



Universidad
Tecmilenio®



Calidad aeroespacial

Herramientas Lean y diagramas
de proceso (implementación)

Semana 6



Seguramente alguna vez has escuchado hablar del TPS (Toyota Production System) como el sistema de producción más vanguardista en la historia de la industria. Fue tanto el éxito de dicho sistema que toda la industria automotriz lo adoptó como una filosofía de trabajo; también comenzó a ser utilizado en otras industrias ajenas al área automotriz e incluso por prestadores de servicios, como bancos, hoteles, cadenas restauranteras, entre otros, los cuales implementan las técnicas que llevaron a Toyota a ser reconocida como una empresa altamente eficiente y con productos de gran calidad.

Una de las grandes enseñanzas que nos deja el TPS es que es posible adoptar y personalizar las políticas o tendencias exitosas que suceden en otras compañías o ámbitos industriales a nuestros propios procesos, y la industria aeroespacial ha comenzado a implementar estándares en sus procesos.

Finalmente, tenemos estas preguntas de reflexión sobre el tema:

- **¿Qué herramientas propuestas por William Edwards Deming son las que tuvieron su mayor contribución en la industria japonesa?**
- **Enlista cuáles son las herramientas que respaldan al Toyota Production System.**
- **¿En cuál sección de la norma aeroespacial AS 9100 se enmarca la planeación de la realización del producto y cómo se relacionan las técnicas y herramientas utilizadas en el TPS con dicho apartado?**



TPS fue le precursor de los conceptos de Lean manufacturing en occidente y ha sido junto con Six Sigma, los dos pilare de la mejora continua en la actualidad

Herramientas de manufactura esbelta

Lean manufacturing o manufactura esbelta es una filosofía que ha tenido un gran crecimiento y dispersión a lo largo del mundo en las últimas décadas, teniendo su origen en Japón en épocas posteriores a la Segunda Guerra Mundial. Toyota es la empresa referente que construye y comienza a utilizar esta filosofía centrada en la eliminación de desperdicios y la mejora continua; como su nombre lo indica, la filosofía trata de eliminar o reducir todo aquello que no le da valor agregado al proceso y que, por el contrario, puede llegar a obstaculizar el correcto flujo del mismo e impedir la obtención de los objetivos de calidad y eficiencia que se buscan.

SMED

El objetivo es tener un proceso ordenado y limpio para evitar movimientos innecesarios y así agilizar el flujo del proceso:

- *Seiri* (eliminar): clasifica y elimina elementos innecesarios en tu área de trabajo.
- *Seiton* (ordenar): organiza de forma adecuada tus herramientas para disminuir tiempo al buscarlas.
- *Seiso* (limpieza): limpia e inspecciona tu área en busca de defectos.
- *Seiketsu* (estandariza): lo conseguido en los puntos anteriores debe convertirse en un estándar mediante instrucciones que permita ejecutarlos de forma rápida.
- *Shitsuke* (disciplina): todo lo anterior debe convertirse en un hábito y parte importante de la rutina de trabajo.

Con el tiempo la herramienta ha ido evolucionando, agregando 4 s más, convirtiéndose en las 9's.

- *Shikari* (constancia), *Shitsukoku* (compromiso), *Sheighoo* (coordinación), *Seido* (sincronización).

Just in time

Es un sistema en el cual solo se debe comprar y producir lo que se necesita para evitar tener grandes inventarios de materia prima y/o producto terminado, lo cual genera costos innecesarios para la compañía.

Takt time

Es el tiempo que tarda en elaborarse una pieza bajo la demanda requerida por el cliente, es decir, se calcula como

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible por día}}{\text{Demanda del cliente por día}}$$

Diagrama de Pareto

Sería imposible o impráctico tratar de eliminar todas las causas potenciales de fallas de un proceso, es por ello que se usa la regla 80-20 o los pocos vitales y muchos triviales, la cual dice que el 80 % de las fallas son provocadas por el 20 % de las causas, entonces es mejor centrar los esfuerzos para primeramente eliminar ese 20 % de causas potenciales.

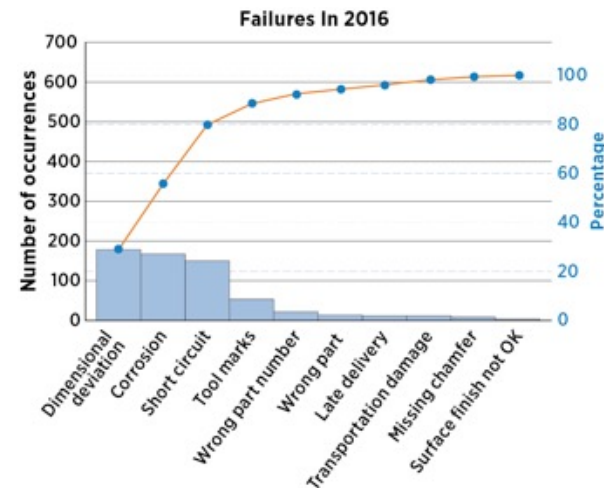


Diagrama de Gantt

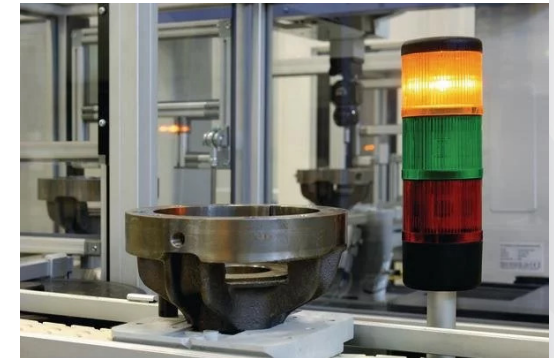


Es una herramienta visual muy útil para planificar actividades a lo largo del tiempo.

Andon

Es la política de tener de forma visible alertas sobre el mal funcionamiento del proceso y dar la libertad a todo el personal involucrado de poder detener el proceso cuando una falla ocurra en los procesos manuales, y en los procesos automatizados que el paro se ejecute

forma automática cuando una falla aparezca, para hacer de conocimiento de todo el personal la aparición del problema y poder buscar soluciones mediante la integración de equipos multidisciplinarios. Elementos que ayudan a tener un proceso bajo esta política son torretas, sirenas, pantallas o tableros con información en tiempo real sobre métricos, fallas, acciones correctivas.



Jidoka

Se define como la automatización con un toque humano, es decir, que los sistemas automatizados sean capaces de detectar errores en la producción y parar automáticamente, para que el equipo encargado sea capaz de investigar y corregir la causa raíz de la falla y evitar seguir produciendo fuera de especificación.

Gestión Total de la Calidad (TQM)

Gestión Total de la Calidad (TQM)
Es un concepto más global que el control de calidad o control estadístico, los cuales solo se emplean en la línea de producción con el objetivo de reducir la variabilidad en los indicadores clave del proceso, el TQM involucra a todos los departamentos de la organización, desde gerencias, compras, recursos humanos, finanzas, almacén, producción, embarques, etc. Es una filosofía administrativa para el mejoramiento de calidad en todos los aspectos clave del negocio.

