

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Aeronáutica

Implantación Filosofía Seis Sigma en un Proceso Aeronáutico.

Autor: Raquel Bolaño Cruz

Tutor: Luis V. Bohórquez Jiménez

**Dep. Ingeniería Mecánica y Fabricación.
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2018



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Aeronáutica

Implantación Filosofía Seis Sigma en un Proceso
Aeronáutico.

Autor:

Raquel Bolaño Cruz

Tutor:

Luis V. Bohórquez Jiménez

Profesor Contratado Doctor

Dep. Ingeniería Mecánica y Fabricación

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Aeronáutica

Implantación Filosofía Seis Sigma en un Proceso Aeronáutico.

Autor: Raquel Bolaño Cruz

Tutor: Luis V. Bohórquez Jiménez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal

A mis padres y hermana

Agradecimientos

Este documento es el final de una etapa, hasta ahora la más importante de mi vida por la inmensa cantidad y variantes experiencias que me han formado tanto académica como personalmente. Por ello, me gustaría dar las gracias a todas las personas que han estado en el camino y han hecho posible finalizarlo.

Sin duda, aprender es una de las cosas más gratificantes de mi vida, por ello me gustaría comenzar dando las gracias a todos mis profesores, que con su paciencia y conocimiento hacen crecer a los demás cada día.

En segundo lugar, a mis compañeros de fatiga y ahora grandes amigos, mis compañeros de la escuela. Gracias por crear el mejor ambiente de trabajo que pudiera imaginar, siempre dispuestos a ayudar.

Por otro lado, a las personas más importantes de mi vida, los que siempre me dan su cariño y apoyo incondicional, mi familia. En especial a mis padres, por enseñarme con su ejemplo que lo mejor para superar una caída es levantarse y que con esfuerzo todo se puede lograr. Y a mi hermana, por hacerme ver siempre el lado positivo de las cosas. Suya es esta carrera también porque han sufrido y disfrutado con mis adversidades y logros más que si fuesen suyos propios.

Por último, al tutor de este proyecto, Luis Valentín Bohórquez. Gracias por ofrecerme su ayuda, por su atención, dedicación y practicidad.

El mundo es demasiado grande para caminar sola, así que, gracias a todos por acompañarme.

Raquel Bolaño Cruz
Sevilla, 2018

Resumen

Este proyecto ha sido creado para explicar en qué consiste la metodología Seis Sigma, qué ventajas tiene frente a la calidad tradicional y en qué metodologías y herramientas estadísticas se basa para garantizar la calidad en la entrega del producto al cliente.

La necesidad de este estudio exhaustivo de la calidad del producto surge por tratarse de un nuevo programa para la planta. Es fundamental mejorar la calidad frente al cliente para hacerles ver que somos mejores que nuestros competidores. Esto garantiza no perder el cliente y abrirse puertas a nuevos proyectos.

Por último se han reflejado las conclusiones obtenidas de estas líneas así como futuras líneas de investigación.

Sin lugar a dudas, las conclusiones más importantes que se pueden extraer es que se logran mejores resultados trabajando todos en equipo, contando con todas las personas implicadas en el proceso de montaje sea cual sea su labor, caminando en una misma dirección. Una sola persona no tiene toda la visión del conjunto.

Y que la clave del éxito estriba en estudiar la causa raíz del problema no poniendo tan sólo solución inmediata al fallo cometido, eso es un parche momentáneo, pero que no evita que vuelva a suceder.

Índice

Agradecimientos	1
Resumen.....	3
Índice	4
Capítulo 1: INTRODUCCIÓN.....	7
Capítulo 2: ¿QUÉ ES SEIS SIGMA?	11
2.1. Definición.	11
2.2. Origen y evolución.....	13
2.3. Organización para el Seis Sigma.....	14
2.3.1. Cualificaciones Seis Sigma.....	14
2.3.2. Estructura Organizativa.....	17
2.4. Metodologías Seis Sigma.....	22
2.4.1. Metodologías Clásicas.....	22
2.4.2. Ciclo PDCA.....	22
2.4.3. Ocho Disciplinas- TOPS 8D	24
2.4.4. DMAIC	26
2.4.4.1. Definir	28
2.4.4.2. Medir	28
2.4.4.3. Analizar	29
2.4.4.4. Mejorar.....	30
2.4.4.5. Controlar.....	31
2.4.5. Otras.....	31
Capítulo 3: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	33
Capítulo 4: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y SUS EFECTOS	36
4.1. Definición de AMFE.....	36
4.1.1. Modo de fallo potencial:.....	36
4.1.2. Efectos de fallo potencial:.....	36
4.1.3. Causas de fallo potencial:	37
4.2. Tipos de AMFE.....	37

4.2.1. AMFE de Diseño:	37
4.2.2. AMFE de Proceso:	37
4.3. Objetivos	37
4.4. Equipo de trabajo y responsabilidades	38
4.4.1. Equipo AMFE:.....	38
4.4.2. Responsabilidades:.....	38
4.5. Sistemática a seguir en el AMFE.....	39
Capítulo 5: ANÁLISIS SISTEMA DE MEDICIÓN (MSA): REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD (R&R)	42
5.1. Definición de MSA.	42
5.1.1. Definiciones.....	42
5.2. Directrices para el MSA.	45
5.2.1. Directrices para determinar la Estabilidad.....	45
5.2.2. Directrices para determinar el Sesgo.....	46
5.2.3. Directrices para determinar la Repetibilidad y la Reproducibilidad en mediciones por variables.46	
5.2.4. Directrices para determinar la Repetibilidad y la Reproducibilidad en mediciones por atributos.48	
Capítulo 6: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS.....	50
ANEXOS	55
ANEXO A: CARACTERÍSTICAS DE CONTROL (KC/CI) DEL PROCESO DE MONTAJE DE LOS CAPOTS.	56
ANEXO B: OCURRENCIA, SEVERIDAD Y DETECTABILIDAD.....	57
ANEXO C: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	59
ANEXO D: AMFE DE PROCESO.....	60
ANEXO E: ANÁLISIS 8D.	62
ANEXO F: RYR POR VARIABLES: MÉTODO DE LA MEDIA Y EL RECORRIDO.	70
ANEXO G: RYR POR ATRIBUTOS: MÉTODO BINARIO.....	74
ANEXO H: CONTROL DE AVANCES E INCIDENCIAS.	77
ANEXO I: DEFINICIÓN Y CONTROL DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CONTROL DEL PRODUCTO.	78
ANEXO J: CONTROL DEL CICLO DE MEJORA.....	79
ANEXO K: CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO (CEP).....	81
REFERENCIAS.....	82

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

El presente Proyecto Fin de Carrera ha sido realizado en una empresa de montaje aeronáutico perteneciente a un gran grupo suministrador de primer nivel (Tier 1) para los principales fabricantes aeronáuticos: Airbus, Bombardier, Embraer, Sikorsky, Boeing, EADS, Leonardo. Con más de 500 millones de facturación y 4000 empleados es uno de los principales proveedores de España y del mundo.

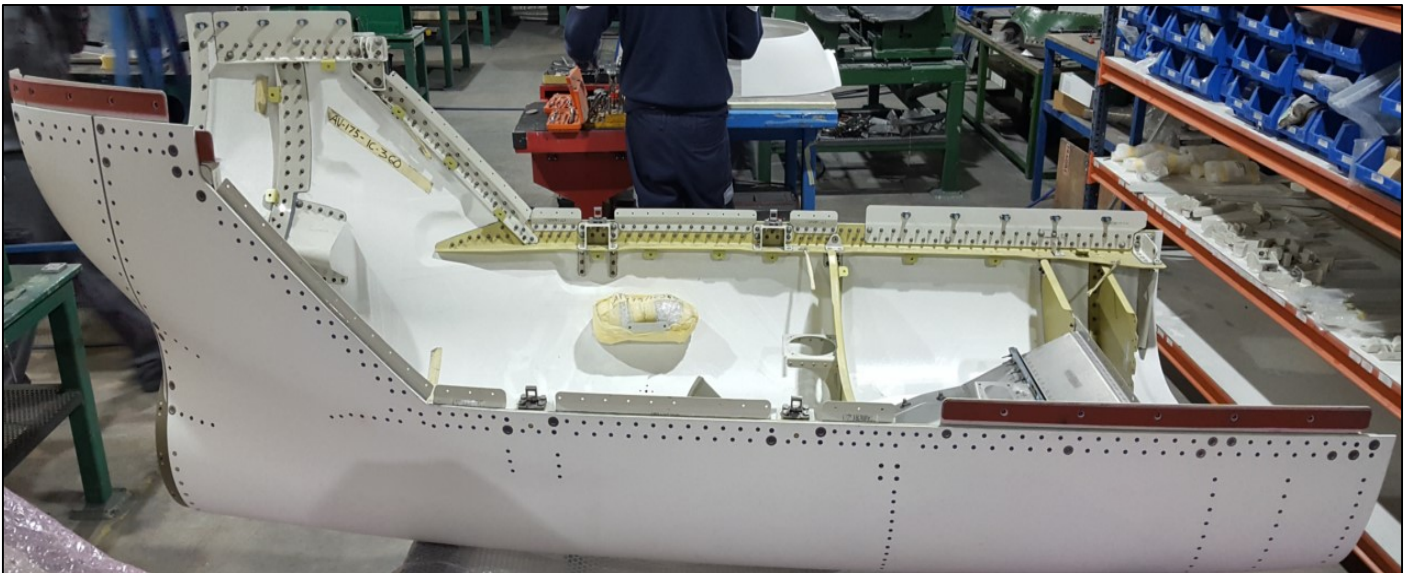
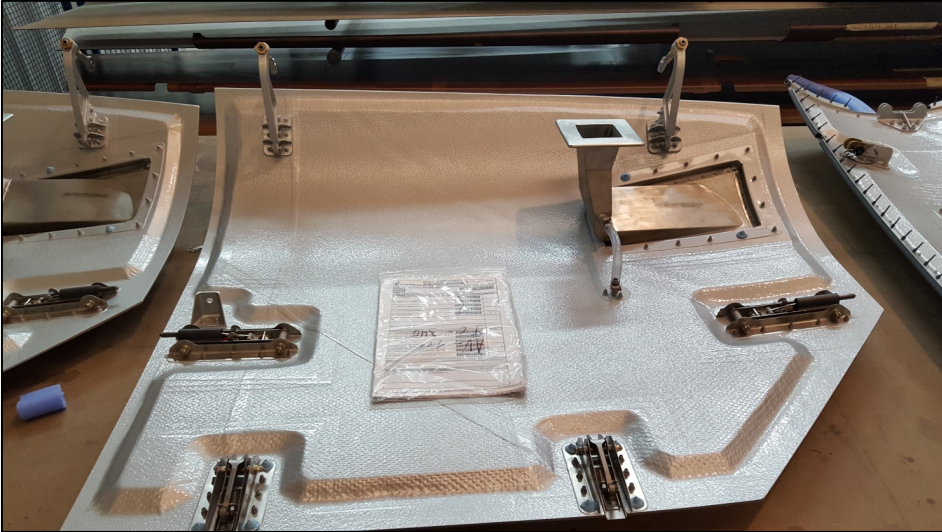
El proyecto surge de la necesidad de mejorar la calidad requerida por el cliente en un programa nuevo para la planta: los capots o lugar donde se albergan los motores de un avión.

No se trata de un programa de nueva creación, si no de una transferencia de otra planta, pero aún así debemos adecuarlo a el modo de trabajo y requerimientos actuales, ya que existen diferentes inspecciones.

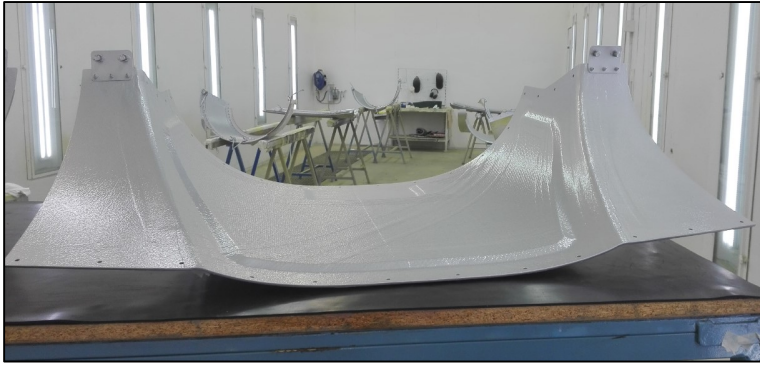
Los capots constan de 18 piezas de fibra de carbono (9 para motor izquierdo y 9 para motor derecho) cuya función es albergar y proteger los dos motores que presenta dicho avión. Así como mejorar la aerodinámica con su forma.



Maqueta simulación real de uno de los Capots.



Piezas que conforman los Capots.



Piezas que conforman los Capots.

El objetivo de este proyecto es garantizar la calidad del producto. Nos encontramos viviendo una nueva era económica en la que la mejora continua de la calidad de todo lo que hacemos se ha convertido en una forma de vida (y en muchos casos de supervivencia) de la mayor parte de las empresas tanto del sector de fabricación como del de servicios. Esta forma de actuar y de pensar es la única que permite mantenerse a una empresa a un nivel competitivo adecuado. La calidad y la productividad están íntimamente ligadas, por lo que todo progreso logrado en la mejora de la calidad se traduce en un incremento de la productividad y por lo tanto dando una ventaja a la empresa que lo logra, en su competencia con otras empresas que no se encuentran implicadas en este cambio. La única forma de expandir esta forma de actuar a todas las áreas de la empresa es que todos y cada uno de sus miembros se coloquen a la cabeza de un movimiento de mejora continua. Solamente mediante la total participación de todas las personas de todos los niveles de la empresa, es posible extender el compromiso con la excelencia a todos y cada uno de sus miembros.

Para garantizar la calidad del producto se ha seguido la filosofía Seis Sigma.

Esta filosofía pretende alcanzar la excelencia más allá de los estándares de la calidad. Llegar a la ausencia de defectos o errores (Plan Cero Defectos) mediante una metodología que se ha demostrado altamente exitosa en varios campos.

Capítulo 2

“Seis Sigma. Un nombre nuevo para un antiguo sueño: productos y servicios prácticamente perfectos para nuestros clientes”. (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004)

¿QUÉ ES SEIS SIGMA?

A continuación se va a desarrollar todos aquellos conceptos que hagan comprender que se entiende por Seis Sigma: Definiciones, principios e historia.

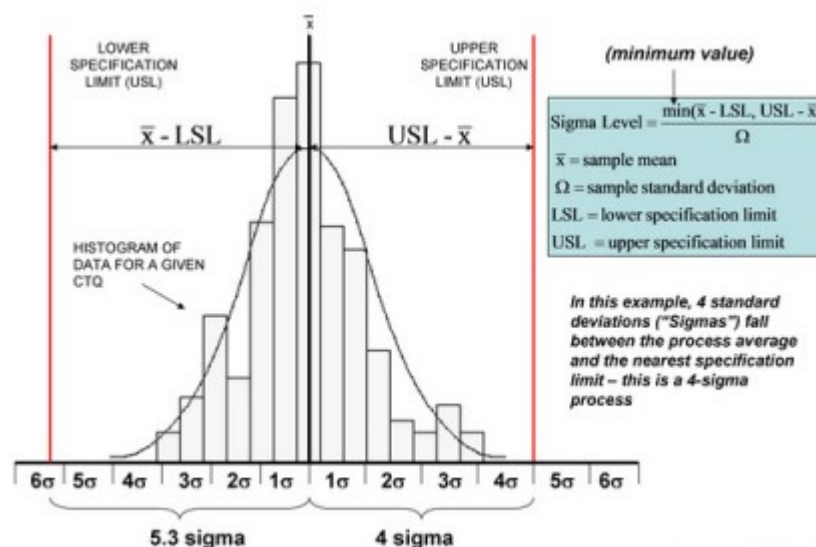
2.1. Definición.

