retrasos por tráfico, costos de combustible.
Uso por el cliente	Ambiente, Hombres	Condiciones de uso diferentes.

1.8 ACCIONES PARA REDUCIR LA VARIABILIDAD

Técnicas para reducir la variación

Estrategia	Definición	Ejemplo
1. Estandarización	Definir procedimientos únicos y repetibles.	POE (Procedimiento Operativo Estándar) para cada tarea.

Estrategia	Definición	Ejemplo
2. Automatización	Reducir la intervención humana.	Máquinas, sistemas de llenado automático.
3. Poka-Yoke	Dispositivos a prueba de errores.	Sensor que detecta si una pieza está mal colocada.
4. Control de Proveedores	Asegurar la calidad de los insumos.	Certificación de proveedores, inspección de recepción.
5. Mantenimiento Preventivo	Evitar el desgaste impredecible.	Cambio de herramientas cada X ciclos.
6. Calibración y Metrología	Asegurar que los instrumentos midan bien.	Calibración periódica de sensores y básculas.

EJERCICIO 2.

Una fábrica de barras de acero para construcción ha notado que el diámetro de las barras (especificación: 10 mm ± 0.2 mm) varía más de lo permitido. El equipo de calidad ha observado el proceso y ha identificado varios incidentes

- El **torno** que corta las barras tiene 5 años de uso y su cuchilla se cambia solo cuando se rompe.
- Los **operarios** del turno nocturno son temporales y no han recibido entrenamiento formal.
- El **calibrador** que usan para medir el diámetro no se ha calibrado en 6 meses.
- El **acero** que llega de proveedores tiene una dureza variable (según el país de origen).
- La **temperatura** de la nave fluctúa entre 15°C y 35°C según la temporada.
- El **voltaje** de la máquina varía porque la planta comparte la línea con otros talleres.
- Los **planos** de diseño tienen una tolerancia diferente a la que usa el operario (información errónea).

Se pide:

1. Clasifica cada incidente según la fuente de variación (usando las 10 categorías: Hombres, Máquinas, Equipos, Materia prima, Materiales, Información, Mediciones, Energía, Finanzas, Ambiente).
2. Para cada fuente, propón una **técnica específica** para reducir esa variación (de las 6 estrategias globales o alguna más creativa).

SOLUCIÓN 2

Incidente	Fuente de variación	Técnica propuesta
Torno viejo, cuchilla solo se cambia cuando se rompe	**Máquinas**	Mantenimiento preventivo (programar cambio de cuchilla cada 500 cortes).
Operarios temporales sin entrenamiento	**Hombres**	Entrenamiento estandarizado (POE) y evaluación de competencias.
Calibrador no calibrado en 6 meses	**Mediciones**	Plan de calibración periódica (cada 30 días) con trazabilidad a patrones.
Dureza variable del acero según proveedor	**Materia Prima**	Control de proveedores (certificación y muestreo de recepción).
Temperatura de nave fluctuante (15°C a 35°C)	**Ambiente**	Acondicionamiento térmico o compensación automática de la máquina.
Voltaje variable por línea compartida	**Energía**	Instalar un estabilizador de voltaje o una fuente de alimentación regulada.
Planos con tolerancia diferente a la del operario	**Información**	Estandarización de documentos (revisar y unificar planos y POE).

EJERCICIO 3.

Un hospital ha medido el tiempo de espera en urgencias (en minutos) durante 30 días. El tiempo medio es de 45 minutos, pero varía entre 20 y 120 minutos. El equipo ha identificado estas posibles causas

- Hay **2 médicos** de turno; uno es muy rápido y otro muy meticuloso.
- El **sistema de triaje** (clasificación de pacientes) no está estandarizado y cada enfermera lo aplica diferente.
- Los **resultados de laboratorio** tardan entre 1 y 4 horas según la carga del día.
- La **limpieza de camas** a veces se retrasa por falta de personal.
- Las **historias clínicas** en papel a veces se extravían.
- El **teléfono** del área de admisiones suena constantemente, interrumpiendo el trabajo.

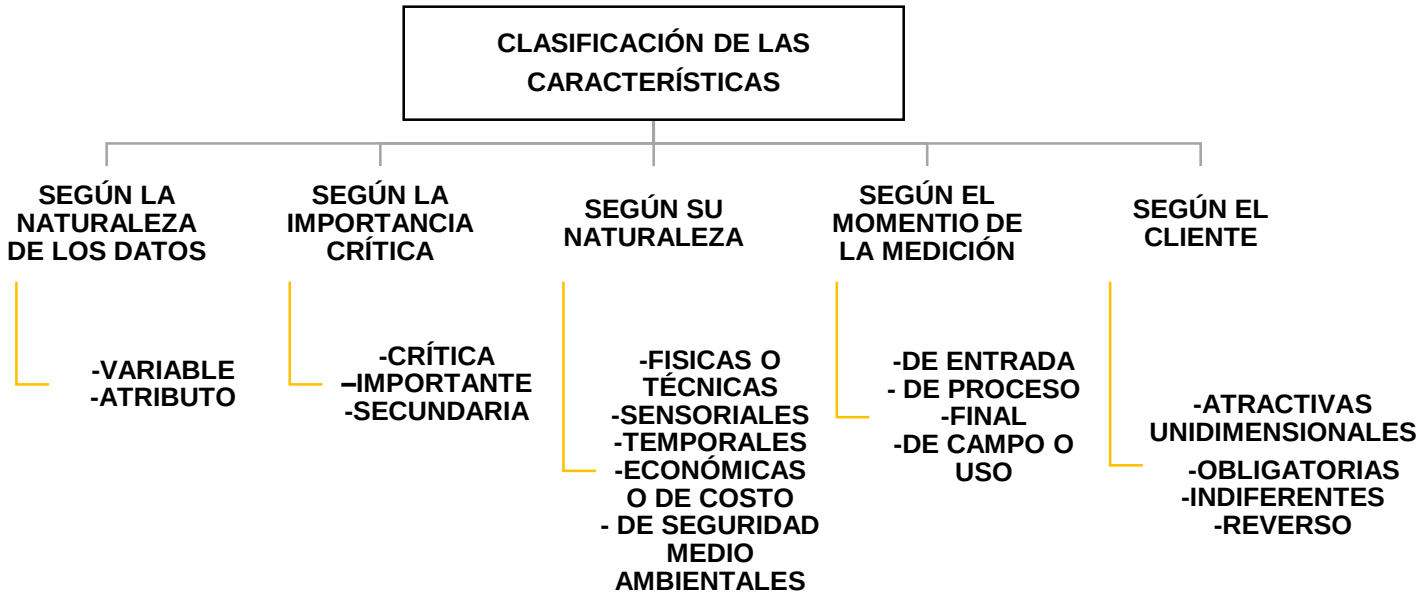
Se pide:

1. Identifica la fuente principal de variación para cada causa.
2. Clasifica cada causa como **variación por causa común** o **causa especial**. Justifica.
3. Para las causas especiales, propón una acción inmediata. Para las causas comunes, propón un proyecto de mejora a largo plazo.

SOLUCIÓN 3

Causa	Fuente	Causa común o especial	Acción
Dos médicos con ritmos diferentes	**Hombres**	**Común** (el proceso depende de la persona)	Estandarizar protocolos de atención y tiempos máximos por tipo de paciente.
Triaje no estandarizado	**Información** + **Hombres**	**Común** (falta de procedimiento)	Crear un algoritmo estandarizado de triaje con colores (rojo, amarillo, verde).
Resultados de laboratorio variables	**Máquinas** (equipos de laboratorio) + **Materiales**	**Común** (capacidad limitada)	Invertir en equipos más rápidos o automatizar la priorización de urgencias.
Limpieza retrasada por falta de personal	**Hombres** + **Finanzas**	**Especial** (evento puntual)	Contratar personal temporal en picos de ocupación o externalizar.
Historias clínicas extraviadas	**Información**	**Especial** (error humano)	Implementar historias clínicas electrónicas (Poka-Yoke digital).
Teléfono que interrumpe	**Ambiente**	**Común** (entorno ruidoso)	Rediseñar el flujo: que admisiones tenga personal dedicado solo a llamadas.

CONCLUSIONES



- Antes de medir, controlar o mejorar, debes saber QUÉ vas a medir, CÓMO lo vas a medir y QUÉ TAN IMPORTANTE es para el cliente. Esa es la base de todo el control de calidad moderno.
- Los Tipos de variaciones pueden ser por **Causa Común** o **Causa Especial.**
- Las 10 fuentes de variación son**: Hombre, maquina, herramientas, materia prima, insumo, información, mediciones, energía, finanzas, ambiente.**

ESTUDIO INDEPENDIENTE

EJERCICIO 1

Un estudiante de ingeniería industrial está analizando el proceso de fabricación de balones de fútbol. A continuación, se presentan 10 características del producto y su proceso. Clasifica CADA UNA según:
Naturaleza de los datos: Variable (V) o Atributo (A).
Criticidad: Crítica (C), Importante (I) o Secundaria (S).
Momento de medición: Entrada (E), Proceso (P), Producto Final (F) o Uso (U).

Ítem	Característica	V/A	Criticidad	Momento	Justificación breve
1	Presión de inflado				
2	Logotipo estampado				
3	Diámetro de la válvula				
4	Duración de la presión				
5	Color del balón				
6	Cantidad de parches				
7	Prueba de impacto (pasa/no pasa)				
8	Temperatura del cuero				
9	Dureza del cuero				
10	Quejas por agarre				

EJERCICIO 2

Eres el ingeniero industrial encargado de mejorar el proceso de **admisión de pacientes en un hospital de emergencias**. El proceso incluye: llegada del paciente, registro de datos, toma de signos vitales, asignación de cama, diagnóstico y alta.
A) Identifica al menos **5 características de calidad** (una por cada tipo de naturaleza: física, sensorial, temporal, económica y de seguridad).

B) Para cada una, indica su Naturaleza de los datos (Variable o Atributo), su nivel de criticidad (Crítica, Importante o Secundaria) Naturaleza.

EJERCICIO 3

Una planta ensambla **motores eléctricos** y mide el **par de apriete** de los tornillos (especificación: 50 Nm ± 3 Nm). Se han recogido 100 mediciones en un mes. Los datos muestran una media de 51 Nm y una desviación estándar de 2.5 Nm. El Cpk es 0.33. El equipo ha identificado estas variaciones:

1. Los **tornillos** provienen de 3 proveedores diferentes y tienen pequeñas diferencias en rosca.
2. La **llave dinamométrica** se usa sin calibrar por semanas.
3. Los **operarios** aplican fuerza a diferentes velocidades.
4. El **compresor de aire** que alimenta la herramienta neumática tiene caídas de presión durante el pico de demanda.
5. Los **planos** indican apretar "con firmeza", no un torque exacto.
6. El **ambiente** tiene alta humedad en invierno, lo que afecta la fricción del tornillo.

Se pide:

a) **Clasifica cada tipo de variación como de causa común o causa especial (justifica).**
b) **Identifica las 10 fuentes de variación (usa todas las categorías) en este proceso, asignando cada observación a una fuente.**
c) **Propón al menos una técnica para reducir la variación de cada fuente.**
d) **Prioriza las 3 fuentes más críticas (justifica con un AMFE).**