SMED

O *single minute exchange of dies*, es una metodología que intenta reducir los desperdicios de tiempos y movimientos en los procesos de cambio de herramientas, cambios de productos, ajustes de maquinaria, etc. Un ejemplo muy común de la implementación de esta metodología es tener cerca de la maquinaria las herramientas necesarias para hacer cambios y ajustes, las cuales regularmente están guardadas en un departamento MRO, el cual queda alejado de línea y es necesario invertir tiempo en el traslado de dichas herramientas.

Kanban

Es un sistema de etiquetado de piezas y productos para su fácil identificación durante los procesos de fabricación y transporte. Esta es una herramienta que mejora la logística de distribución interna dentro de la empresa y se utiliza para asegurar que solo se produce la cantidad que el cliente solicita bajo un sistema *pull*, es decir, que solo se producirá cuando el cliente así lo solicite; dentro de la empresa puede verse a la línea de producción como el cliente y al almacén como el proveedor. La filosofía Kanban ha evolucionado, no solo son tarjetas de identificación, pueden ser contenedores, carritos o espacios destinados al producto en proceso (*work in process WIP*) o de forma tecnológica a un sistema de códigos de barras y escaneos para asegurar que solo el material suficiente y necesario es el que se libera de almacén para producir solo la cantidad de piezas solicitadas por el cliente.

Análisis de causa raíz

Los procesos siempre van a estar sujetos a causas comunes y especiales de variabilidad, aunque el proceso de diseño haya sido muy cuidadoso no exentará a que existan defectos o fallas en la producción, por eso siempre es importante establecer herramientas que ayuden a detectar de forma rápida las causas que producen efectos negativos en los resultados del proceso; existen diferentes y variadas técnicas que ayudan a esta tarea:

- Diagramas causa efecto.
- 5 ¿por qué?
- Diagramas de Pareto.
- 8 D's.

TPM

El mantenimiento productivo total surge como una herramienta para eliminar las seis grandes pérdidas de los equipos:

- Fallas en el equipo.
- Ajustes de máquinas.
- Detenciones, esperas, averías menores.
- Velocidad de operación reducida por debajo de su valor nominal.
- Defectos en el proceso que producen retrabajos.
- Pérdidas de tiempo, por periodos de prueba, procesos nuevos.

Es una herramienta que gestiona el mantenimiento preventivo programado, monitoreo constante de la maquinaria para asegurar su buen funcionamiento con el objetivo de cero fallas, es decir, no tener que llegar a un mantenimiento correctivo, pero si se llega a él, sus procedimientos y ejecuciones también están establecidos dentro del TPM, se debe asegurar que la falla se corrige de forma rápida y eficiente, además de evitar que el fallo vuelva a ocurrir.

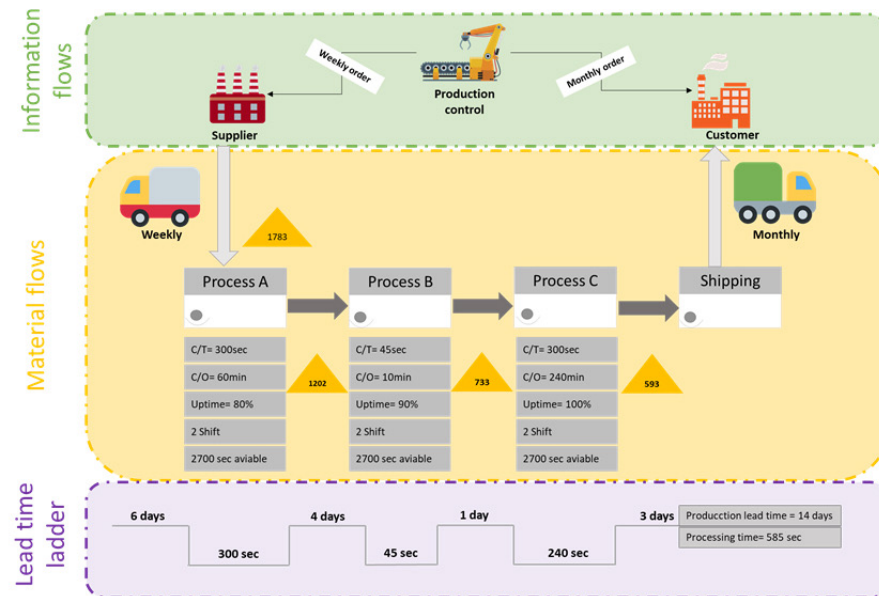
Poka-yoke

La inspección de defectos en el proceso no mejora su desempeño, hay que atacar las causas que producen esos defectos; es común que la inspección se utilice para detectar efectos y generar acciones reactivas, es decir, reaccionar una vez que la falla ya está presente, pero el objetivo es siempre generar acciones correctivas para eliminar las causas que producen los defectos, cuando las causas están relacionadas con el factor humano pueden eliminarse mediante la implementación de sistemas a prueba de errores (poka-yokes). Por ejemplo, los sistemas de conexiones de diferentes tipos de cables y puertos en una computadora son un sistema poka-yoke. ¿Te has dado cuenta de que el USB, puerto serie, HDMI o VGA solo pueden ser conectados de una forma y es imposible conectarlos al revés?



Value Stream Mapping

El mapeo de la cadena de valor es una herramienta que permite visualizar gráficamente todas las actividades que agregan valor para la realización de un producto o prestación de un servicio. Se realiza un mapa de la condición actual del proceso, especificando cada uno de los pasos a seguir, en cada paso se deben especificar cuáles son sus indicadores de desempeño, es decir, qué se espera obtener como resultado en dicha estación y conociendo esa información saber si esa etapa del proceso está operando de acuerdo con lo esperado.



Kaizen

El término hace referencia a la filosofía de mejora continua, cuyo objetivo es el mejoramiento de la calidad, eliminación de desperdicios y maximizar eficiencia. Kaizen es una forma de vida dentro de la organización, es decir, que el buscar los objetivos de mejoramiento del proceso se convierta en un hábito natural; la política permite la detección oportuna de problemas y la implementación de estrategias adecuadas que ayuden a eliminar por completo los obstáculos presentes en el proceso y la organización para alcanzar los mayores estándares de calidad y satisfacción del cliente.