Seis Sigma es una metodología de mejora continua de procesos centrada en la reducción de la variabilidad, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega del producto. Tiene como principal fundamento el establecer un compromiso con los clientes para ofrecer productos de la más alta calidad a un menor costo.

El objetivo de Seis Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier evento en que el producto no logra cumplir los requisitos del cliente.

La nomenclatura de Six Sigma procede de la letra griega sigma “σ”, término utilizado en estadística para identificar la desviación estándar de una población. Sigma o la desviación estándar, indica la variación dentro de un conjunto de elementos o población. Este conjunto de elementos debe referirse a los que surgen de la realización de un mismo proceso.

Así pues, en un proceso cualquiera, la distribución de mediciones o histograma se corresponde aproximadamente con una campana de Gauss, donde existen unos límites superiores e inferiores que indican la zona o área que cumplen las especificaciones. Todos los elementos que queden fuera de estos límites deben considerarse como defectos.



Histograma de frecuencias para calcular Nivel Sigma.

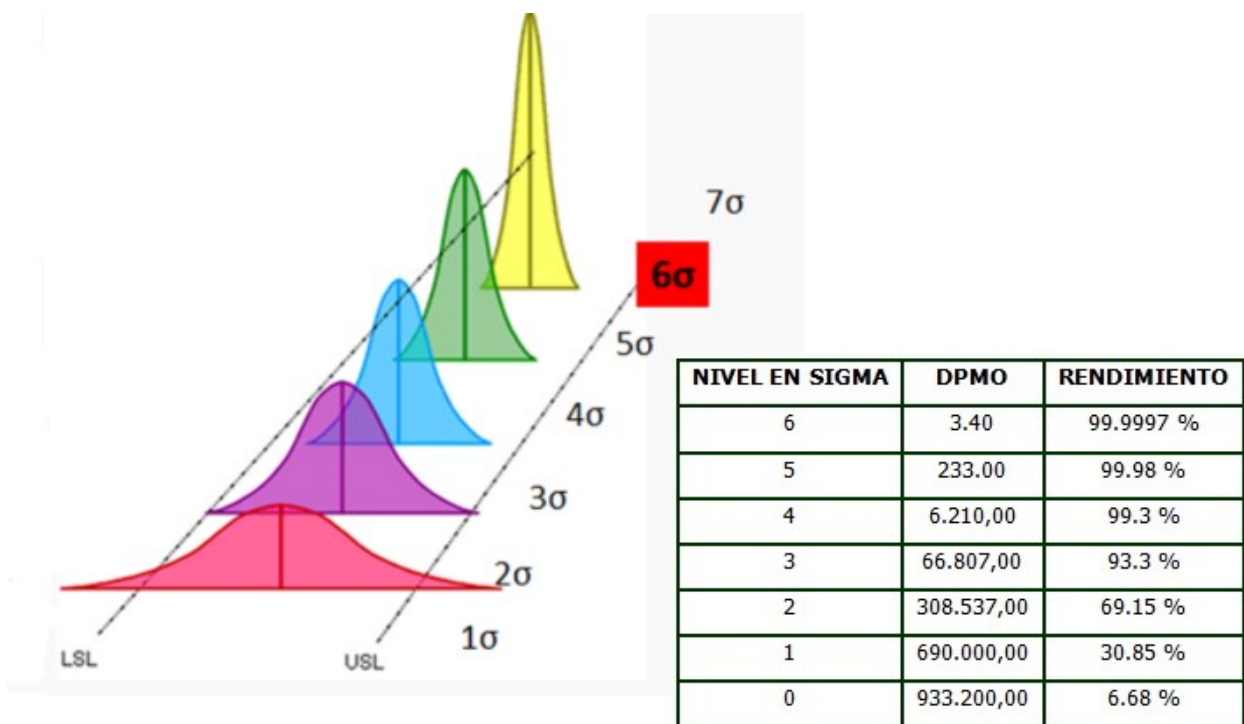
Cuanto mayor sea la dispersión de valores tomados, mayor será la desviación estándar, por tanto, el proceso será mejor a medida que los datos tomados sean menos dispersos.

Un valor de 6σ es el equivalente a 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), o probabilidades de defecto. Es decir, el área que queda dentro de los límites entre $+3\sigma$ y -3σ sería del 99,9997%. Lógicamente, cuanto más alta y centrada sea la curva, mayor nivel de fiabilidad podrá alcanzar el proceso. Y a la inversa, cuanto más achatada y descentrada, mayor será la probabilidad de defectos puesto que será mayor el área exterior de los límites.

El nivel sigma corresponde a cuantas desviaciones estándar caben entre los límites de especificación del proceso.

Por ejemplo, si debemos realizar un taladros de diámetro 4,8 mm cuya tolerancias son $\pm 0,02$. El SLS (Límite de Especificación Inferior) será 4.78 y el USL (Límite de Especificación Superior) 4,82 con un objetivo de 4,8. Si el proceso tiene un desempeño de 3 Sigma, por cada millón de taladros dados, 66.800 tendrán un diámetro inferior a 4.78 y superior a 4.82, mientras que si el proceso tiene un rendimiento de 6 Sigma, por cada millón de taladros dados, tan sólo 3,4 tendrán un diámetro inferior o superior a los límites dados.

El nivel sigma es una medida de lo bueno que son los procesos y se relaciona con los defectos por millón de oportunidades (DPMO) de la siguiente manera:



Niveles Sigma.

Se puede reducir el nivel sigma siguiendo cada una de las fases que componen el Seis Sigma: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC). Posteriormente se definirán con detalle.

Cada una de estas de estas fases deberá aplicarse en el proceso. De su orden y rigor dependerá en gran medida el nivel de superación alcanzado.

La metodología Seis Sigma tiene como principal objetivo obtener la máxima satisfacción del cliente.

Para evitar que vuelvan a producirse los fallos o defectos, persigue buscar el origen de estos para estudiarlo y erradicarlo.

La forma de erradicarlo debe ser, en la medida de lo posible, trabajando por mejorar el proceso.

Esta metodología se basa en el trabajo en el equipo y la proactividad de cada uno de sus miembros, trabajando por conseguir un objetivo común, la perfección en el producto, en cuanto a calidad requerida por el cliente se refiere: Cero Defectos.

2.2. Origen y evolución.

En la década de los setenta, Motorola tenía niveles de calidad horribles. Pero sufrió un giro drástico debido a la adquisición de una de sus fábricas por una empresa japonesa que comenzó a tomarse en serio la calidad, ya que garantizar la venta de un buen producto garantiza la fidelidad del cliente.

Su nuevo Director General, Bob Galvin recoge el desafío de lograr una mejora importante en el rendimiento, logrando que en 1.985 Bill Smith, un veterano ingeniero de Motorola redactara un informe en el que explicaba que si un producto defectuoso era corregido durante su proceso de producción, no solventaría que otros productos también defectuosos llegasen a manos del cliente sin ser detectados. Evidentemente, si esos mismos productos eran desarrollados sin defectos lograría evitar que llegasen al cliente en condiciones que no fueran óptimas. Más tarde, otro ingeniero de calidad de Motorola, Mikel Harry llevó a la práctica el informe de su compañero desarrollando el concepto de "lógica de filtro", resolviendo en cuatro etapas la resolución de problemas, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (MAIC), que se convirtió en la hoja de ruta para lograr la calidad Seis Sigma.

El 15 de enero de 1987, Galvin puso en marcha un programa de calidad a largo plazo, llamado "El Programa de Calidad Seis Sigma". Era un programa institucional que establecía Seis Sigma como el nivel de capacidad necesario para acercarse al nivel de 3,4 DPMO. Esta nueva norma se iba a aplicar en toda la compañía, es decir, en productos, procesos, servicios y administración. Galvin en pro de asegurar la satisfacción del cliente, pretendía cero defectos en todo lo que se hiciese. Sin embargo, en Motorola, Seis Sigma sólo era una disciplinada metodología de resolución de problemas. En esta etapa fue Mikel Harry quien dio forma a la capacidad de los intervinientes con la nomenclatura que hoy en día se les conoce, según sus experiencia pasaban a ser cinturón verde (green belt) o negro (black belt), a semejanza de las artes marciales orientales de las que él era amante.

Harry fundó la Six Sigma Academy para dar a conocer las bondades de su gestión, refinando la metodología, tácticas y estrategias. En 1993 Harry se traslada de compañía entrando en Allied Signal y su Director General, decide adoptar inmediatamente la metodología Seis Sigma. Este decidió que todos los directivos de alto nivel se introdujesen en las herramientas de Seis Sigma, desarrollando Harry toda una metodología de liderazgo para seleccionar los proyectos alrededor de las herramientas estadísticas de resolución de problemas.

Fue entonces cuando el desarrollo de esta metodología llegó a los oídos del Director General de General Electric, Jack Welch y decidió adoptarla, ya que desarrollaron un análisis económico que mostró que si GE era capaz de cambiar de un nivel de 3 a 4 Sigma, el ahorro estimado se movería en una horquilla de 7 a 10 mil millones de dólares, aproximadamente de un 10 a un 15 por ciento de sus ventas.

En 1996, en colaboración con la Six Sigma Academy, Welch comienza a implementar Six Sigma en GE, involucrando a todos los directivos sin excepción. No debían haber espectadores, todos debían ser intérpretes, lo que Motorola había conseguido realizar en diez años GE tenía que conseguirlo en cinco, no a través de atajo, sino aprovechando el camino que ya estaba hecho. Fue en este momento cuando Jack Welch se convirtió en promotor mundial de Seis Sigma.

Seis Sigma se convirtió en requisito previo para avanzar en la escalera corporativa de GE, Welch insistió en que no se podría ser considerado para un trabajo de Gestión sin tener la formación de Green Belt (Cinturón Verde) en Seis Sigma a finales de 1998. Seis Sigma se había convertido en una Filosofía, los tiempos de Motorola y su “sistema de resolución de problemas” habían pasado a mejor vida. A partir de General Electric, el camino se anduvo solo, GE alcanzó la excelencia en todas y cada una de sus divisiones, departamentos y equipos de trabajo. Esto no pasó desapercibido en la industria manufacturera y en los servicios y junto con la Six Sigma Academy, comenzaron a expandirse y publicarse toda la metodología y lo que era más importante, los resultados que podía alcanzar Seis Sigma.

Seis Sigma representa hoy en día el mejor sistema de mejora continua para los procesos de calidad, bien sean de producción o gestión, muchas son las compañías que han adoptado su metodología, tanto en Estados Unidos como en Europa, aunque no siempre se puede realizar una implementación integral por la idiosincrasia de la compañía, el lograrlo en algunos proyectos o departamentos origina que su expansión al resto de la empresa sea irremediable.

En la siguiente tabla se muestran algunas de las diferencias más notables entre la forma tradicional de enfocar la Calidad en las organizaciones y la forma de enfocarla con metodología Seis Sigma:

CALIDAD TRADICIONAL	SEIS SIGMA
Está centralizada. Su estructura es rígida y de enfoque reactivo.	Está descentralizada en una estructura constituida para la detección y solución de los problemas. Su enfoque es proactivo.
Generalmente no hay una aplicación estructurada de las herramientas de mejora.	Se hace uso estructurado de las herramientas de mejora y de las técnicas estadísticas para la solución de los problemas.
No se tiene soporte en la aplicación de las herramientas de mejora. Generalmente su uso es localizado y aislado.	Se provee toda una estructura de apoyo y capacitación al personal, para el empleo de las herramientas de mejora.
La toma de decisiones se efectúa sobre la base de presentimientos y datos vagos.	La toma de decisiones se basa en datos precisos y objetivos.
Se aplican remedios provisionales o parches. Sólo se corrige en vez de prevenir.	Se va a la causa raíz para implementar soluciones sólidas y efectivas y así prevenir la recurrencia de los problemas.
No se establecen planes estructurados de formación y capacitación para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.	Se establecen planes de entrenamiento estructurados para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.
Se enfoca solamente en la inspección para la detección de los defectos (variables clave de salida del proceso). Post- Mortem.	Se enfoca hacia el control de las variables clave de entrada al proceso, las cuales generan la salida o producto deseado del proceso.

Diferencias entre la calidad tradicional y Seis Sigma.

2.3. Organización para el Seis Sigma.

2.3.1. Cualificaciones Seis Sigma.

Seis Sigma tiene una nomenclatura específica para los miembros de sus equipos que fue tomada en su día por Mikel Harry de las artes marciales como se ha explicado en el apartado anterior.

Para la elección de cada uno de los miembros del equipo se tendrá en cuenta su experiencia, formación adquirida en la realización de proyectos anteriores.

El equipo debe estar formado por los integrantes indicados en la siguiente tabla:

CUALIFICACIÓN	FUNCIONES	RESPONSABILIDADES	FORMACIÓN/EXPERIENCIA
Lider del equipo Seis Sigma	Desarrollar la filosofía Seis Sigma dentro de la empresa.	Implementar Seis Sigma dentro de la empresa, fijar los objetivos, asumir la responsabilidad del éxito o el fracaso y comunicar los resultados al equipo de calidad.	Consejo directivo de la empresa.
Champion	Monitorizar, facilitar los recursos y soporte por parte de la organización al equipo. Definir el proyecto y su alcance, así como los cambios que se produzcan para conseguir llevar a cabo el proyecto.	Líder de proyecto.	Curso Seis Sigma de unas 16 horas y experiencia práctica.
Máster Black Belt	Primer rol dentro del escalafón que tiene dedicación exclusiva a la implementación del Seis Sigma. Expertos capacitados en las herramientas y tácticas del Seis Sigma.	Comunicación entre el equipo y los champions. Orientar a los jefes de equipo y ayudar al equipo a promocionar sus éxitos.	Black Belt con mayor experiencia práctica.
Black Belt	Ser jefe de equipo y aportar el soporte metodológico	Líder de los equipos Identifica las oportunidades de mejora. Responsable del trabajo diario de su equipo. Medir, Analizar, Mejorar y Controlar los procesos.	Curso Seis Sigma de unas 150 horas y experiencia práctica.
Green Belt	Ayuda al Black belt en sus tareas. Puede liderar centros de intervención.	Liderar centros de intervención y resolver problemas. Adquir experiencia de los Black Belts.	Curso Seis Sigma de unas 80 horas y experiencia en calidad.
Yellow Belt Miembro del equipo de mejora (integrado al menos por un Green Belt)	Realizar las actividades del proyecto en su centro de intervención	Representar a su función y aportar su pericia.	Curso de familiarización de unas 8 horas.

Cualificaciones Seis Sigma.



Esquema jerárquico Seis Sigma.

Además de los miembros del proyecto Seis Sigma, es necesario crear una infraestructura para garantizar el funcionamiento de los equipos y proyectos Seis Sigma.

Para mejorar el despliegue dentro de la organización del modelo, se crea la figura del COAH BLACK BELT (CCB), cuyas misiones son:

- Conocer y dominar el modelo de implantación Seis Sigma interno de la empresa para asegurar que el equipo lo cumple e instruirlo en caso necesario.
- Realizar auditorías para valorar el Nivel de Implantación Seis Sigma (NIS) con una periodicidad de 6 meses y reportar los resultados al Steering Committee.
- Supervisar los planes de acción derivados de estas auditorías asegurando que son adecuados para alcanzar los objetivos establecidos y tutelando su avance.
- Supervisar los indicadores de los centros de intervención a su cargo (NPR's, CEP, Cpk's) y proponer prioridades en los centros de mejora.
- Asesorar a los centros de intervención a su cargo en el uso de herramientas de calidad y herramientas estadísticas, actuando como focal point técnicos de líder de cada centro de intervención.
- Proporcionar apoyo en la eliminación de barreras, riesgos, etc, que surjan en los centros de intervención a su cargo, elevando a Steering Committee los casos que requieran intervención de la Dirección (Lider Seis Sigma).
- Confirmar los datos obtenidos por los centros de intervención y en su caso confirmar el cierre y los resultados de proyectos de mejora de envergadura.

2.3.2. Estructura Organizativa.

2.3.2.1. Steering Committee.

Es el órgano principal para el gobierno, la gestión y seguimiento de los Proyectos Seis Sigma. Se establecerá un Steering Committee con la participación de las direcciones de las áreas involucradas en el proyecto de mejora quienes a su vez se responsabilizarán de gestionar los recursos que van a ser necesarios en el desarrollo del proyecto.

Se recomienda la siguiente composición en función del alcance (Núcleo/Planta/etc...):

- Director de núcleo/Gerente Planta (Champion).
- Director /Jefe de Calidad (facilitador).
- Black Belt (líder del centro de excelencia del núcleo/planta).
- Director Supply Chain/Logística.
- Director Ingeniería.
- Director/Jefe Programa en representación del cliente.

Opcionalmente en función de las circunstancias podría resultar conveniente la participación de otras direcciones (RRHH, Económico-Financiero, etc).

Las funciones del Steering Committee son:

- Mantener el compromiso con el programa a lo largo de toda la cadena de valor.
- Asegurar la dotación de los recursos necesarios.
- Acordar y desplegar los objetivos de mejora - resultados (Calidad cliente, costes de no calidad externos, costes de calidad internos).
- Monitorizar los indicadores de seguimiento , mantener visibilidad y comunicación (interna / externa).
- Eliminar barreras o frenos y anticipar posibles riesgos.
- Obtener feed-back del cliente (interno y externo).

2.3.2.2. Centro de Excelencia.

Con objeto de obtener sinergias entre los proyectos similares iniciados en distintas plantas y/o centros de intervención se podrá definir que uno de ellos se constituya en líder de forma que se aporten las soluciones ya identificadas y que se estimen plenamente extrapolables a los proyectos equivalentes de las otras plantas y/o centros de intervención, simplificando y acelerando el desarrollo de los mismos y generado las posibles sinergias.

Su composición y funciones, además de las propias de cualquier proyecto en otra planta (centro de intervención), incluirán:

- Tipificación de objetivos en procesos comunes.
- Estandarización y desarrollo procedimental. Probar y aprobar los métodos y herramientas.
- Centro de interlocución y consulta (focal-point) para el resto de centros de intervención.

2.3.2.3. Centros de Intervención.

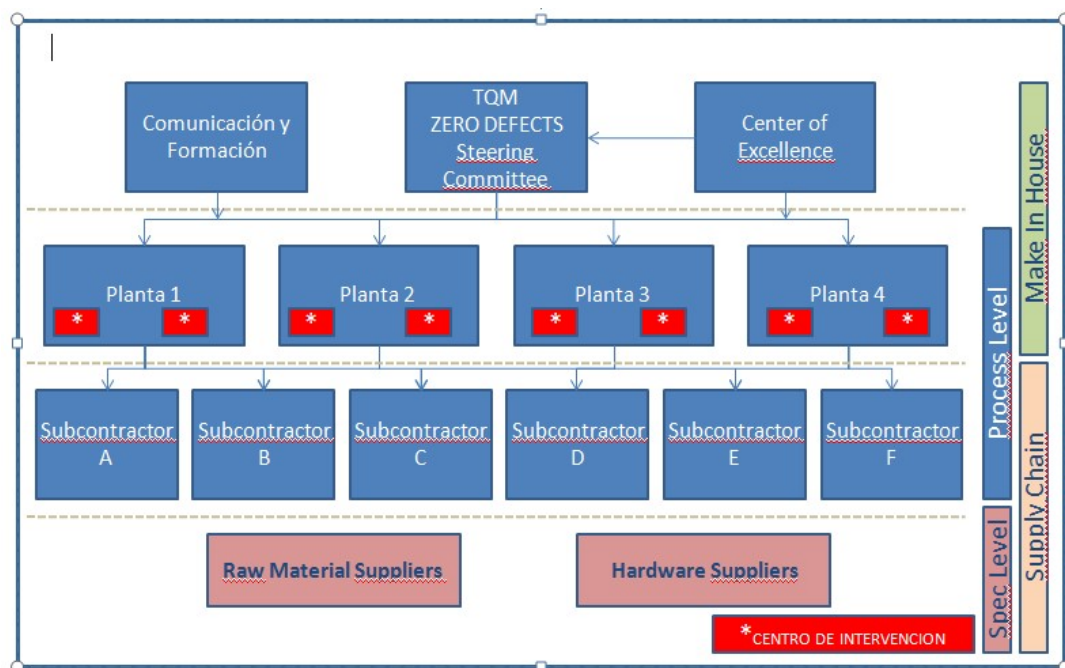
Se designan por agrupación significativa, proceso o tecnología (familias de elementos con una misma tecnología de fabricación: por ejemplo: montajes de programas diferentes, fabricación de piezas de fibra de carbono, plástico o metálicas).

Son las unidades mínimas de gestión del plan y cuentan con la participación de:

- **Procesos** (Ingeniería planta), cuya misión sería la de cambios necesarios en el proceso para garantizar la capacidades del mismo.
- **Calidad** (Ingeniería planta), cuya misión es la de aplicar las herramientas de calidad necesarias para eliminar las causas asignables de variación.
- **Ingeniería de provisionamientos**, cuya misión es la de transferir las características clave de pieza primaria a los proveedores, recopilando de ellos los planes de control necesarios, para asegurar la conformidad/capacidad respecto a dichas características.
- **Producción**, cuya misión es la de poner en práctica los nuevos procesos definidos.
- **Ingeniería de apoyo** (no requiere presencia permanente), su misión será la de interlocución con diseño, además será la responsable de perseguir los cambios de diseño (HPM), que deriven del proyecto, con el fin de dotarlas de la máxima agilidad.

Todos los miembros deben trabajar con la misión de alcanzar los objetivos de mejora establecidos.

A continuación se describe gráficamente el esquema de despliegue en varios centros de intervención, liderados por el Centro de Excelencia:



Esquema de despliegue de Centros de Intervención.

Cada centro de Intervención mantendrá un Panel de Control para realizar el control y seguimiento de los indicadores de eficacia que se irán describiendo a lo largo de este proyecto, detallando las fases del Seis Sigma.

El Panel de Control será actualizado continuamente, aunque sea a lápiz, para reflejar en todo momento la situación actual real del programa.

Desempeña así mismo un papel fundamental en el control visual del programa, proporcionando visibilidad inmediata del estado de avance y de las desviaciones, así como de la gestión de riesgos del producto/proceso.

El líder del centro de intervención será el responsable de asegurar la correcta cumplimentación de los paneles de control y la estricta observación de los estándares establecidos.

A continuación se muestra para mayor claridad una estandarización sobre el contenido y distribución del panel (Score Board).

- “Quality Escapes” (quejas de escape de calidad) (NCR) recibidas por el cliente.

En el momento que se recibe una Quality Escape debe reflejarse en el indicador de días sin queja poniendo este a cero, mientras no se reciba ninguna se irán sumando días. La empresa fija un objetivo de días sin quejas realista en función de lo mecánico que sea el programa o la experiencia que se tenga en el mismo.



Ejemplo de indicador de días sin quejas.

También debe indicarse para proporcionar una rápida visual los días sin NCR por mes y la media de los tres últimos tramos anteriores sin NCR en la gráfica de este indicador (**CONTROL DE AVANCES E INCIDENCIAS**) (ANEXO H).

- El segundo paso es el de indicar en el Pareto la Característica de Control del producto que ha sido afectadas. Esto se realiza en el gráfico denominado como **DEFICIÓN Y CONTROL DE CARACTERÍSTICAS DE CONTROL (KC/CI)** (ANEXO I).

En este gráfico se integran todas las Características de Control del producto fabricado, indicando en el Pareto cada vez que alguna sea afectada y se recogen los índices de capacidad real (Cpk) de las mismas a lo largo del tiempo.

Además es aconsejable indicar como se controlan las Características, si son medibles, chequeadas o tienen un poka-yoke que imposibilita el error. Gracias a esto obtendremos el Nivel de Inspección (NIS) global del procedimiento. (Qué porcentaje de proceso es inspeccionado).

¿Cómo obtener los Cpk?

Los índices de capacidad reales de una característica de control no es más que un indicador del nivel sigma que tiene la misma.

Se calcula del siguiente modo:

$$Cpk = \text{Nivel Sigma} / 3$$

Para poder calcular los DPMO se divide el número de veces que se ha cometido el fallo entre el número total que se ha realizado la acción y se multiplica por un millón.

$$DPMO = (\text{fallos/oportunidades}) \times 1000000$$

El objetivo es que la Característica de Control tenga un Cpk de 1.33 o más, pues es la equivalencia a un nivel 4 sigma.

- Despliegue y aseguramiento de Características de Control en la estructura de producto. Se despliega la integración anterior a toda la cadena de suministro, indicando los planes de control de subcontratistas que garanticen el cumplimiento del Proyecto.
- **CONTROL DEL CICLO DE MEJORA.** (ANEXO J). En este indicador se registran las acciones a realizar para cada no conformidad interna (HNC) o recibida de cliente (ID) y el estado de persecución en el que se encuentran dentro del ciclo PDCA. Estas acciones se dividen en dos tipos: acciones contenedoras y acciones correctoras, dentro de las cuales se incluye las derivadas de diseño (HPM's o DU's), las derivadas de Compras (MN's) y las derivadas de Planta (cambios en Proceso y OP's).

Las acciones contenedoras son aquellas que se realizan de manera inmediata para contener el error y asegurar que no se está dando actualmente en la línea y las correctoras aquellas que proponen una idea para conseguir que no vuelva a producirse dicho error.

Es cómodo reflejar estas acciones en un gráfico más simple donde tan sólo se represente la evolución de los períodos de tiempos usados (ciclos) para el cierre tanto de las acciones contenedoras como de las correctoras y la media de ambas, que nos de una visión de lo efectivos que somos cerrando acciones.

Un ciclo objetivo para acciones contenedoras no debería pasar de 10 días, mientras que un ciclo objetivo para acciones correctoras no debería pasar de 180 días (ya que estas acciones no siempre dependen tan sólo de la empresa) para poder ser considerados efectivos.

Los objetivos impuestos en este programa son 20 y 60 días respectivamente.

- CEP (**CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO**) (ANEXO K). Se monitorizan al menos 2 KC's, ayudándonos para su elección en los $(NPR)_{MAX}$ y en los Paretos de problemas detectados por el cliente.

Existen gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos

Los gráficos de control por variables se usan cuando el parámetro que pretendemos controlar es medible y el instrumento de control utilizado permite establecer su valor. La validez de este tipo de gráficos y por lo tanto las estimaciones realizadas y consecuencias extraídas a partir de ellos, consiste en suponer que la distribución de frecuencias que sigue la población constituida por los elementos del proceso, es una distribución Normal $N(\mu, \sigma)$.

También existe los gráficos de control por atributos, en los cuales el parámetro a estudiar no es medible directamente, y se controla por su idoneidad o no frente a las especificaciones.

Existen dos tipos de gráficos según queramos controlar unidades defectuosas o defectos.

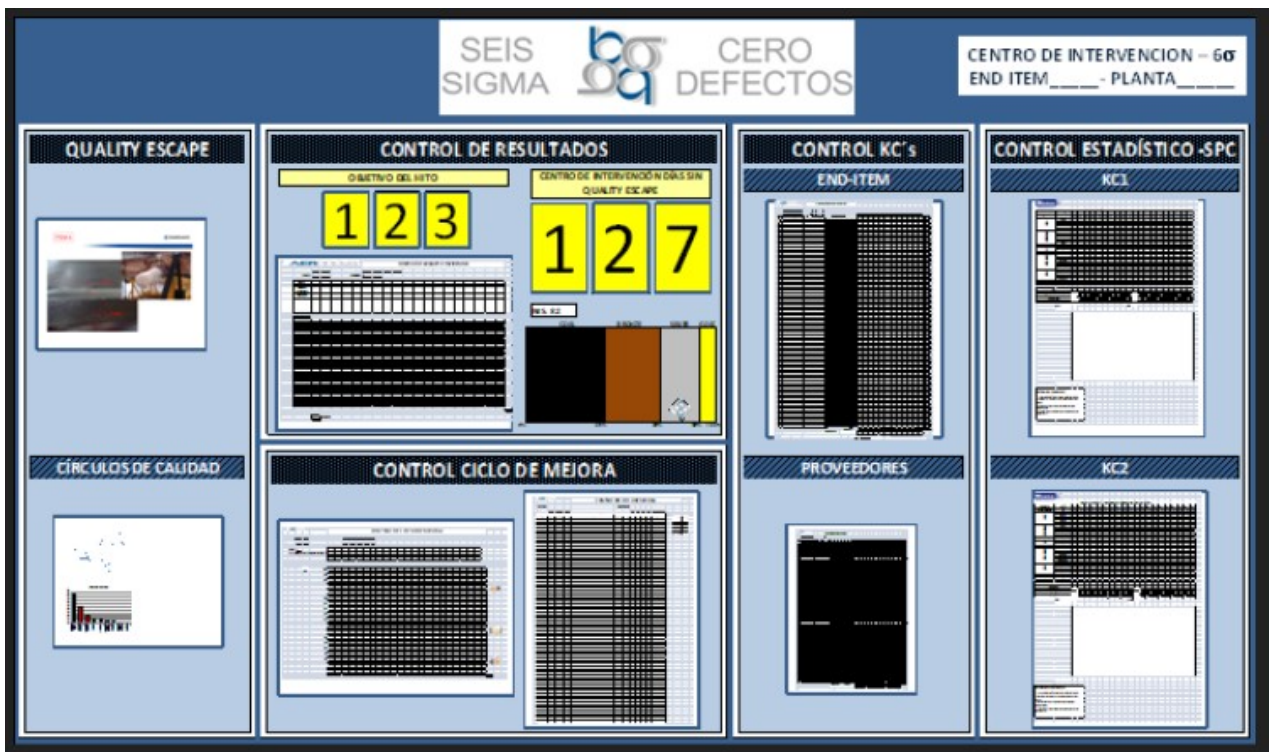
En el primer tipo de gráficos se controla la proporción de unidades defectuosas o defectos por unidad, por lo que el tamaño de la muestra no tiene por que ser constante.

El segundo tipo de gráficos se controlan en número de unidades defectuosas y el número de defectos por lo que se necesita que el tamaño de la muestra se mantenga constante.

En el CEP ejemplo del ANEXO K realizado para este proceso se ha realizado el control de defectos indicando los que se producen entre el número total de intentos, es decir, el tamaño de la muestra se ha mantenido constante.

Al ser unos indicadores de una alta operatividad, se insta ir rellenando en línea y a lápiz continuamente el panel de control, con el fin de que reflejen en todo momento la situación real del programa.

A continuación se muestra para mayor claridad una estandarización sobre el contenido y distribución del panel:



Panel de Control de un Centro de Intervención.

2.4. Metodologías Seis Sigma.

2.4.1. Metodologías Clásicas.

A lo largo del tiempo se han desarrollado numerosos métodos de mejora continua para mejorar la calidad del producto entregado.

A continuación se refleja una tabla resumen de las más usadas y conocidas:

ACTIVIDADES	JAPON (JUSE)	JURAN (USA)	FORD
IDENTIFICAR PROBLEMAS/ OPORTUNIDADES DE MEJORA	ENCONTRAR PUNTOS PROBLEMÁTICOS	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	DESCRIBIR EL PROBLEMA
PRIORIZAR PROBLEMAS/ OPORTUNIDADES DE MEJORA		ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO	IMPLANTAR Y VERIFICAR ACCIONES CONTENEDORAS
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA			
ANÁLISIS DE CAUSAS	LISTAR POSIBLES CAUSAS	RECORRIDO DE DIAGNOSTICO	DEFINIR Y VERIFICAR CAUSAS REALES
RECOPIRAR SOLUCIONES	IDEAR MEDIDAS PARA CORREGIR EL PROBLEMA	RECORRIDO DE CORRECCIÓN	VERIFICAR ACCIONES CORRECTORAS
SELECCIONAR MEJOR SOLUCIÓN			IMPLANTAR ACCIONES CORRECTORAS
IMPLANTAR MEJOR SOLUCIÓN			
EVALUAR RESULTADOS	COMPROBAR RESULTADOS	RESISTENCIA AL CAMBIO	
CONTROLAR	INSTITUCIONALIZAR NUEVAS MEDIDAS	MANTENIMIENTO DE LO CONSEGUIDO	PREVENIR REINCIDENCIA

Metodologías clásicas 6 Sigma.