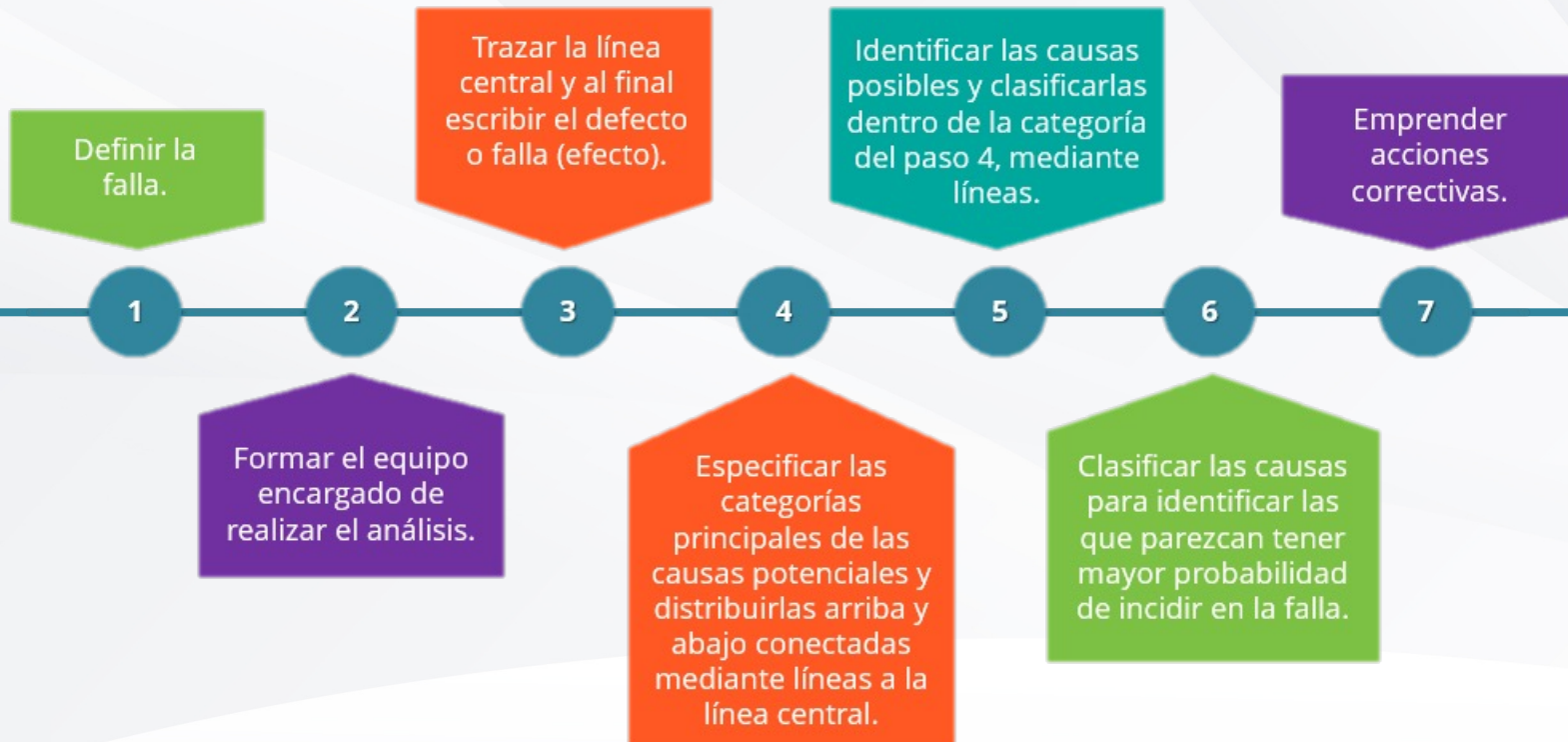
PDCA

También conocido como el círculo de Deming o PHVA, es una sistematización para implementar la mejora continua dentro de la empresa y se compone de cuatro pasos que deben ejecutarse en forma secuencial y cíclica:

- **Planificar (Plan):** establecer claramente las actividades que se pretenden mejorar, así como los objetivos que se quieren alcanzar.
- **Hacer (Do):** ejecutar las pruebas y cambios necesarios para implementar las mejoras propuestas al proceso.
- **Controlar y verificar (Check):** se debe medir el desempeño del proceso con la mejora implementada.
- **Actuar (Act):** compara los resultados del proceso con la mejora implementada vs. el comportamiento previo, si existe mejoramiento del comportamiento se debe implementar la mejora, de lo contrario se debe regresar al punto para probar nuevas opciones, una vez terminado el proceso PDCA se deben volver a buscar mejoras una y otra vez, para ir refinando el proceso cada vez más.

Análisis de causa-efecto (Ishikawa)

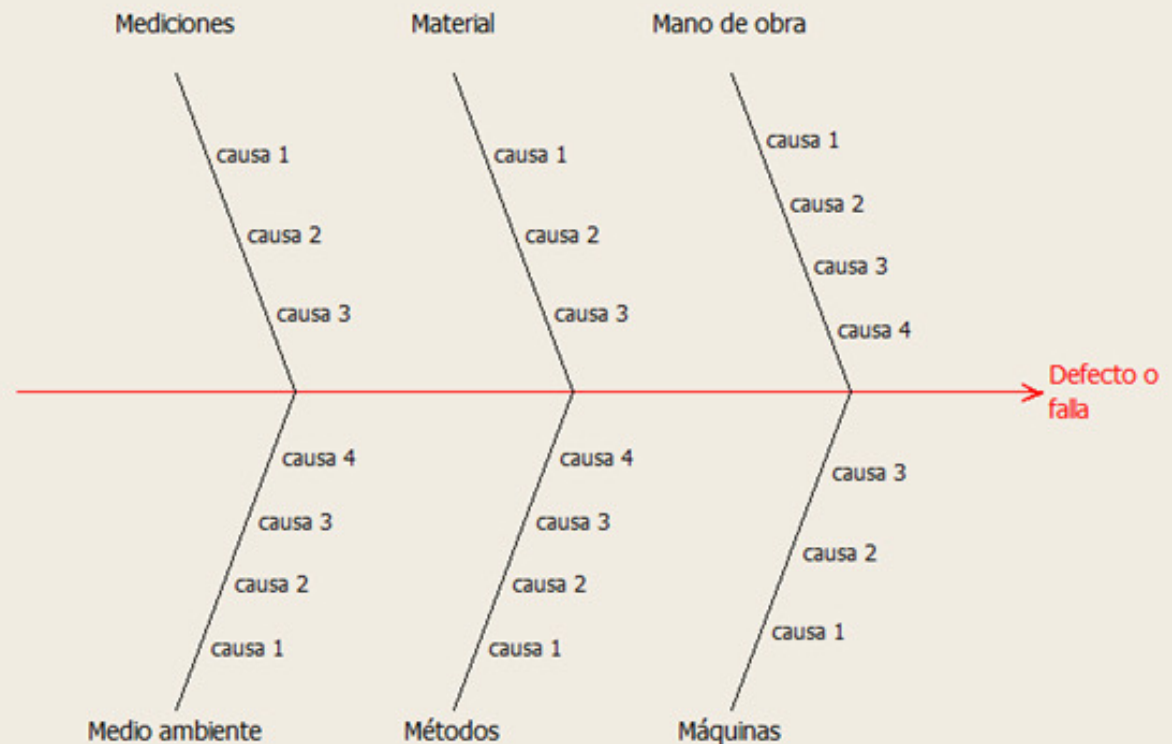
Esta herramienta visual es de gran importancia para detectar las causas potenciales que han producido algún fallo o error en el producto o proceso de fabricación; según Montgomery (2009). Los pasos para crear un diagrama de causa-efecto son los siguientes:



Las categorías principales que se enuncian en el punto 4 suelen ser las 6 M, las cuales, por lo general, definen a cualquier proceso:

- Métodos de trabajo.
- Mano de obra.
- Materiales.
- Maquinaria.
- Medición.
- Medio ambiente.

Diagrama de causa y efecto



Montgomery, D. (2009). *Control estadístico de la calidad* (3ª ed.). México: Limusa Wiley.



Mano de obra

- Conocimiento.
- Entrenamiento.
- Habilidad.
- Motivación.

Métodos

- Estandarización.
- Excepciones.
- Definición de operaciones.

Mano de obra

- Mantenimiento.
- Condiciones de operación.
- Herramientas.
- Capacidad.

Material

- Proveedores.
- Variabilidad.
- Cambios.
- Tipos.

Mediciones

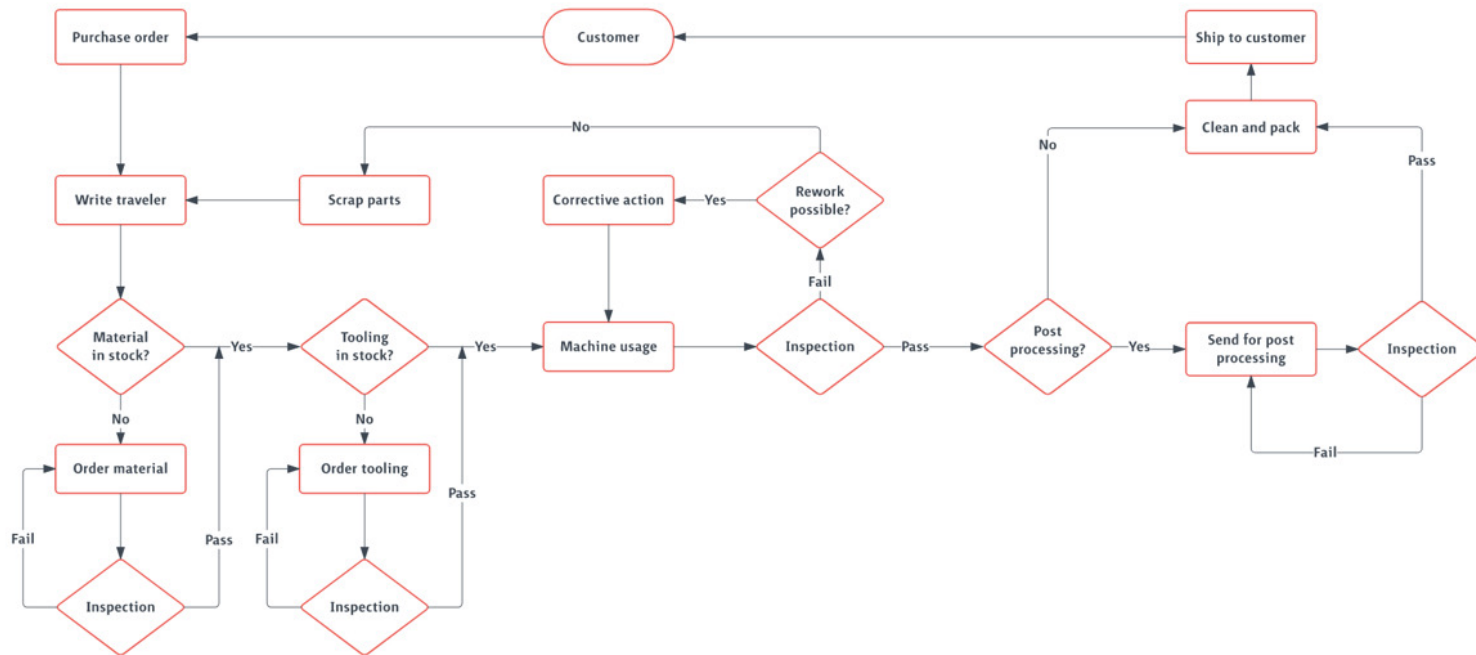
- Tamaño de la muestra.
- Repetibilidad.
- Reproducibilidad.
- Calibración.

Medio ambiente

- Temperatura.
- Humedad.
- Polvo.
- ESD.

Diagrama de flujo de proceso

El diagrama de flujo es una herramienta simple, pero muy poderosa, ya que de ella se desprende el plan de control y los PFMEA, una vez que se tiene bien definida la secuencia de actividades dentro del proceso, entonces se está en posibilidad de diseñar controles para cada etapa o estación del proceso.



Símbolo	Nombre	Función
	Inicio/Final.	Representa el inicio y final de un proceso.
	Línea de flujo.	Indica la secuencia y dirección de la ejecución de actividades dentro del proceso.
	Límite geográfico.	Indica que un proceso se encuentra aislado o segregado del flujo normal.
	Decisión.	Se analiza una situación y se toman decisiones.
	Almacenamiento de acceso directo.	Guardar información en una base de datos, mediante código de barras, sistema de trazabilidad.
	Proceso.	Indica la realización de una actividad.
	Extraer.	Indica que el material o producto sale del flujo normal del proceso. Disposición.

Voz del cliente

La obtención de las necesidades de los clientes es vital para poder lograr su satisfacción. Las compañías buscan obtener la voz del cliente mediante encuestas, entrevistas y atención a reclamos, pero una de las herramientas más ampliamente usadas para ello es la casa de la calidad o despliegue de la función calidad (QFD), que permite obtener la voz del cliente mediante cinco matrices:

1. Matriz de requerimientos. Define los requerimientos del cliente y los pondera para su atención; permite hacer un análisis competitivo interno o externo.

Row Number	Mejorar la satisfacción del cliente	Weight / Importance	Relative Weight	Competitive Analysis (0=Worst, 5=Best)				
				YO	Competidor 1	Competidor 2		
1	Garantizar la vida útil	6	13.33	5	2	3		
2	Cumplimiento a tiempo de entrega	5	11.11	4	5	3		
3	Cumplimiento a requerimientos (modelo, tipo, etc.)	10	22.22	5	3	4		
4	Tiempo de respuestas comercial (cotización, etc.)	9	20.00	2	4	3		
5	Comunicación adecuada (Avisos de cambios, problemas)	7	15.56	4	4	3		
6	Agilidad de servicio (Oportunos , proactividad y anticipación)	8	17.78	4	5	3		

2. Matriz de requerimientos técnicos. Define cómo cumplir técnicamente los requerimientos del cliente traduciendo sus necesidades en características críticas de los procesos.