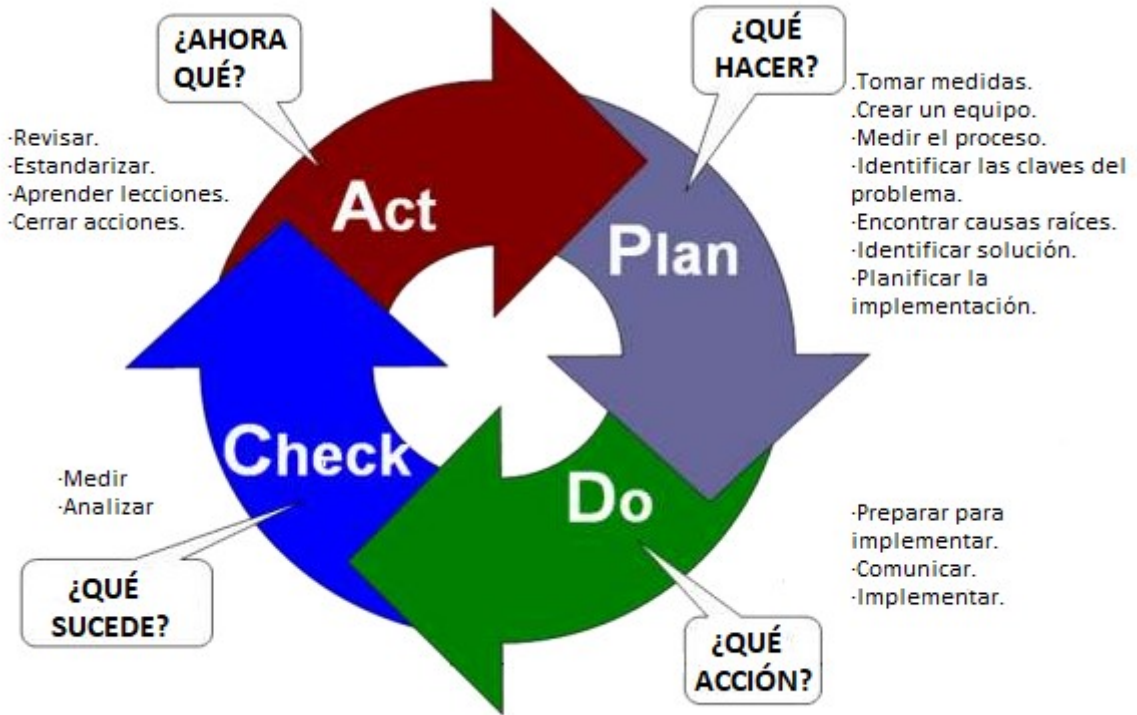
2.4.2. Ciclo PDCA.

Le metodología de mejora continua más ampliamente conocida es el ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA). A veces el modelo se conoce como PDSA, donde la S es de Study.

A menudo se llama Rueda de Deming o Rueda de Shewart, dado que fueron los responsables de su desarrollo y divulgación.

Este Ciclo de mejora de la Calidad enseña que la organización ante un error debería:

- Planificar una acción (qué hacer y como hacerlo).
- Hacerla (llevar a cabo la planificación).
- Comprobar que se cumplen las expectativas (ver si los resultados deseados se han obtenido).
- Actuar sobre lo que se ha aprendido (hacer mejoras en el proceso basadas en la información recogida durante la fase de comprobar e institucionalizar o estandarizar la mejora si se han obtenido los cambios deseados).



Representación gráfica ciclo PDCA.

El ciclo PDCA consigue que no se vea la mejora de la Calidad como algo que tiene un principio y un final determinados. Una vez que se finaliza un ciclo PDCA, el proceso de mejora empieza otra vez.

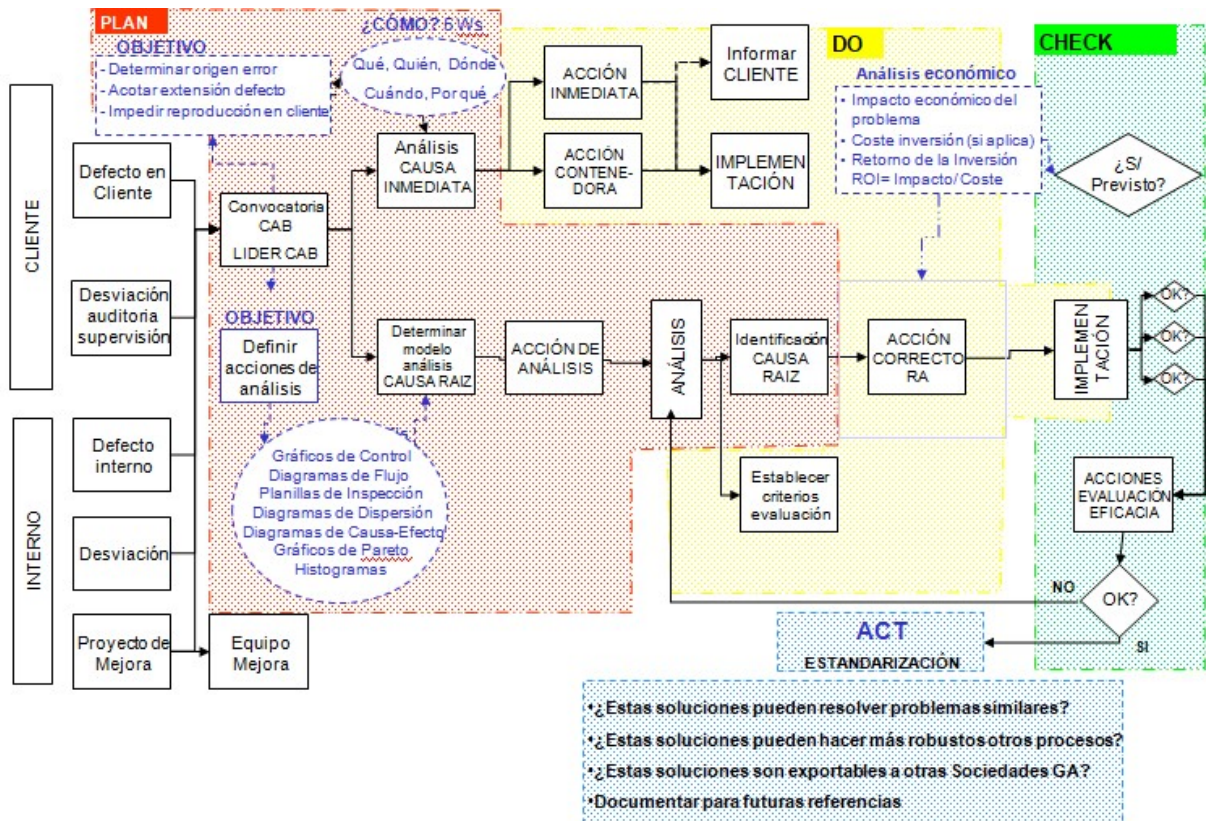


Diagrama explicativo PDCA.

2.4.3. Ocho Disciplinas- TOPS 8D

Las Ocho Disciplinas para la resolución de problemas es el método más frecuentemente empleado para la resolución de un problema por los ingenieros de calidad.

El Gobierno de los Estados Unidos fue el primero en estandarizar el método 8D durante la Segunda Guerra Mundial, haciendo referencia a él como *Military Standard 1520: Corrective action and disposition system for nonconforming material (Militar Estándar 1520: Acción correctiva y sistema de disposición para material no conforme)*. Más tarde se hizo popular gracias a la empresa automovilística norteamericana Ford en los años 60 y 70. Desde entonces el método 8D se ha convertido en un estándar en la industria. El método 8D se usa para identificar, corregir y eliminar problemas. Esta metodología es de gran utilidad en la mejora de productos y procesos. Establece una práctica estándar basada en hechos. Se concentra en el origen del problema mediante la determinación de la causa raíz.

Las causas más frecuentes por las que hace uso de la metodología 8D son:

- Resolver no conformidades de los clientes.
- Resolver reclamos de proveedores o clientes.
- Problemas que se representen de manera muy repetitiva.

En el ANEXO pueden verse dos análisis 8D debido a dos disconformidades recibidas de cliente en dos de las piezas que forman el conjunto completo de los capots.

Para realizar un análisis 8D es necesario conocer e implementar las disciplinas que lo componen:

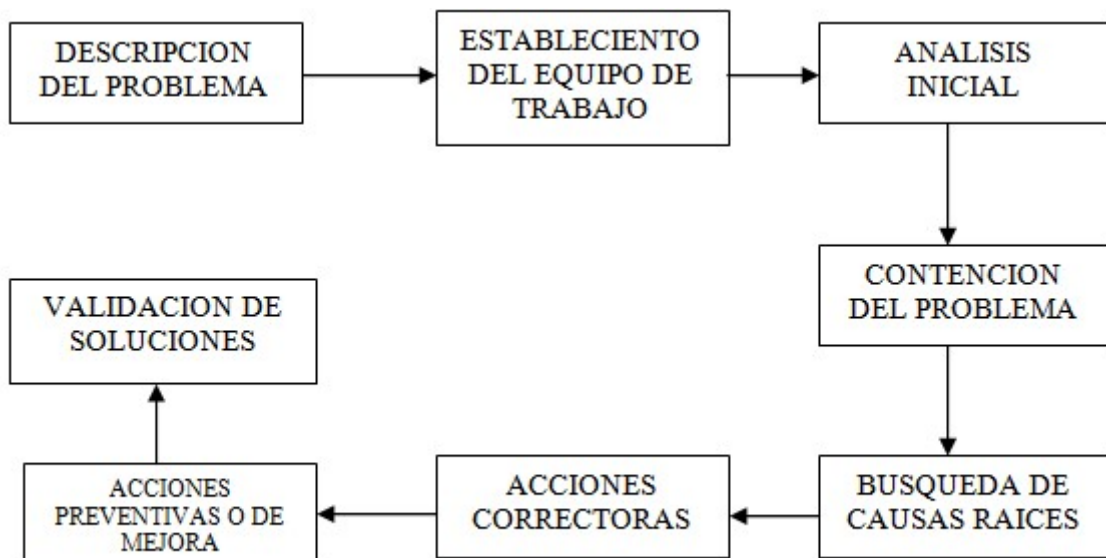


Diagrama pasos seguidos por disciplina TOP-8D.

-D1: Descripción del problema.

Se describe el problema detectado.

Es aconsejable hacerlo mediante una foto o gráfico. De forma visual todo queda mucho más claro.

-D2: Establecimiento del equipo de trabajo.

Es la parte más importante del uso de las 8D. Si el equipo conformado no posee el conocimiento, habilidades e inclusive la autoridad para dar una solución al problema no se logrará avanzar. Dentro de este punto es necesario que se explique los roles que juega cada integrante del equipo, la estructura y responsabilidades.

-D3: Análisis inicial

Explicar el problema detallando el proceso seguido, para intentar detectar el posible origen. Debe hacerse entendible para todos los miembros del equipo, mostrando datos que lo reflejen. Una buena explicación debe tener como objetivo resolver las 5W:

-What (¿qué?)

-How (¿cómo?)

-When (¿cuándo?)

- Where (¿dónde?)

-Why (¿por qué?)

-D4: Acciones contenedoras. Contención del problema.

Mientras se presenta una solución final que erradique o disminuya de forma muy notable el problema, deben tomarse acciones temporales para contenerlo, disminuirlo o evitar que crezca más.

- D5: Causas raíces.

Este punto es muy importante pues de aquí parten todos los esfuerzos para la solución del problema. Suele emplearse un Diagrama de Ishikawa. (Donde se presentan los porqués de las diferentes causas).

- D6: Acciones correctoras.

En este punto se determinan las acciones correctoras para el problema, tomando siempre en cuenta que estas acciones no provoquen efectos secundarios en algunos otros procesos que puedan provocarnos algún otro problema. Deben revisarse exhaustivamente los procesos que puedan ser afectados.

Una vez implementadas las acciones correctoras, debe medirse los resultados para conocer si estas acciones han resultado como se esperaba. medir, medir y medir para conocer si las acciones que se han propuesto han dado los resultados esperados y en caso contrario modificar la acción.

- D7: Acciones para prevenir la re-ocurrencia del problema y/o su causa raíz.

Una vez conocido el problema y cómo resolverlo, deben establecerse controles para que no vuelva a repetirse nuevamente. Debe ser el objetivo de más peso en el equipo.

"Una vez que hayamos resuelto un problema, este no debe de presentarse nuevamente es nuestra empresa".

- D8: Validación de soluciones.

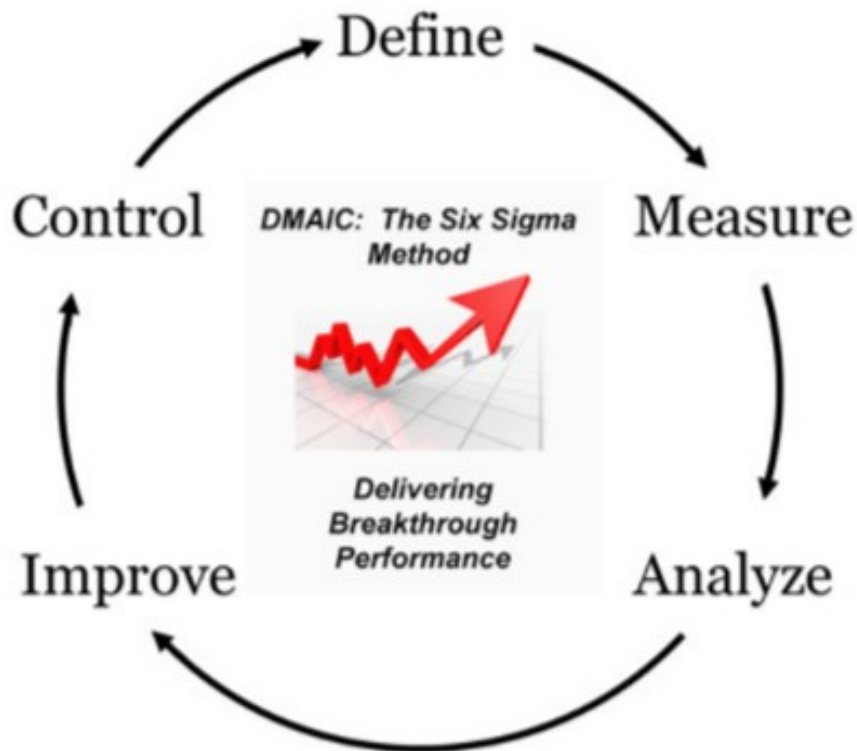
Deben reflejarse los resultados obtenidos en los productos entregados una vez realizado el análisis 8D para verificar que las acciones tomadas han dado su fruto.

No se debe olvidar nunca felicitar a los colaboradores de la resolución de un problema ya que la motivación del equipo es fundamental para que sus integrantes estén satisfechos con su trabajo y su entorno. No reconocer el trabajo bien hecho origina descontento en los trabajadores ocasionando entre otras cosas que trabajen con menos empeño o incluso que se nieguen a colaborar nuevamente. Es por eso que se puede crear un sistema de recompensas, no necesariamente monetarias ni en especie. Puede bastar con un simple reconocimiento público.

2.4.4. DMAIC

La metodología Seis Sigma, metodología operativa para el análisis de problemas centrada en la reducción o eliminación de los mismos, se basa en cinco fases bien diferenciadas, tanto en su fase correctiva como en la preventiva: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC).

Estas se desarrollan a continuación:



Fases DMAIC.

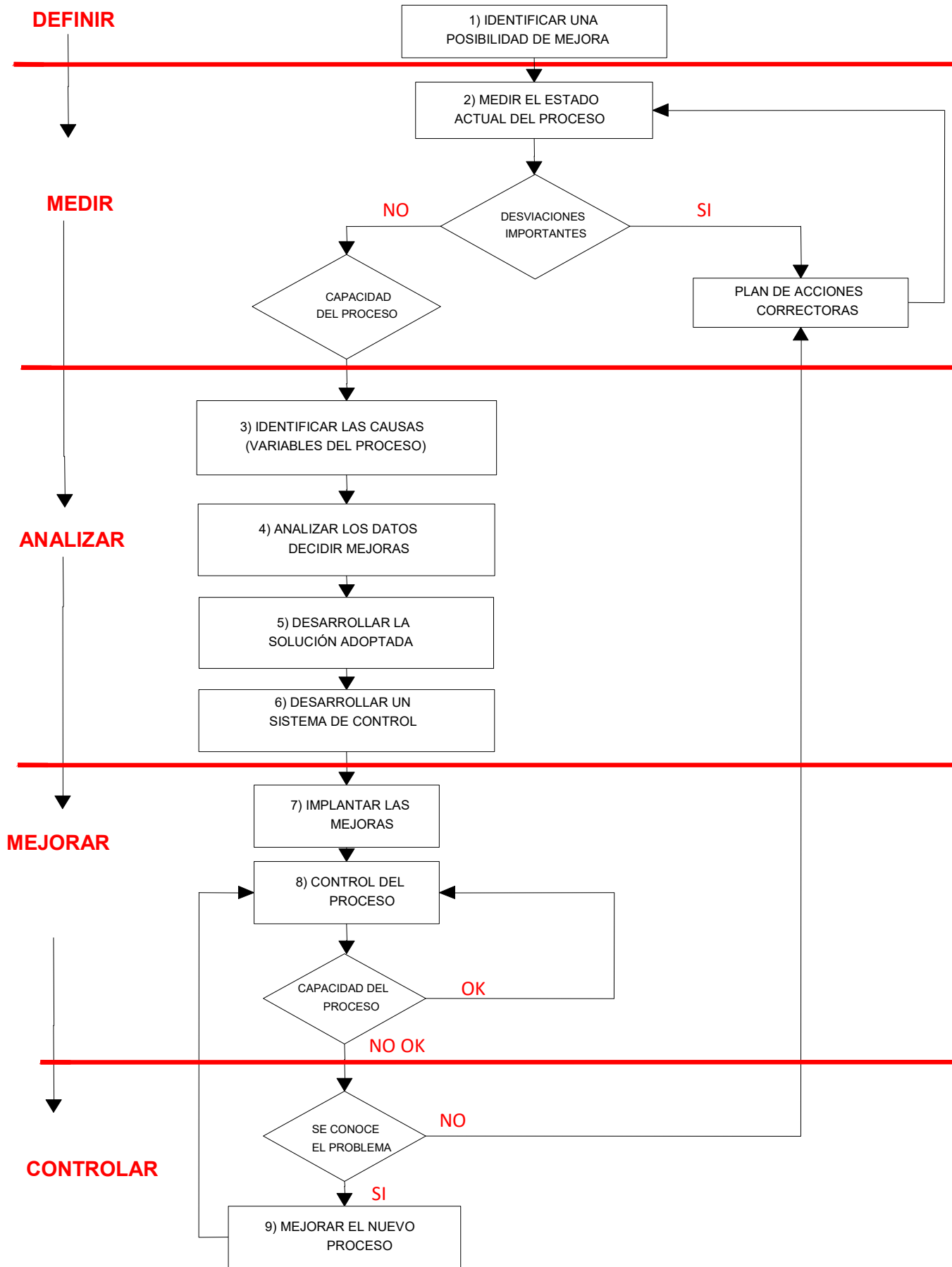


Diagrama resumen DMAIC.

2.4.4.1. Definir

Por definir se entiende la fase en la que se asientan las bases del Proyecto.

Se recoge información de los clientes afectados, estableciendo cuales van a ser los objetivos de la implementación Seis Sigma, cuál va a ser el impacto en la empresa y quienes van a ser los integrantes del equipo, atribuyendo las distintas responsabilidades.

Además se identifican las Características de Control (CC) para la calidad del producto tanto externas como internas. Siendo las primeras las que rigen por las exigencias de los clientes y las segundas las que dan rentabilidad a la empresa.

Para llevar a cabo la etapa de definir se requerirá la creación de diversos archivos y herramientas:

- Diagrama de Flujo de Proceso (Flow Chart): Consiste en la representación gráfica de las distintas etapas de un proceso de fabricación considerándolas de forma secuencial. Se usa para entender globalmente el proceso y tenerlo resumido. Será explicado más en detalle algo más avanzado este texto, en el capítulo 3.

- Diagrama de Pareto: Análisis gráfico válido para resaltar que proceso tiene más relevancia dentro del problema.

- AMFE (Análisis Modal de Fallo y sus Efectos: Se trata de un documento previo a la realización del montaje. En él se reflejan todos los posibles fallos que podrían darse en cada una de las distintas etapas definidas en el Flow Chart durante el montaje, cómo afectarían al cliente y qué acciones toma la empresa para que el riesgo de que se produzcan esos fallos disminuya. Debido a la extensión de esta herramienta, se dedicará el Capítulo 4 a su explicación.

2.4.4.2. Medir

La fase de medir consiste en localizar el origen de la variación que se está produciendo en algunas etapas del proceso analizando en la siguiente fase los datos obtenidos.

Por ejemplo, si un modo de fallo potencial es dar un taladro con un diámetro incorrecto, debido a que su herramienta no es la adecuada o cualquier otra causa, se deberán emplear recursos en hacer las mediciones de los taladros para comprobar si realmente es correcto o no.

En este sentido se convierte en un factor clave la recogida de datos.

Esta etapa es la que más recursos suele consumir, puesto que de las mediciones que se tomen dependen en gran medida el éxito de las fases posteriores.

Es importante definir como van a realizarse las mediciones y sobre todo como van a plantearse para su posterior estudio.

Las herramientas utilizadas para la etapa de medición son:

- Análisis de un Sistema de Medición (MSA). R&R. Debido a la extensión de esta herramienta, se dedicará el Capítulo 5 a su explicación.

- AMFE

- Gráficos temporales (CEP), causas comunes y asignables.

Medición y evaluación de la capacidad del proceso.

Un proceso está bajo control cuando en base a la experiencia del pasado de dicho proceso, podemos predecir entre qué límites se espera que varíe en el futuro.

Tenemos que admitir la imposibilidad de fabricar dos elementos exactamente iguales. Dentro de las causas de esta variabilidad se encuentran las **causas comunes o aleatorias**, que son difíciles de eliminar, entre las que se encontrarían:

- Diferente grado de experiencia en los operarios.
- Características del material dentro de las tolerancias admitidas por las especificaciones.
- Herramientas con distinto grado de precisión.
- Distintas condiciones ambientales.

También tenemos las llamadas **causas especiales** de variabilidad, las cuales producen efectos definidos y por lo tanto se pueden analizar y eliminar. Dentro de este grupo tendríamos:

- Desgastes excesivos de máquinas o herramientas.
- Fallos humanos.
- Materiales fuera de especificación.

En cualquier proceso en funcionamiento, su variabilidad es debida a la suma de ambas causas comunes o aleatorias y especiales.

Uno de los objetivos es el de separar las causas comunes de las especiales, eliminando estas últimas y lograr que la variabilidad de nuestros procesos sea solo debida a las causas aleatorias. En estas condiciones se podrá decir que el proceso está en estado de **control estadístico**.

Cuando existe una relación demostrable entre una situación de proceso fuera de control y una causa especial de variación, esta última se la denomina causa asignable.

2.4.4.3. Analizar

Actividades:

- Propuesta de hipótesis sobre las relaciones causa-efecto origen de los problemas.
- Recogida de datos para confirmar o rechazar las hipótesis.
- Identificar las causas de los problemas.
- Establecer un modelo para el comportamiento de las variables de salida en función de las de entrada.

Técnicas y herramientas:

- Herramientas básicas de mejora (diagramas de flujo, histogramas, paretos, etc.)
- Análisis exploratorio de datos.
- CEP.
- Contraste de hipótesis.
- Regresión.
- Diseño de experimentos.
- Matrices de priorización.
- AMFE

Salidas:

- Variables controlables de entrada que afectan a las de salida.
- Relaciones entre las variables de entrada y las de salida. Interpretación de los efectos
- Causas reales de los defectos y/o problemas
- Causas asignables de la variabilidad
- Factores no controlables que afectan a las variables de salida
- Nivel de confianza de los valores obtenidos

Registros:

- Causas de los defectos/problemas.
- Relaciones conocidas entre las variables de salida y las de entrada.
- Descripción general de cómo se ha llegado a estas conclusiones.

Con objeto de asegurar la eliminación de los factores que producen la variabilidad de los procesos y poder eliminarlos, o mitigarlos, es necesario identificar cuáles son estos factores así como su peso específico en dicha variabilidad.

2.4.4.4. Mejorar.

Esta fase consiste en aplicar los cambios o las mejoras que se han propuesto en la fase de Analizar.

El equipo deberá tomar conciencia de que cambios son viables y como realizarlos, asumiendo las decisiones correspondientes.

De todos los posibles cambios en el proceso, se seleccionaran aquellos que mayor indicencia de mejora puedan llegar a tener. Hay que tener cuidado y evaluar los riesgos inherentes a las modificaciones y analizarlos.

Una vez impuestos los cambios se comprueba si estos cumplen o no los objetivos y en caso de que así no sea habrá que volver a poner en marcha el estudio.

Técnicas y herramientas:

- Creatividad/Brainstorming.
- Diseño de experimentos.
- Control estadístico de procesos.
- Estudios de capacidad.
- Técnicas de estadísticas básicas.
- Técnicas de priorización (AMFE).
- Pruebas piloto.
- Matrices de decisión.

Salidas:

- Cambios a introducir en el proceso.
- Qué indicadores monitorizar y cómo evaluar la mejora.
- Responsables y fechas.

Registros.

- Los resultados de las pruebas piloto.
- Los cambios que se han introducido.
- La justificación del por qué de esos cambios, así como lo que se espera obtener con ellos.
- Plan de control actualizado.

2.4.4.5. Controlar.

Una vez realizados todos los cambios estimados en las distintas etapas del proceso de montaje, el objetivo es garantizar que las variables se encuentren dentro de los límites especificados.

Se debe crear un proceso de control para el montaje, de modo que el seguimiento sea duradero y sin alteraciones externas que permita la evolución de la mejora (mejora continua).

Resulta muy importante cuantificar que se ha invertido y logrado, tanto en valor añadido para los clientes como en valor económico o beneficio y el período de tiempo necesario para lograrlo.

Técnicas y herramientas:

- Control estadístico de procesos (CEP).
- Planificación de la recogida de datos.
- Representaciones gráficas.
- Cálculos de rentabilidad financiera.

Salidas:

- Sistema de control del proceso: indicadores, responsabilidades y planes de acción frente a problemas.
- Las mejoras introducidas y sus resultados.
- La comparación con la situación inicial.
- Beneficios financieros.

Registros:

- Sistema de control del proceso: indicadores, responsabilidades y planes de acción frente a problemas.
- Propietario del proceso.
- Los resultados en las nuevas condiciones.
- Resultados comparados con los objetivos. Ahorro producido.
- ¿Qué hemos aprendido sobre el método de trabajo? Lessons Learnt.

2.4.5. Otras.

Existen otras metodologías Seis Sigma menos conocidas y usadas, al menos en el ámbito aeronáutico. Algunas de ellas son:

- 7 Steps Process.
- DRIVER.

A continuación se presenta una tabla de relación entre las metodologías citadas:

PDCA	7-Step	TOPS-8D	DMAIC	DRIVER
Plan Planificar	1. Seleccionar el proyecto	1. Descripción pbma	Define Definir	Define Definir
		2. Equipo de trabajo		
	3. Análisis inicial			
	2. Presentar el estado presente.	4. Contención del problema	Measure Medir	Review Revisar
	3. Analizar		Analyse Analizar	Investigar Investigar
Do Hacer	4. Implementar la acción correctora	5. Búsqueda de causas raíces	Improve Mejorar	Verbessern Mejorar
Check Comprobar	5. Comprobar sus efectos			
Act Actuar	6. Estandarizar el control	6. Acciones correctoras	Control Controlar	Execute Ejecutar
	7. Conclusiones y futuros planes.	7. Acciones preventivas		
		8. Validación de soluciones		

Tabla relaciones entre las metodologías Seis Sigma.

Capítulo 3

“Six Sigma. Un nombre nuevo para un antiguo sueño: productos y servicios prácticamente perfectos para nuestros clientes”. (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004)

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.

El diagrama de flujo del proceso consiste en una representación gráfica de las distintas etapas del proceso, en este caso de montaje consideradas en orden secuencial. El objetivo es entender globalmente el proceso y tenerlo confinado.

Debe ser utilizado cuando se inicia el estudio como el primer y más importante paso a dar a la hora de conocerlo, entenderlo y encontrar mejoras potenciales.

Para realizarlo es aconsejable realizar una sesión de Tormenta de Ideas entre todos los integrantes del equipo para determinar todas las etapas del proceso. Si lo realizase una única persona pueden olvidarse muchas cosas importantes.

En cada etapa es aconsejable indicar los recursos implicados: analizar las Características de Control del producto que pueden ser afectadas, indicar la documentación técnica utilizada para poder llevarla a cabo así como la interna. También aporta gran orden y visión indicar los útiles que se utilizan para llevar a cabo cada una de las etapas y si alguna parte del proceso es hecho fuera de la empresa, ya que es un gasto y riesgo que se debe tener en cuenta. Hay que asegurar que la operación subcontratada es ejecutada de acuerdo a las condiciones que requiere el cliente, ya que este nos comprará el producto a nosotros y por tanto recaerá en nuestra responsabilidad.

El diagrama de flujo es una herramienta muy visual y debe facilitar que un simple vistazo pueda extraerse muchísima información de lo sucedido en cada una de las etapas.

Se utilizan mucho los colores y formas que nos permiten detectar de forma rápida si una etapa requiere inspección o test funcional o de FOD (inspección para garantizar que no hay presente en el producto ningún objeto extraño o que no lo requiera plano), así como si es un proceso crítico o especial, debe ser realizada por operarios cualificados o es un cuello de botella para la entrega del producto.

Las Características de Control (CC) de un producto son aquellas que tiene un mayor interés, tanto desde el punto de vista de la utilización del producto, lo que se denomina condiciones de diseño, como de fabricación (ajuste, alta probabilidad de ocurrencia de fallo y baja probabilidad de detección para nuestros inspectores).

Las CC son determinadas porque tienen un efecto significativo si varían, bien porque sea un requisito muy importante para el cliente o bien porque su variación afecta económicamente de manera muy notable a la empresa.

En el siguiente gráfico se pueden observar las maneras más frecuentes de obtener las Características de Control.



Métodos para obtener Características de Control de un producto o proceso.

Función de pérdida: Este método evalúa y compara las potenciales pérdidas económicas debidas a la desviación sobre el nominal de una característica de un producto.

Flowdown: Este método hace fluir los requisitos del cliente para identificar las características clave de los productos a entregar. A su vez despliega esas características clave en toda la cadena de suministro.

Análisis estadístico de variación: Análisis de tolerancias: Este método analiza la variación total de las dimensiones que interactúan en un montaje mediante la combinación estadística de las tolerancias de los componentes del mismo.

Análisis de riesgos: A menudo se usa este método para identificar las características del producto que afectan más a la función de pérdida.

Análisis de datos históricos: Este método es el más directo cuando se tienen datos disponibles de los productos fabricados o los productos a fabricar son muy similares.