		Relationship Between Requirements: 9 - Strong 3 - Moderate 1 - Weak						
	Column Number	1	2	3	4	5		
	Max Relationship Value in Column	9	9	9	9	9		
	Requirement Weight	793.3	793.3	793.3	700	753.3		
	Relative Weight	20.70	20.70	20.70	18.26	19.65		
	Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	5	4	3	5	2		
	Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	▲	▲	▲	▲	▲		
	Target or Limit Value	100%	100%	100%	100%	100%		
	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "How's")	Diagnostico de personal para su Asignación de persona de acuerdo a los requerimientos						
	Mejorar la satisfacción del cliente	capacitación del personal en conocer los requerimientos, y expectativas de los clientes						
		garantizar la comunicación oportuna a los colaboradores sobre los requerimientos						
		Definir un proceso de planeación inicial						
		Listado de open issues						
Row Number	Max Relationship Value in Row							
	Relative Weight							
1	3	13.33	Garantizar la vida útil	1	1	1	1	3
2	9	11.11	Cumplimiento a tiempo de entrega	9	9	9	9	3
3	9	22.22	Cumplimiento a requerimientos (modelo, tipo, etc.)	9	9	9	9	9
4	9	20.00	Tiempo de respuestas comercial (cotización, etc.)	9	9	9	9	9
5	9	15.56	Comunicación adecuada (Avisos de cambios, problemas)	9	9	9	3	9
6	9	17.78	Agilidad de servicio (Oportunos , proactividad y anticipación)	9	9	9	9	9

3. Matriz de correlaciones de requerimientos técnicos. Establece la correlación, ya sea positiva o negativa, de los requerimientos técnicos entre sí; por ejemplo, si se busca un auto con una potencia de motor alta, debe tenerse un buen sistema de frenado, ya que estas dos variables tienen una correlación negativa.

Correlations: Positive (+) or Negative (-)						
	Column Number	1	2	3	4	5
Row Number	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Diagnostico de personal para su Asignación de personal de acuerdo a los requerimientos	capacitación del personal en conocer los requerimientos, y expectativas de los clientes	garantizar la comunicación oportuna a los colaboradores sobre los requerimientos	Definir un proceso de planeación inicial	Listado de open issues
1	Diagnostico de personal para su Asignación de personal de acuerdo a los requerimientos					
2	capacitación del personal en conocer los requerimientos, y expectativas de los clientes	+				
3	garantizar la comunicación oportuna a los colaboradores sobre los requerimientos	+	+			
4	Definir un proceso de planeación inicial	+	+	+		
5	Listado de open issues	+	+	+	+	

4. Matriz de resumen de requerimientos técnicos. Permite ponderar los requerimientos técnicos más importantes para atenderlos por prioridades.

Row Number	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	Target or Limit Value	Max Relationship Value	Requirement Weight	Relative Weight (Relative Importance)
1	Diagnostico de personal para su Asignación de personal de acuerdo a los requerimientos	▲	1	9	793.33	20.70%
2	capacitación del personal en conocer los requerimientos, y expectativas de los clientes	▲	1	9	793.33	20.70%
3	garantizar la comunicación oportuna a los colaboradores sobre los requerimientos	▲	1	9	793.33	20.70%
4	Definir un proceso de planeación inicial	▲	1	9	700.00	18.26%
5	Listado de open issues	▲	1	9	753.33	19.65%

Matrices del QFD obtenidas de QFD online Six Sigma Products Group Inc.
<http://www.qfdonline.com/templates/>

Instrucciones

Revisa detenidamente el siguiente video:

ComoHacerWTF. (2016, 8 de noviembre). *Como Hacer Un Avion De Papel Fácil Que Vuela Con Motor a Goma* [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=4Q-NiHzi_4A

- Diseña un diagrama de flujo para el proceso.
- Diseña un diagrama SIPOC para el proceso.



Las herramientas lean juegan un papel muy importante en la implementación, mantenimiento y supervisión adecuada de los procesos, estas herramientas ayudan a que tu proceso se mantenga operando dentro de las especificaciones y requerimientos del cliente. En la norma aeroespacial AS 9100, la sección 7 precisamente enmarca que los procesos deben estar sujetos a controles y herramientas que permitan asegurar que se encuentran operando de acuerdo al diseño y requisitos establecidos en el sistema de gestión de la calidad (SGC).

Las herramientas lean son muy diversas y buscan mejorar aspectos variados en todo el proceso de producción, pero no funcionan por sí solas, debe haber un compromiso de la organización y de sus integrantes para un correcto entendimiento, análisis e implementación de ellas, más que un proceso de reglas y procedimientos deben vivirse como una cultura diaria de trabajo, enfocando siempre la energía de la organización en mejorar los resultados del proceso para poder convertirse en una empresa de clase mundial, atractiva para los diferentes clientes participantes en el mercado aeroespacial.



Calidad aeroespacial

Análisis de modo y falla
(mantenimiento y control)

Semana 6



En el desarrollo de este tema se presentan herramientas mundialmente utilizadas en la detección de fallos en procesos y etapas de diseño, la utilización de estas se ha vuelto un paso obligado en todos los procesos y servicios que aspiran a ser de clase mundial. Presta importante atención al contenido, ya que te ayudará a comprender la importancia del análisis de fallas y su papel fundamental en el mantenimiento y control de los procesos, recuerda que el objetivo de la compañía es cumplir con las regulaciones y estándares nacionales e internacionales que rigen su campo de acción, así como los requerimientos del cliente.

Finalmente, tenemos estas preguntas de reflexión sobre el tema:

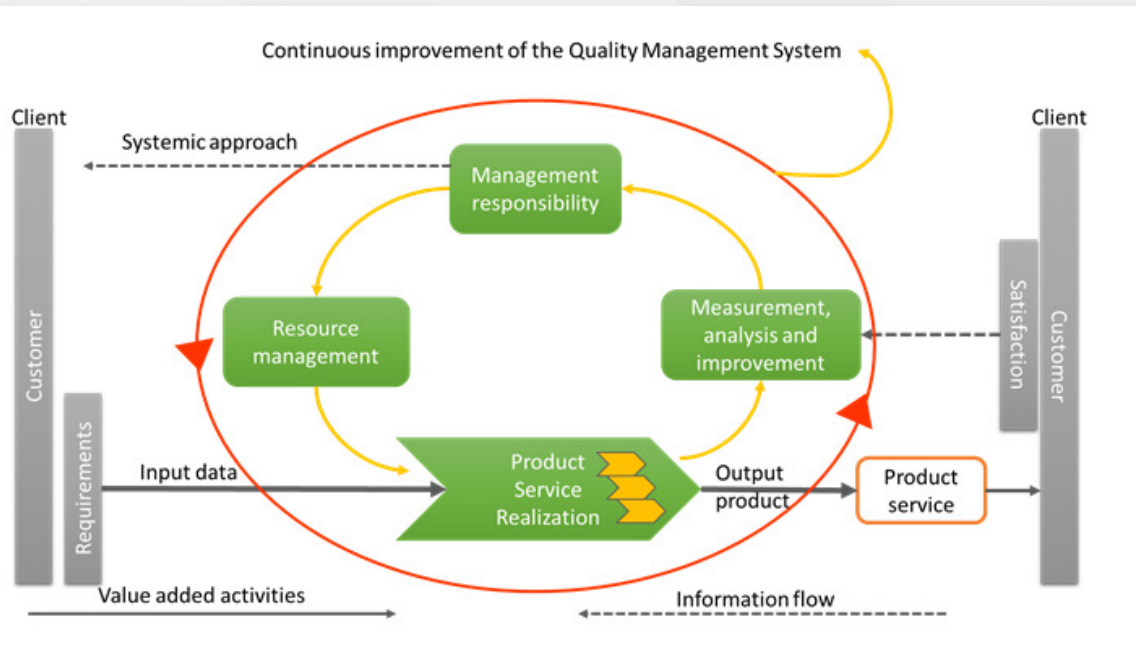
- **¿Qué harías si compras un automóvil nuevo de agencia y a los pocos días de uso presenta una falla en su funcionamiento?**
- **Identifica los errores potenciales que puedes cometer mientras manejas un vehículo, ¿qué consecuencias podrían tener?**
- **Enlista las acciones que tendrías que aplicar para eliminar la aparición de los errores que enlistaste en el punto anterior.**