DOE (Diseño de Experimentos): Es un método estadístico usado para estudiar y buscar las variables y sus valores que más afectan a las características de control de un producto o proceso.

Análisis de problemas, productos y procesos: Este método permite priorizar las actividades de mejora a través del uso de herramientas analíticas.

Requisitos históricos del cliente: Si el cliente es conocido por la empresa por haber trabajado con el en otros programas, hacer uso del conocimiento en los requerimientos generales que pueden ser extrapolables a otros productos.

Estas CC pueden diferenciarse en Key Characteristic (KC) o Critical Item (CI).

Las KC son aquellas que pueden medirse, aportando un valor numérico, es decir son cuantitativas, por ejemplo, la medida de un taladro. (Para resaltar esta cualidad en el Diagrama de Flujo creado para el proceso de montaje de los capots además de hacer distinción entre KCy CI se considera tan significativa esta cualidad de las primeras que se indica de manera visual, mediante una estrella roja).

Las CI son aquellas que se miden de manera cualitativa, indicando si están conformes o no, por ejemplo, el aspecto visual del acabado de una pieza.

En el ANEXO A pueden verse las características de control definidas en el proceso de montaje de los capots.

Es conveniente realizar un estudio estadístico (CEP) de aquellas que se hayan priorizado porque se hayan detectado afectadas por el cliente o su Número de Prioridad de Riesgo (NPR) sea muy alto.

Puede verse el Diagrama de Flujo del proceso de montaje de los capots en el ANEXO B.

Capítulo 4

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y SUS EFECTOS

En esta sección se define detalladamente qué es un AMFE, los distintos tipos que pueden encontrarse, según el estudio que quiera realizarse y qué objetivo se persigue con la creación del mismo. Todo esto para facilitar la comprensión del AMFE creado para el programa objeto de este proyecto: los Capots.

4.1. Definición de AMFE.

Antes de comenzar con el montaje, se crea un documento llamado AMFE donde se predicen los posibles fallos que pueden ser cometidos, estableciendo un modo de proceder para evitar que ocurran. Dicha predicción se alimenta tanto de la historia del producto, si ha sido ya fabricado con anterioridad por otras empresas, como en la propia experiencia personal y del equipo adquirida con el trabajo en otros programas similares.

Se trata de un documento basado en una técnica analítica preventiva que es aplicada de un modo sistemático para el estudio de las causas y efectos de los **fallos potenciales** de un producto o proceso, la evaluación del riesgo de dichos fallos y el establecimiento de medidas que los eviten o corrijan.

Los fallos penalizan la calidad del producto, por lo que no productivo no aprovechar lo aprendido en el pasado para evitar que vuelvan a ocurrir los mismos errores.

A continuación se define modo, efecto y causa de fallo potencial para poder entender con qué criterio se ha creado el AMFE correspondiente a los Capots.

4.1.1. Modo de fallo potencial:

Es la manera en la que la operación puede fallar en el cumplimiento de los requisitos de Ingeniería o los específicos del Proceso. Es una descripción de la razón de rechazo de una operación específica. Conviene abstraerse de que esta razón de fallo puede ser, al mismo tiempo, una causa asociada a un modo de fallo potencial en una operación posterior o un efecto asociado al modo de fallo de una operación previa. En la preparación del AMFE se debe suponer que lo que se recibe en cada operación es correcto, ya que los defectos de estos elementos habrán tenido que ser analizados en su AMFE correspondiente. Es necesario hacer un listado de los modos de fallo potenciales para cada operación en términos de características de proceso o producto, tratando de contestar a la pregunta: ¿Cómo puede fallar la operación con respecto a la función que debe desempeñar?

4.1.2. Efectos de fallo potencial:

Son los efectos del modo de fallo en el cliente interno/externo. El cliente puede ser el siguiente paso en el proceso o montaje, o el usuario del avión. Se deben considerar todos a la hora de asignar el efecto potencial de un fallo. Es necesario describir los efectos del fallo en términos de qué es lo que nota o experimenta el cliente. Si el cliente es la siguiente operación o montaje, los efectos serán en términos de comportamiento del proceso (Ej.: no monta, interfiere, no apoya, etc.) Para el usuario final, los efectos siempre serán en término de prestaciones del avión (Ej.: ruido, vibraciones, aspecto,

etc.) Si el efecto del fallo puede afectar a la funcionalidad, intercambiabilidad o seguridad del avión, debe indicarse sin falta.

4.1.3. Causas de fallo potencial:

Definen las circunstancias en las que puede producirse un modo de fallo, descrito en términos de algo que puede ser corregido o controlado. Es necesario realizar un listado, lo más extenso posible, de todas las causas imaginables asignables a cada modo de fallo potencial. Las causas deben describirse de tal manera que permitan dirigir los esfuerzos hacia la raíz misma y no perderse en generalidades.

4.2. Tipos de AMFE

Existen dos tipos:

4.2.1. AMFE de Diseño:

Actúa sobre el producto, interacción de sus piezas y elementos, submontajes y sus efectos en la función del producto final.

4.2.2. AMFE de Proceso:

Actúa sobre el proceso, actividades, funciones y factores de un proceso. El AMFE debe tener en cuenta todas las operaciones de fabricación, desde los componentes individuales hasta los montajes finales.

En el caso del producto al que se refiere este proyecto, la empresa no tiene autoridad sobre el diseño, tan sólo se le contrata el montaje, por lo que el AMFE presentado es puramente de proceso.

4.3. Objetivos

Los objetivos principales de crear un AMFE son:

- Establecer prioridades (mediante el valor del NPR) de actuación ante problemas.
- Reducir la posibilidad de aparición de fallos, al actuar de una manera preventiva sobre los mismos.
- Establecer un modo de proceder sistemático que facilite el trabajo en equipo.
- Garantizar la seguridad en la producción.
- Proporcionar información detallada sobre el producto/proceso (referencias para futuros cambios de diseño o diseños más avanzados)

Atendiendo a sus objetivos, se recomienda la creación de un AMFE cada vez que:

- Se creen procesos nuevos.
- Se realice la revisión de un proceso.
- Se trate de un nuevo producto para la empresa.
- Se reciba una nueva materia prima.
- Se esté produciendo un elevado número de HNC's (Hojas de No Conformidades). Se realizan cada vez que detectemos alguna incidencia no conforme con los requisitos del producto.
- Se consideren características significativas de producto

- Se reciban quejas de cliente
- Generación de nuevas DU's de utillaje
- Procesos de Intercambiabilidad

Al tratarse de un programa nuevo para la planta, se juntan muchas de las situaciones en las que se recomienda la creación de un AMFE: Se crea una revisión de su correspondiente proceso de montaje, al ser una transferencia de programa de otra planta, se debe optimizar el proceso de montaje adaptándolo a los medios actuales. También se crean revisiones de las DU de utillajes, se definen nuevas herramientas específicas para este montaje y los operarios no se conocen el proceso.

4.4. Equipo de trabajo y responsabilidades.

La realización del AMFE es una labor de equipo, en la que están integradas todas aquellas personas que puedan aportar, por su experiencia o función, algo positivo para la consecución de los objetivos.

4.4.1. Equipo AMFE:

En este caso, se trata de un proceso de Producción, por lo que el equipo AMFE debe constar como mínimo de:

- Ingeniería de Producción. (Líder del Equipo)
- Ingeniería de Calidad
- Producción
- Diseño de Utillaje (opcional)

El equipo AMFE se verá reflejado en la esquina superior izquierda del documento.

Ni que decir tiene que, en función del tipo de proceso del que se trate, los miembros obligatorios del equipo varían, adecuándose a lo requerido por el proceso. Por ejemplo, para un proceso Organizativo, deberían aparecer obligatoriamente el responsable de Proceso, como líder de equipo y calidad. Así como para un proceso logístico, el líder de equipo debe ser el responsable de logística, apareciendo también de manera obligatoria, calidad de subcontratación.

4.4.2. Responsabilidades:

En función del rol desempeñado por cada uno de los integrantes del equipo se derivan las responsabilidades aplicables. Estas responsabilidades deben ser acordadas y definidas entre todos antes de comenzar con el trabajo.

• Líder de Equipo:

- Fija el método de trabajo para la determinación de las causas de los modos de fallo (Ishikawa, Tormenta de ideas, 5 Porqués, etc.)
- Lidera el equipo de realización del AMFE.
- Realiza el seguimiento de las Acciones Correctoras planteadas en el AMFE.
- Asegura que las Acciones Correctoras han sido implantadas y son efectivas.
- Mantiene el histórico del AMFE.

- **Calidad:**

- Realiza un diagrama del proceso de control.
- Aporta datos sobre la detectabilidad de los modos de fallo.
- Proporciona datos sobre el histórico de los efectos relacionados con el proceso a analizar (paretos, histogramas, etc).
- Actualiza el Plan de Control derivado de la actualización del AMFE.

- **Otros participantes:**

- Aportan la información relativa a su función.
- Realizan las tareas correspondientes del Plan de Control.

4.5. Sistemática a seguir en el AMFE.

A continuación se explica la sistemática que se ha seguido en el Análisis Modal de Fallos y sus Efectos y por la que ha sido posible la creación del documento.

Antes de comenzar la realización del documento AMFE se debe definir el objeto de estudio y el campo de aplicación del mismo (En el caso de este proyecto, el objeto de estudio es el proceso de montaje de los capots).

A la vez, se debe recopilar en la medida de lo posible toda la información disponible hasta la fecha sobre el producto, que nos permita prever los fallos (no conformidades, quejas de cliente, etc)

Una vez definido el objeto de estudio, debe esquematizarse en un diagrama de flujo del mismo, en el que se vean claramente las operaciones o etapas de que consta y posteriormente, asociar a cada una de ellas en el AMFE los posibles fallos potenciales susceptibles de suceder en esa operación. Para ello, debe usarse la misma codificación de las etapas en el diagrama de flujo y en el AMFE.

Una vez creado el Diagrama de Flujo, se determinan y reflejan en el documento AMFE, los modos de fallo en los que puede incurrir cada una de las operaciones definidas. Podemos determinar los modos de fallo, preguntándonos de qué manera la operación puede dejar de cumplir su cometido o generar una no-conformidad.

A continuación, se reflejan todas las causas de los modos de fallo detectados en el anterior apartado. Para la determinación de las causas se pueden usar los siguientes métodos:

- a. Tormentas de ideas.
- b. Diagramas causa-efecto (Ishikawa).
- c. 5W (Cinco ¿por qué?)

No olvidar describir los efectos asociados a cada una de las causas anteriores. Puede ser que varias causas tengan un mismo efecto.

También deben reflejarse los controles actuales del proceso, los cuales provocan la no aparición de las causas o por contra la detección de todos los defectos asociados a las mismas.

A continuación se valora del 1 al 10 el índice de ocurrencia, el índice de severidad y el índice de detectabilidad, según procedimiento definido, usando las tablas del ANEXO B teniendo en cuenta que la tanto la ocurrencia como la detectabilidad hacen referencia a las causas, y la severidad hace referencia a los modos de fallo.

Con los valores anteriores, para cada una de las causas, se determina el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) en base a la formula: $NPR = P \cdot S \cdot D$. Es muy recomendable realizar el análisis completo de cada causa antes de pasar a la siguiente ya que tendremos una visión más clara del desarrollo del proceso.

Una vez calculado los correspondientes valores del Número de Prioridad de Riesgo (NPR) el siguiente paso consiste en identificar los aspectos que requieren Acciones Correctoras debido a que su NPR, es lo suficientemente alto como para constituir un importante generador de no-conformidades.

Si el NPR supera un valor determinado, las causas del riesgo en cuestión se convertirán en una característica clave (KC) del producto o proceso, y llevará consigo una monitorización y control hasta la estabilización completa del producto y proceso.

Con objeto de focalizar los esfuerzos para obtener un proceso robusto, se seleccionarán los elementos sobre los que se actuará en base a un criterio, que dependerá del tipo de proceso que se esté analizando, así como de la fase del desarrollo en la que nos encontremos.

Los criterios que se aplican en la empresa para procesos productivos son:

- Actuar sobre los NPR's iguales o superiores a 50.
- Actuar, usando acciones de tipo preventivo, en aquellas causas, que teniendo un NPR superior a 25, presenten un índice de ocurrencia (O) igual o superior a 6. Estas acciones tenderán a disminuir el índice de ocurrencia de la causa.
- Actuar, usando acciones de tipo correctivo, en aquellas causas, que teniendo un NPR superior a 25, presentan un índice de detectabilidad igual o superior a 6 (detectabilidad baja). Estas acciones tenderán a disminuir el índice de detectabilidad de la causa (incrementa la capacidad de detección de la misma).
- Actuar sobre los NPR's mayores de 25, siempre y cuando presenten un valor de índice de severidad igual o superior a 6. En esta fase trataremos de rebajar el índice de ocurrencia, con medidas de tipo preventivo; o trataremos de disminuir el índice de detectabilidad de la causa (aumentando la detectabilidad de la misma), con medidas de tipo correctivo.

En el caso de tener varios modos de fallo con NPR's similares se establecerá el uso de la filosofía "top five" para priorizar las actuaciones destinadas a reducir los mismos.

Esta filosofía establece trabajar sobre los cinco NPR's de valor mayor, cuando estos se reducen se elijen los siguientes cinco NPR's mayores, y así sucesivamente.

Una vez identificados los aspectos que requieren mejora se determinarán las acciones que deberán ser aplicadas para reducir el NPR a valores aceptables. Estas acciones se describirán, con responsable y fecha prevista de implantación, en el documento AMFE, indicándose el nuevo valor NPR' que se estima alcanzar tras la implementación de la acción. Se registrará "P" (Previsto) en la casilla P/R del formato.

Además se cumplimentará la casilla PC correspondiente al porcentaje de cumplimiento de cada acción, con el objetivo de dar visibilidad del estado de las mismas.

Serán identificadas todas aquellas acciones que provengan de lecciones aprendidas de otros programas, mediante la casilla LL (Lessons Learnt), escribiendo "X" si proviene de lección aprendida.

Una vez implementadas las acciones, se revisará la correspondencia entre la mejora obtenida y la esperada de antemano, sustituyéndose los valores NPR's previstos con los obtenidos realmente. Se indicará "R" (Real) en la columna P/R para indicar esta circunstancia.

En el caso de que se constate que la mejora en el proceso no alcance los niveles requeridos será conveniente efectuar un nuevo análisis de los aspectos fallidos, reevaluándose sus índices de ocurrencia, severidad y detectabilidad.

Por ultimo, decir que se deberá establecer una frecuencia de actualización del AMFE entre todos los componentes del equipo de trabajo. Esta frecuencia vendrá definida en función de la cadencia de producción, siempre y cuando no se produzcan escapes en cliente, concesiones o no conformidades internas que obliguen a la revision inmediata del AMFE. En el proyecto de los capots recibimos dos no conformidades por parte del cliente, por este motivo, tuvimos que hacer una revisión del mismo.

En una situación de cadencia normal de producción lo recomendable es que el periodo de actualización del AMFE no sea superior a 18 meses.

Capítulo 5

“En todo programa de control, el punto de partida es el conjunto de datos observados.No obstante, estos datos pueden ser buenos, malos o indiferentes. ¿Qué valor tendría la teoría del control, si los datos observados utilizados en el control no fueran correctos? Esta es la pregunta que se plantea una y otra vez el hombre práctico”. (Walter A. Shewhart)

ANÁLISIS SISTEMA DE MEDICIÓN (MSA): REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD (R&R)

5.1. Definición de MSA.

El objetivo del Análisis de un Sistema de Medición es el conocimiento de las fuentes de variación que pueden influir en los resultados obtenidos por dicho sistema.

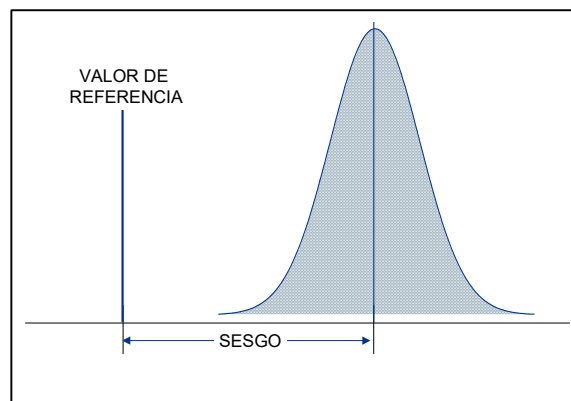
Las fuentes de variación de un sistema de medición son:

- Relativas a la medida de la situación:
 - La estabilidad.
 - El sesgo.
 - La linealidad.
- Relativas a la medida de la dispersión:
 - La repetibilidad.
 - La reproducibilidad.

5.1.1. Definiciones.

5.1.1.1. Sesgo.

Es la diferencia existente entre el valor medio de las mediciones observadas y el valor referencia del mensurando.



Representación gráfica de Sesgo.

El valor de referencia es un valor que sirve como referencia acordada para los valores de la medición. Normalmente viene impuesto por el plano o la condición de suministro del cliente. Puede obtenerse a partir de una serie de mediciones de una pieza considerada como muestra, realizadas por un instrumento de mayor nivel, por ejemplo, en el entorno de la metrología.

Si no fuera posible la medición de todas las piezas-muestra de esta manera, puede utilizarse el siguiente sistema alternativo:

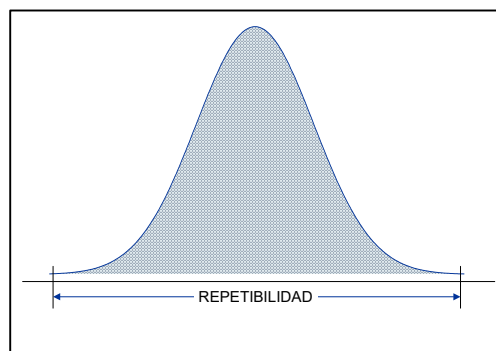
- Medir una de las piezas de la muestra de una forma precisa en el laboratorio de metrología.
- Realizar uno de los inspectores al menos 10 mediciones de la misma pieza utilizando el instrumento de medición que se pretende analizar.
- Calcular el valor medio de estas mediciones.

La diferencia entre el valor de referencia obtenido en el primer paso y el valor medio obtenido en el último paso, representa el sesgo del sistema de medición. Este no debe ser muy grande (del orden de una centésima parte del valor real). Si así no fuese, podría ser debido a numerosas causas:

- Error en el patrón.
- Desgaste de componentes.
- Instrumento no adecuado para la dimensión a medir.
- Instrumento midiendo una característica equivocada.
- Calibración no apropiada del instrumento.
- Utilización no apropiada del instrumento por el inspector.

5.1.1.2. Repetibilidad.

Es la variación obtenida en las mediciones realizadas con el mismo instrumento cuando es utilizado repetidas veces por una misma persona, midiendo una misma característica de una misma pieza.

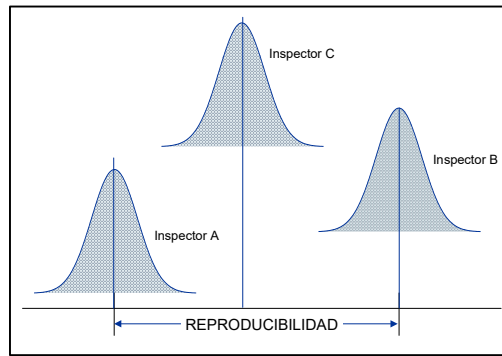


Representación gráfica de Repetibilidad.

La repetibilidad del proceso de medición implica que la variabilidad del sistema de medición sea uniforme. Dos fuentes de error de repetibilidad son generalmente los errores de medición debidos al propio instrumento y aquellos producidos por la variación en el posicionamiento de la pieza en el instrumento de medición.

5.1.1.3. Reproducibilidad.

Es la diferencia entre el valor medio de las mediciones realizadas por diferentes personas utilizando el mismo instrumento de medición, midiendo una misma característica de una misma pieza.

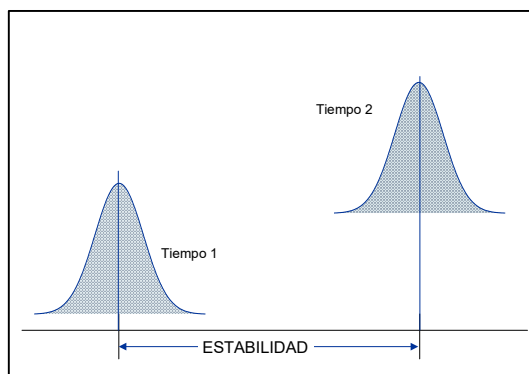


Representación gráfica de Reproducibilidad.

La reproducibilidad del proceso de medición implica que la variación entre los operarios que realizan las mediciones es uniforme.

5.1.1.4. Estabilidad.

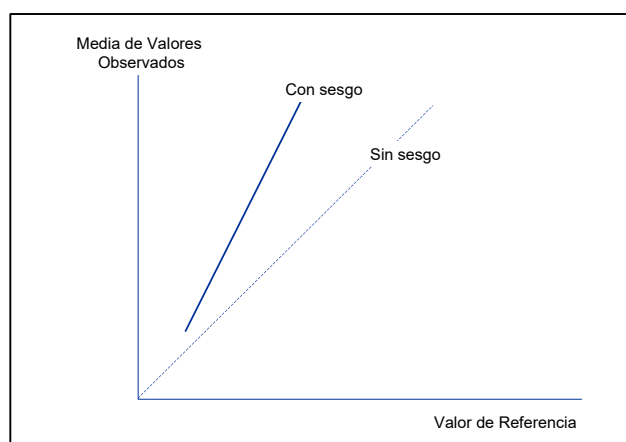
Es la diferencia en el valor medio de las mediciones realizadas por una misma persona, con un mismo instrumento de medición, midiendo una misma característica de una misma pieza, en dos instantes de tiempo distintos.



Representación gráfica de Estabilidad.

5.1.1.5. Linealidad.

Es la diferencia en los valores del sesgo a lo largo del rango operativo esperado.



Representación gráfica de Linealidad.

La linealidad puede determinarse seleccionando distintas piezas cuyas características a medir se encuentren en la totalidad el intervalo operativo del instrumento de medición.

Un sistema de medición debe ser lineal, si no es así no es un buen sistema, y puede ser debido a alguna de las siguientes causas:

- El instrumento no está apropiadamente calibrado tanto al principio como al final del rango de medición.
- Existe un error en el máster de máximo o de mínimo.
- Desgastes del instrumento.
- El diseño de las características internas del instrumento.

5.2. Directrices para el MSA.

5.2.1. Directrices para determinar la Estabilidad.

1. Obtener una muestra y establecer su(s) valor(es) de referencia con relación a un patrón trazable. Si no se dispone de tal patrón, seleccionar una pieza de la producción que se encuentre en la zona central del intervalo de mediciones esperado de la producción y designarla como muestra patrón para el análisis de estabilidad. El denominado valor de referencia no es requerido para la determinación de la estabilidad del sistema.

Puede ser deseable muestras patrón no solo para la zona central del intervalo esperado de la producción, sino también de los dos extremos. Se recomienda realizar mediciones y gráficos de control separados para cada una de estas muestras patrón.

2. Medir la muestra patrón con una periodicidad determinada (diaria, semanal, mensual). La elección del tamaño de la muestra y de la frecuencia debe basarse en el conocimiento del sistema de medición (frecuencia con la que debe ser calibrado, frecuencia de uso, dureza de las condiciones de utilización). Las lecturas deben tomarse en diferentes momentos del día para tener en cuenta los factores ambientales que puedan cambiar a lo largo del mismo. La primera vez se tomarán 20 mediciones.
3. Representar los datos en un gráfico de control MR.
4. Establecer los límites de control (límite inferior y superior) y evaluar las condiciones de inestabilidad o de fuera de control.
5. Calcular la desviación típica de las mediciones y compararla con la del proceso con el objetivo de determinar si la repetibilidad del sistema de medición es adecuada.

El sistema sería inestable si se cumple cualquiera de las cuatro condiciones siguientes:

- En el gráfico MR hay un punto fuera de los límites de control (+/- desviaciones de la línea central)
- En el gráfico MR dos de cada tres puntos sucesivos quedan a más de dos desviaciones de la línea central.
- En el gráfico MR cuatro de cada cinco puntos sucesivos quedan a más de una desviación de la línea central.
- En el gráfico MR ocho puntos sucesivos quedan en el mismo lado de a línea central.

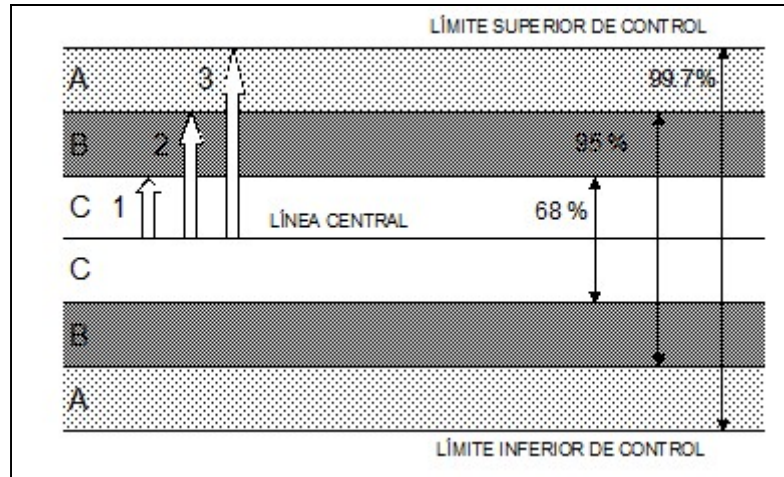


Gráfico MR.

La falta de estabilidad de un sistema de medición puede ser debida a múltiples causas, entre ellas destacan: una entrada o trasposición de datos incorrecta, errores en las lecturas del operario, redondeo de los datos, suciedad de las piezas o lo más grave, inestabilidad real de los aparatos de medición.

5.2.2. Directrices para determinar el Sesgo.

1. Obtener una muestra y establecer su valor de referencia con relación a un patrón trazable. Si no se dispone de tal patrón, seleccionar una pieza de la producción que se encuentre en la zona central del intervalo de mediciones esperado de la producción y designarla como muestra patrón para el análisis de sesgo. Medir la pieza 10 veces en el laboratorio de metrología y calcular la media de las 10 lecturas. Esta media será el "valor de referencia". Se recomienda obtener los valores límites de control también de esta pieza muestra.
2. Hacer que un inspector mida la muestra patrón 10 veces con su sistema de medición y calcular la media de las diez lecturas.
3. El sesgo se determina restando al valor de la media obtenida por el inspector el valor de referencia.

$$\text{Sesgo} = \text{Media de las observaciones} - \text{Valor de referencia.}$$

$$\text{Variación del proceso} = 6\sigma$$

$$\% \text{ Sesgo} = \frac{\text{Sesgo}}{\text{Variación del proceso}}$$

5.2.3. Directrices para determinar la Repetibilidad y la Reproducibilidad en mediciones por variables.

MÉTODO DE LA MEDIA Y EL RECORRIDO.

El método de la Media y del Recorrido (\bar{x} & R) es un método matemático que proporciona una estimación tanto de la Repetibilidad como la Reproducibilidad de un sistema de medición. Este método permite que los sistemas de medición puedan descomponerse en dos componentes separados, Repetibilidad y Reproducibilidad.

El procedimiento a seguir para llevar a cabo el método de la media y el recorrido es el siguiente:

1. Obtener un número de piezas que sea representativo de la variación real o esperada del proceso.
2. Seleccionar a varios inspectores y numerar las piezas de modo que los inspectores no conozcan dicha numeración.
3. Calibrar el instrumento de medición.
4. Hacer a cada uno de los inspectores que midan las piezas en un orden aleatorio. Registrar los valores sin que cada uno de los inspectores conozca el resultado de sus compañeros.
5. Repetir el ciclo cambiando la aleatorización de las piezas.
6. Se obtiene la media y el recorrido de las mediciones de cada uno de los inspectores y con estas la media y el recorrido global que a su vez, mediante un análisis matemático nos proporciona la medida del porcentaje de repetibilidad y reproducibilidad.

NOTAS:

1. Es recomendable que se cumpla la siguiente relación entre número de piezas e inspectores seleccionados para realizar las mediciones.

$$n^{\circ} \text{ piezas} \times n^{\circ} \text{ inspectores} \geq 14$$

2. Es recomendable garantizar la calibración del instrumento cada vez que se realicen nuevas mediciones. Especialmente en el caso en el que los inspectores se encuentren en turnos de trabajo diferentes o las mediciones no se realicen en el mismo día. Es común que entre intervalos de tiempos distintos, otra persona coja el sistema de medición para algún otro proyecto.

Si la repetibilidad es insatisfactoria (muy grande respecto la reproducibilidad), puede ser debido a:

- El instrumento de medición necesita mantenimiento.
- Debe rediseñarse el instrumento para que sea más rígido.
- Necesita mejorarse el soporte de fijación del instrumento.
- Existe excesiva variación entre las piezas.
- Condiciones ambientales.

En caso de que la reproducibilidad sea grande respecto la repetibilidad, puede ser debido a:

- Formación/Entrenamiento del inspector.
- Falta de claridad del "display" del instrumento o mal ángulo de visión a la hora de la lectura del aparato.
- Forma de interactuar con la pieza diferente entre inspectores.
- Redondeo de la medida diferente según inspector.
- Necesidad de un útil de algún tipo que permita la utilización del instrumento de medición de forma uniforme por los inspectores.

En el ANEXO F puede verse un ejemplo de este método para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad del método de medición (calibre) del diámetro de un taladro objeto de estudio en el montaje de los capots, montaje objeto de este proyecto.

En general, las directrices de aceptación de los resultados del estudio en lo que respecta al %(RyR) son las siguientes:

$\%(\text{RyR}) < 10\%$ el sistema de medición es **aceptable**.

$10\% < \%(\text{RyR}) < 30\%$ el sistema de medición **puede ser aceptable dependiendo de su aplicación**, coste del instrumento, coste de la reparación, etc.

$\%(\text{RyR}) > 30\%$ el sistema de medición **necesita ser mejorado**. Es necesario identificar los problemas y corregirlos.

5.2.4. Directrices para determinar la Repetibilidad y la Reproducibilidad en mediciones por atributos.

Este MSA para atributos ayuda a asegurar que el trabajo de los inspectores es consistente consigo mismos, en los diferentes turnos de trabajo y con los requisitos del cliente o reglas estándar conocidas.

REALIZACION DEL TEST POR EL METODO BINARIO

1. Se prepara un grupo de piezas para el estudio. Entre ellas debe de haber piezas buenas y piezas malas.
2. Se realiza una verificación previa de todas las piezas por parte de un experto con el fin de tomar un patrón para las medidas. Estas verificaciones se registrarán como BIEN o MAL y serán denominadas como “maestras”.

MAESTRA
BIEN
MAL
BIEN
BIEN
BIEN
BIEN
BIEN
MAL
MAL
BIEN
BIEN
MAL
BIEN
BIEN
BIEN

Medidas maestras.

3. Cada uno de los inspectores evaluará cada una de las piezas, BIEN=correcta o MAL= incorrecta, tres veces y se registran los resultados. Esta evaluación se realiza de manera aleatoria para mitigar el sesgo producido por saber el resultado final.
4. Se calcula para cada operario:
 - **Efectividad del operario frente a sus observaciones:** Número de observaciones congruentes consigo mismo/ Oportunidades totales de decisión.
 - **Efectividad del operario frente al patrón o medida maestra:** Número de observaciones congruentes con el patrón/ Oportunidades totales de decisión.

- **Tasa de fallo del operario:** (Falsos positivos/ Oportunidades totales para negativos)x100.
- **Tasa de falsa alarma del operario:** (Falsos negativos/Oportunidades totales para positivos)x100.