La única constante en los procesos es el cambio y con ello la variación y las posibles fallas y errores que deben ser detectados, atendidos y prevenidos.

Sistema de calidad de procesos

A lo largo del desarrollo de tu Certificado en Calidad Aeroespacial has aprendido que ISO 9001 es una familia de estándares mundialmente aceptados para el establecimiento de los sistemas de gestión de calidad en variados procesos industriales y servicios que existen alrededor del mundo. Del estándar principal se desprenden estándares específicos para los diferentes tipos de industrias y procesos, por ejemplo, además de tener la certificación ISO 9001 en el área automotriz, se debe cumplir con los requerimientos establecidos en IATF16949, en la industria aeroespacial es AS 9100, y de cada estándar como estos dos anteriores se derivan muchos otros, cada vez más específicos y particulares para ciertas actividades de la organización, que tiene la siguiente estructura general:



El análisis de modo de falla y efectos (AMEF o FMEA) es una herramienta derivada del sistema de producción de Toyota (TPS), que originalmente se utilizó exclusivamente en el diseño y control de procesos de la industria automotriz, sin embargo, tanto en la norma IATF1694 como en la AS 9100, la sección 7 está dedicada a la realización del producto, es donde se hace mayor referencia y uso de los FMEA. Cualquier SGC debe contar con un procedimiento formal para el uso de los FMEA.

Modo de falla (PFMEA & DFMEA)

El análisis de modo de falla y efectos (AMEF o FMEA) es una metodología que permite identificar y prevenir las fallas potenciales de un proceso o producto antes de que ocurran. La metodología se enfoca en lo siguiente:

- Prevenir defectos.
- Aumentar la seguridad.
- Incrementar la satisfacción del cliente.

A continuación se enlistan los pasos generales del proceso de construcción del FMEA:

1. **Formar el equipo** multidisciplinario y con amplia experiencia en la operación del proceso o producto.
2. **Identificar los modos de falla**, es decir, todas las posibles formas en que el proceso o producto puede fallar.
3. Para cada modo de falla, **identificar su efecto** y calcular su **severidad**.
4. **Identificar causas potenciales** de la falla y estimar la **frecuencia de ocurrencia**.
5. **Enlistar** los controles que detectan la ocurrencia antes de que el producto pase al siguiente proceso. Se debe calcular la probabilidad de que el control detecte correctamente la falla.

6. **Calcular el número prioritario de riesgo NPR**, por sus siglas en inglés (risk priority number):

(RPN): Severidad X Ocurrencia X Detección.

6.1 Tanto la severidad como la ocurrencia y detección se evalúan con una escala del 1 al 10, aquí es donde juega un papel importante la experiencia del equipo que está construyendo el FMEA; la evaluación de riesgos debe hacerse sobre hechos y no sobre suposiciones, se debe tener a la mano toda la información y documentación del proceso para evaluar la escala de forma realista y comprobable.

6.2 Los modos de falla con **NPR más elevados son los que deben tener prioridad en su atención** y en la implementación de acciones para disminuir su aparición.

6. **Documentar** todo el proceso de construcción del FMEA, así como las acciones implementadas y recalcular los NPR.

Modo de falla (PFMEA & DFMEA)

Quality Tools

Failure Mode and Effects Analysis

Description

This template illustrates a Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), also referred to as a Potential Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA) or Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (FMECA). A detailed discussion can be found at www.ASQ.org

[Learn About FMEA](#)

Instructions

- Please follow the link for detailed instructions for data entry
- Initiate action to reduce the RPN
- Re-evaluate the RPN value after completion of the recommended actions

Learn More

To learn more about other quality tools, visit the ASQ Learn About Quality web site.

[Learn About Quality](#)



FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS																
Item: Drill Hole		Responsibility: J. Doe		FMEA number: 123456												
Model: Current		Prepared by: J. Doe		Page: 1 of 1												
Core Team: J. Doe (Engineering)		Smith (Quality)		FMEA Date (Orig): 01/01/08		Rev: 1										
Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls	Detection	RPN	Recommended Action(s)	Responsibility and Target Completion Date	Action Results				
												Actions Taken	Severity	Occurrence	Detection	RPN
Drill Hole	Hole not deep enough	Break through bottom plate	5		Improper machine set up	3	Operator training and instructions	3	45	Install Tool Detectors	J. Doe	01/03/08	5	5	1	25
			5		Broken Drill	5	None	9	225							0
									0							0

Elementos del PFMEA

- A. Función del proceso
- B. Modo potencial de falla
- C. Efectos de la falla
- D. Severidad
- E. Clasificación o criterio
- F. Causas
- G. Dueños del proceso y quien realiza el PFMEA
- H. Controles actuales del proceso
- I. Detección
- J. NPR
- K. Acciones recomendadas
- L. Responsables y fecha de implementación

Stamatis, D. (2003). Failure mode and effect analysis. *FMEA from theory to execution* (2ª ed.). Estados Unidos: ASQ Quality Press.

Instrucciones

1. Investiga a grandes rasgos cuáles son los pasos que debes ejecutar para poder estacionarte de reversa con tu auto.
2. Diseña el diagrama de flujo del proceso. Este deberá ser robusto e incluir el mayor detalle posible.
3. Llena un formato FMEA para el proceso. Recuerda preguntarte qué podría salir mal.



Cualquier proceso de producción o diseño de productos está expuesto a la presencia de fallas, las cuales pueden ser de diferentes tipos y proceder de diferentes fuentes, por esta razón es importante el uso de la metodología de FMEA, para poder tener una detección oportuna de ellas y entonces ser capaces de emprender acciones para buscar su eliminación o reducción de incidencia.

Cualquier sistema de gestión de calidad formalmente establecido debe contar con el uso de los FMEA en sus procesos. Es imperativo que te asegures de que el producto final cumple con los requerimientos del cliente y no presentará fallas en su vida útil; la única forma de asegurar que la incidencia de fallas sea mínima o nula está en la correcta puesta en marcha de controles adecuados en el proceso, capaces de detectar y corregir las fallas presentes en el mismo.

Como pudiste revisar a lo largo del tema, el análisis de modo y efectos de falla es una metodología estandarizada que consta de una serie de pasos para su desarrollo, pero sobre todo debe contar con el compromiso de la organización y de los integrantes del core team, para que la implementación de dicha estrategia sea llevada en forma correcta y así poder obtener resultados positivos con su uso. El hecho de prevenir fallas de operación permitirá a la organización ahorros sustantivos de recursos tanto financieros como materiales y de mano de obra, además, le permitirá consolidarse como una compañía de calidad global, ganando confiabilidad y prestigio entre sus clientes.





Calidad aeroespacial

Análisis del sistema de
medición (implementación)



Semana 6



Algunas herramientas y técnicas que revisarás en este tema tienen su origen en el año 1920, cuando Walter Shewhart implementó unas cartas de control estadístico para medir y controlar un proceso de fabricación de teléfonos en Western Electric, los cuales surtían a Bell Telephone Company.

Otras herramientas como las capacidades de proceso y el MSA forman parte importante de la metodología Seis Sigma, con la que probablemente ya estás familiarizado, ya que fue originada en Motorola, empresa líder en telecomunicaciones a nivel global. El éxito de dicha compañía fue tal, que hoy en día la metodología Seis Sigma se implementa en todo el mundo y en diversos tipos de procesos industriales, automotrices, aeroespaciales, farmacéuticos, agropecuarios, hospitalarios, de servicios, entre otros.

Finalmente, tenemos estas preguntas de reflexión sobre el tema:

- **Enlista todos los dispositivos que conoces que pueden usarse para medir las características físicas de un producto.**
- **¿Cómo te asegurarías de que el procedimiento y las herramientas que utilizas para medir tu proceso son los adecuados?**
- **Investiga qué aportaciones hicieron Juran y Deming a las cartas de control de Shewhart.**



Lord Kelvin decía “Lo que no se define, no se puede medir, lo que no se mide no se puede mejorar, lo que no se mejora se degrada siempre...”

Análisis de Sistema de Medición (MSA)

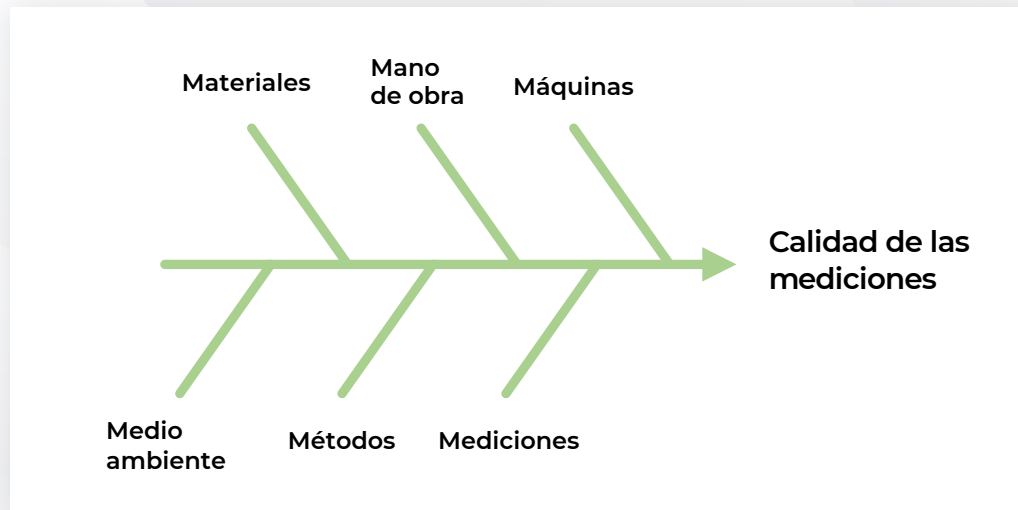
El análisis del sistema de medición (MSA) forma parte de las *core tools* de calidad utilizadas en la industria automotriz, las cuales son requeridas por la norma IATF16949. La efectividad de los sistemas de gestión de calidad en la industria automotriz ha dado pie para que diferentes tipos de procesos los adapten e implementen, entre ellos, la manufactura aeroespacial, regidos por la norma AS9100.

El objetivo del MSA es medir y asegurar la calidad de las mediciones, es decir, se utiliza para responder algunas preguntas como las siguientes:

- **¿Se está midiendo de forma correcta?**
- **¿El dispositivo para medir dicha característica es el adecuado y está calibrado?**
- **¿Existe variabilidad en el proceso de medición?**
- **¿Cuáles son las fuentes de variabilidad en el proceso de medición?**
- **¿Cómo afecta la variabilidad del proceso de medición en la certeza de los datos obtenidos?**



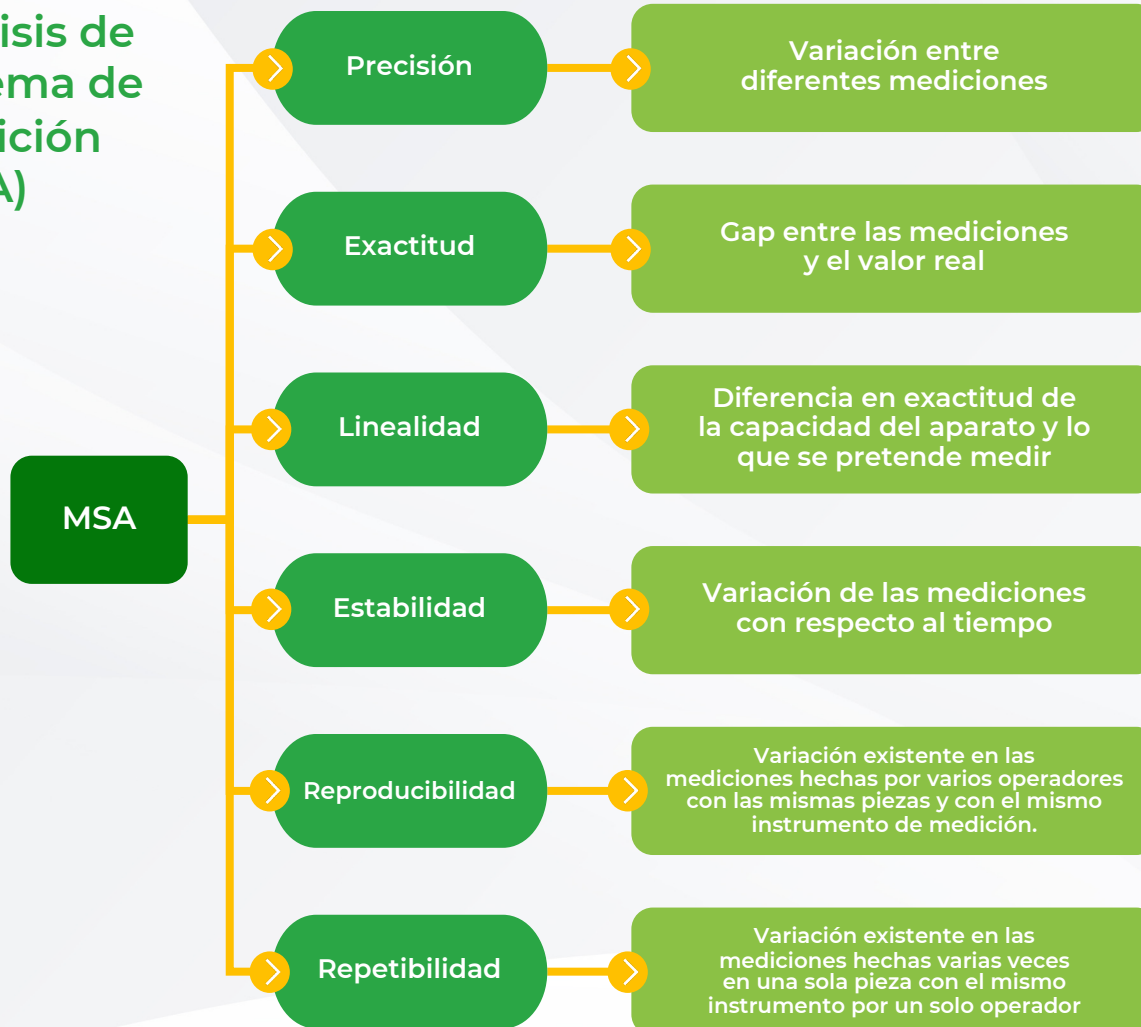
Las 6M son las grandes contribuyentes a la variabilidad de las especificaciones del producto final, entre ellas se encuentra la variabilidad de las mediciones. A su vez, el sistema de medición se puede ver como un proceso, entonces también tiene fuentes de variabilidad como las que se muestran a continuación:



Las principales fuentes de variabilidad en el proceso de medición son el equipo de medición (máquinas), los operadores (mano de obra), la variación dentro de la muestra (método), las condiciones del lugar de trabajo (medio ambiente), la variación intrínseca o natural del proceso o producto (materiales).

Se debe entender que la varianza total observada es la suma de la varianza propia del producto y la varianza del instrumento de medición: $\sigma^2_{total} = \sigma^2_{producto} + \sigma^2_{instrumento}$

Análisis de Sistema de Medición (MSA)



$$\% \text{ Error} = \frac{|V_P - V_R|}{\hat{\sigma}} * 100$$

$$m = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \quad b = \frac{\sum b - a \sum x}{n} \quad y = mx + b$$

Gage R&R

Los Gage R&R son estudios de repetibilidad y reproducibilidad sobre los instrumentos de medición que deben realizarse para lo siguiente:

- **Aceptar instrumentos nuevos.**
- **Comparar dos instrumentos entre sí.**
- **Evaluar un instrumento después de su ajuste.**
- **Evaluar un instrumento sospechoso.**
- **Cuando la variación del proceso presente desviaciones de sus puntos normales de operación.**
- **De forma periódica, de acuerdo con las normas regulatorias.**



El método de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) también se conoce como el método de medias o método largo, o el método de rangos o método corto. El procedimiento para hacer el estudio es el siguiente:

- Calibrar el instrumento.
- Tomar 10 piezas al azar y enumerarlas.
- Seleccionar de dos a tres operadores que midan por lo menos dos veces las piezas del punto anterior.
- Seleccionar aquellas piezas que cubran todo el rango de variación de la especificación, incluyendo algunas fuera de él.
- Llevar a cabo el estudio; se recomienda el uso de algún software, normalmente es Minitab®.

R&R del sistema de medición

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
R&R del sistema de medición total	0.40580	5.57
Repetibilidad	0.31415	4.31
Reproducibilidad	0.09165	1.26
Operador	0.09165	1.26
Parte a parte	6.87886	94.43
Variación total	7.28466	100.00

La tolerancia del proceso es = 15

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. del estudio (6 * DE)
R&R del sistema de medición total	0.63702	3.8221
Repetibilidad	0.56049	3.3629
Reproducibilidad	0.30274	1.8164
Operador	0.30274	1.8164
Parte a parte	2.62276	15.7366
Variación total	2.69901	16.1941

Fuente	%Var. del estudio (%VE)	%Tolerancia (VE/Toler)
R&R del sistema de medición total	23.60	25.48
Repetibilidad	20.77	22.42
Reproducibilidad	11.22	12.11
Operador	11.22	12.11
Parte a parte	97.17	104.91
Variación total	100.00	107.96

Criterio de aceptación

Debajo de 10%	Excelente sistema de medición.
10% - 20%	Bueno, aceptable.
20% - 30%	Marginalmente aceptable.
Arriba de 30%	Inaceptable y debe ser corregido.



Instrucciones

1. Consigue 10 palillos y un vernier.
2. Establece un límite superior e inferior de la altura de los palillos. De ser posible, consulta sus especificaciones para conocer sus valores nominales.
3. Implementa mediciones de su largo, toma de dos a tres muestras para cada palillo.
4. Elabora una tabla con las mediciones de cada palillo.
5. Corre el análisis R&R en Minitab®.
6. Redacta una conclusión sobre la calidad de tu sistema de medición.
7. Documenta todo tu procedimiento y los resultados obtenidos en Minitab®.

Descarga Minitab® gratis por 1 mes:
<https://www.minitab.com/es-mx>

Descárgalo gratis para la comunidad
Tecmilenio: <https://miportal.tecmilenio.mx/>



En la norma aeroespacial AS9100, en la sección 7.6, se especifican las directrices de la organización para asegurar el correcto control y monitoreo de los dispositivos utilizados para la medición de variables dentro del proceso. Por ello, a lo largo del tema aprendiste la importancia de establecer un análisis para el sistema de medición (MSA), ya que los instrumentos también están sujetos a diferentes causas de variabilidad, las cuales pueden modificar de manera negativa el desempeño del proceso, es imperativo tener la seguridad de que las mediciones que se toman sobre el proceso son confiables.

Una de las herramientas más utilizadas para los MSA son los estudios de repetibilidad y reproducibilidad, conocidos como Gage R&R; aplicando dicho estudio tendrás la capacidad para evaluar la calidad del sistema de medición y así poder emprender acciones correctivas o de mejora sobre este, en caso de que sus índices P/T sean mayores al 10%. Siempre recuerda que lo que no se mide no se puede controlar, y uno de los objetivos de un SGC aeroespacial es mantener bajo control el proceso de manufactura, para poder asegurar los requerimientos de calidad especificados por el cliente.