En el ANEXO G puede verse un ejemplo de este método para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad del método de medición de la conductividad objeto de estudio en el montaje de los capots, proyecto objeto de este texto.

El criterio de aceptación para los operarios/inspectores será:

DECISION	EFFECTIVIDAD	TASA FALLO	TASA FALSA ALARMA
Aceptable para el evaluador	≥ 90%	≤ 2%	≤ 5%
Marginalmente aceptable para el evaluador	≥ 80%	≤ 5%	≤ 10 %
Inaceptable para el evaluador	< 80%	> 5%	> 10%

Criterios de aceptación.

Capítulo 6

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS.

El presente texto ha querido llevar a cabo una explicación de los fundamentos de la filosofía Seis Sigma, así como de cuáles son los pasos pertinentes a seguir si se pretende alcanzar su implementación. La evidencia muestra que esta metodología ha conseguido, con el paso del tiempo, y derivando de las mejores teorías de calidad surgidas en la segunda mitad del siglo XX, asentarse sólidamente y ocupar un lugar prominente en la gestión de la calidad dentro de una empresa.

La conclusión más importante a la que se puede llegar es que Seis Sigma tiene como objetivo principal eliminar la variabilidad y alcanzar la perfección mediante la eliminación de todos los defectos o errores existentes. Para ello, esta metodología busca la causa raíz para a partir de ella implementar soluciones sólidas y a la par efectivas que prevengan con garantías la recurrencia de fallos o defectos. Esto repercutirá directamente, e indirectamente (mediante ciclos de procesos más reducidos) en un ahorro considerable de costos para la empresa.

Asimismo, hay que recoger en los pensamientos finales que el objetivo primordial de una empresa es satisfacer a sus clientes, ya que es de ellos de los que depende el grado de éxito que tenga la misma. La importancia del cliente durante la metodología es uno de los puntos distintivos de Seis Sigma, y la aplicación de esta mentalidad o filosofía empresarial la que sin lugar a dudas distingue a aquellas empresas que la poseen destacar frente al resto, en un mundo en el que la competencia es cada vez mayor.

No obstante, no hay que pasar por alto que para ello hay que ser capaces de que todos los miembros de la empresa se mentalicen activamente de la importancia de trabajar conjuntamente hacia la consecución de un logro común a través de esta metodología Seis Sigma. El agente de cambio es el equipo empresarial, es decir, todos y cada uno de los individuos que componen la empresa, y que aportan su valor específico al conjunto global final. El costo invertido en la formación de la plantilla en Seis Sigma está cubierto con creces debido a los buenos resultados que arroja el trabajo conjunto bajo el paraguas de esta metodología en la empresa.

Uno de los puntos clave es el necesario cambio de mentalidad para llevar a cabo una verdadera transformación en el modo de gestionar los errores que se hayan podido cometer en el proceso de montaje, tradicionalmente solamente se aplicarían remedios inmediatos, en lugar de aprender de ello para poder prevenir errores futuros.

Enlazando con lo anterior, es especialmente de capital importancia que se deposite una enorme confianza en los empleados que estén en contacto con el producto y el proceso de montaje del mismo, ya que son los más cercanos a él y los que mejor pueden distinguir qué se puede mejorar y la mejor manera de hacerlo para el producto y por tanto la propia empresa. Estos trabajadores deben ser continuos y especialmente motivados para que ellos mismos sean conscientes en todo momento de la grandísima importancia estratégica que tienen dentro del proceso.

Como conclusión final, es totalmente entendible que el paso o la transición hacia un enfoque Seis Sigma pueda ser visto como algo complicado, ya pueda deberse a una notable falta de motivación de los empleados, o a que la manera de trabajar existente esté muy arraigada y sea muy difícil de modificar. Pero sin duda alguna, el esfuerzo merecerá la pena, ya que esta metodología reduce de manera muy notable los errores, que es el objetivo principal y del que derivan los demás beneficios, que son muchos como se han enumerado más arriba, de Seis Sigma. Pese a ello, no debe tomarse el camino hacia la implantación de Seis Sigma como un proceso con una fecha fija de inicio y fin, sino que debe ser considerado así mismo como lo que es, un proceso continuo de mejora, buscando siempre abrir el horizonte de futuras líneas de investigación que propongan herramientas estadísticas más

avanzadas (alcanzables a usuarios inexpertos en la calidad, que permitan recoger ideas además de números, etc).

Algunas de las herramientas más innovadoras que se están comenzando a implementar y de momento no están siendo usadas en la empresa ni en este proyecto son las siete nuevas herramientas:

Las siete nuevas herramientas ya han probado ser útiles para los directivos de todos los niveles, resultando más acogidas entre los de más alto nivel. El motivo es que no sustituyen a las herramientas clásicas, si no que las complementan cubriendo el vacío que pudieran dejar.

Estas herramientas son fundamentalmente utilizadas en la fase de planificación o análisis.

- Diagrama de afinidad:

Es la herramienta básica del conjunto de las siete nuevas herramientas. Se utiliza para conseguir gran cantidad de datos en forma de ideas, opiniones, temas, aspectos a considerar y organizarlos en grupos en base a criterios afines de relación natural entre cada elemento.

Es una herramienta muy útil para lograr que un grupo de personas trate un tema de forma creativa en lugar de lógica o intelectual.

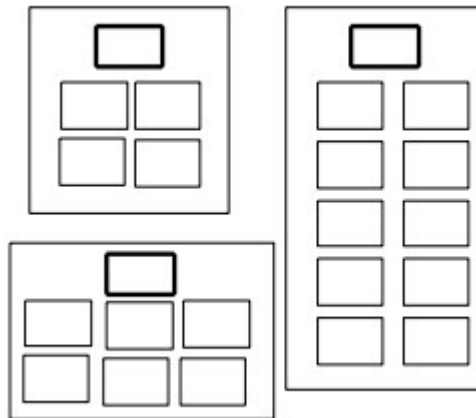


Diagrama de afinidad.

- Diagramas de relaciones y de árbol.

A diferencia del anterior, el diagrama de relaciones utiliza el lado lógico del cerebro, determina qué idea tiene influencia sobre otra, representando esta relación mediante una flecha en la dirección de la influencia.

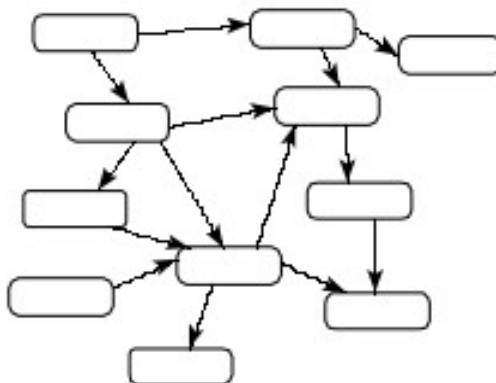


Diagrama de relaciones.

Tendiendo clara la organización de ideas puede crearse el diagrama de árbol, muy práctico para no olvidar nada durante el proceso.

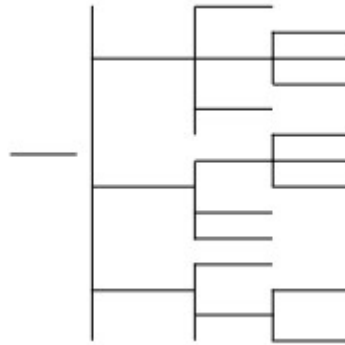


Diagrama de árbol.

- Diagrama matricial y el QFD.

El diagrama matricial es quizás la herramienta más utilizada y conocida de las siete. Esta herramienta enfrenta dos conjuntos de ideas y los compara con el objetivo de decidir si existe correlación entre ellas.

Es utilizado ampliamente en el Despliegue de la Función de la Calidad (QFD).

Esta herramienta se relaciona con el diagrama árbol, siendo práctica habitual del QFD utilizar las ideas del diagrama árbol como las filas y/o columnas del diagrama matricial.

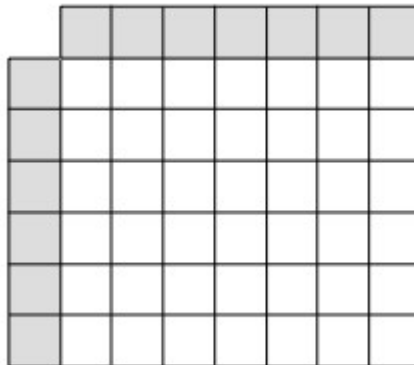
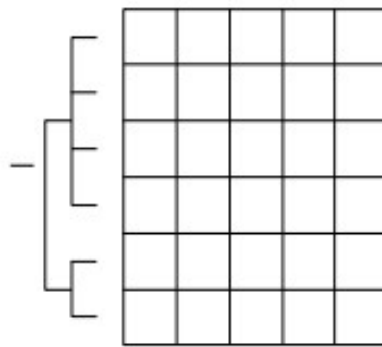


Diagrama matricial.

- Matrices de Priorización.

Se utiliza para establecer prioridades de las tareas, combinando el diagrama de árbol con el matricial.



Matrices de Priorización.

- Diagrama de flechas.

Este diagrama muestra los caminos paralelos existentes a la hora de desarrollar una actividad. El propósito es determinar cuál es el tiempo mínimo posible en la realización de un proyecto, representando gráficamente todas aquellas actividades que puedan realizarse de forma simultánea.

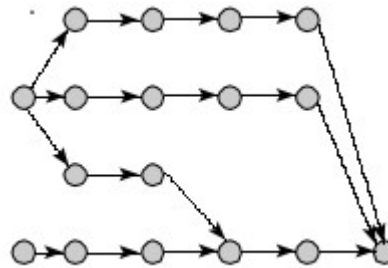


Diagrama de afinidad.

- Diagrama del proceso de decisión y análisis factorial de datos.

Suele utilizarse en la planificación de actividades no emprendidas con anterioridad. La actividad consiste en identificar y registrar todo lo que puede fallar para tomar las contramedidas oportunas.

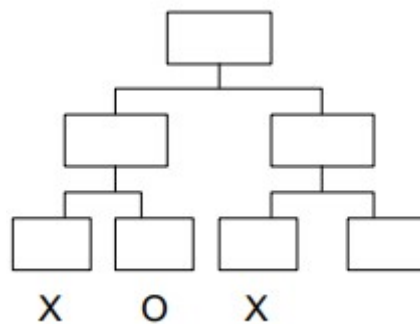


Diagrama del proceso de decisión.

ANEXOS

ANEXO A

CARACTERÍSTICAS DE CONTROL (KC/CI) DEL PROCESO DE MONTAJE DE LOS CAPOTS.

Nº	FAMILIA DE KC/CI	KC/CI	DESCRIPCION NORMALIZADA
20	GAPS Y STEPS ENTRE ELEMENTOS	21 (KC)	GAPS ENTRE PANELES SEGÚN ESPECIFICACIÓN
		22 (KC)	STEP ENTRE PANELES SEGÚN ESPECIFICACIÓN (NO INCLUIDOS CAPOTS SUPERIORES POR SER DE DISEÑO)
22.1	STEP ENTRE PANELES DE CAPOTS SUPERIORES	22.1 (KC)	STEP ENTRE PANELES DE CAPOTS SUPERIORES (DISEÑO)
40	IDENTIFICACIÓN/ SERIALIZACIÓN/ DOCUMENTACIÓN	40 (CI)	IDENTIFICACIÓN/ SERIALIZACIÓN/ DOCUMENTACIÓN
70	CARACTERISTICAS DEL TALADRADO	70 (KC)	CARACTERISTICAS DEL TALADRADO
80	FOD	80 (CI)	FOD
90	CONDUCTIVIDAD	90 (CI)	CONDUCTIVIDAD
100	SELLADO Y PEGADO	103 (CI)	ASPECTO VISUAL (AUSENCIA DE POROS, UNIFORMIDAD, BUEN ESTRUDADO)
110	MARCAS Y ACABADO	110 (CI)	MARCAS Y ACABADO
		111 (CI)	MARCAS EN MALLAS
120	CARACTERISTICAS DEL REMACHADO/ATORNILLADO	120 (CI)	CARACTERISTICAS DEL REMACHADO/ATORNILLADO (NO INCLUIDOS CAPOTS INFERIORES POR SER DE DISEÑO).
120.1	REMACHADO CAPOTS INFERIORES	120.1 (CI)	REMACHADO DISTINTO PLANO EN CAPOTS INFERIORES (DISEÑO)
130	CARACTERISTICAS DE PINTURA	131 (KC)	ESPESOR PINTURA SEGÚN ESPECIFICACIÓN
		132 (CI)	ADHERENCIA PINTURA SEGÚN ESPECIFICACIÓN
		133 (CI)	ASPECTO VISUAL CORRECTO (BRILLO, COLOR , PIEL DE NARANJA, RUGOSIDAD,...)
		139 (CI)	RETICULACIÓN

Características de Control.

ANEXO B

OCURRENCIA, SEVERIDAD Y DETECTABILIDAD.

OCURRENCIA	VALOR	DESCRIPCIÓN
MUY ALTA	10	Porcentaje (estimado o real) de defectos mayores de 30% (muy alta probabilidad de que se produzca el defecto).
ALTA	9-8	Porcentaje (estimado o real) de defectos entre el 15% y el 30% (proceso no controlado e incapaz con probabilidad alta de que se produzca el defecto).
MEDIA-ALTA	7	Porcentaje (estimado o real) de defectos entre el 10% y el 15% (Probabilidad fuerte de ocurrencia; Proceso con insuficiente capacidad).
MEDIA	6-5	Porcentaje (estimado o real) de defectos entre el 5% y el 10% (Probabilidad moderada de ocurrencia; Proceso con insuficiente capacidad).
MEDIA-BAJA	4	Porcentaje (estimado o real) de defectos entre el 2% y el 5% (Proceso bajo control estadístico pero por debajo del objetivo de capacidad).
BAJA	3-2	Porcentaje (estimado o real) de defectos entre el 0,5% y el 2% (Proceso bajo control estadístico pero por debajo del objetivo de capacidad).
MUY BAJA	1	Porcentaje (estimado o real) de defectos menor al 0,5% (Proceso controlado y capaz. Muy remota probabilidad de que la característica salga de los límites especificados).

Tabla valores de Ocurrencia.

SEVERIDAD	VALOR	DESCRIPCIÓN (Valoración desde el punto de vista del cliente)
MUY ALTA	10	Defecto crítico que involucra consideraciones potenciales sobre la seguridad (las CARACTERÍSTICA CRITICAS requieren siempre inspeccion 100%)*
ALTA	9-8-7	Defecto mayor que afecta o reduce la fiabilidad, mantenibilidad, operación o ciclo de vida de forma significativa. Provoca alto grado de insatisfacción por parte del cliente debido a la naturaleza del fallo, tal como falta de operatividad de un subsistema o corrosión prematura de componentes estructurales.
MEDIA	6-5	Provoca insatisfacción en el cliente por afectar a Form (forma incluyendo tanto características dimensionales como de aspecto percibido), Fit (inntalación del producto) o Function (operacion del producto, pero sin afectar a la seguridad. Defecto que origina la necesidad de ajuste por el cliente durante la instalación, deterioro apreciable del funcionamiento de un subsistema o componente, o incluso defectos mayores por calidad percibida o peso que no afecten a lo anterior.
BAJA	4-3-2	Defecto que afecta solo de una manera leve a Form, Fit & Function y que puede ser reparado de forma simple y con escasa perturbación y sin efectos relevantes en operación o ciclo de vida (marcas y arañazos en zonas poco visibles)
MUY BAJA	1	Defecto menor no visible. El defecto no produce ningún efecto apreciable sobre la instalación y operación y el cliente probablemente no será capaz de detectarlo.

Tabla valores de Severidad.

** Las buenas prácticas de ingeniería de diseño, por lo general, conducen a la práctica inexistencia de características críticas gracias a los requisitos de redundancia estructural. Sólo las piezas críticas contienen características críticas.*

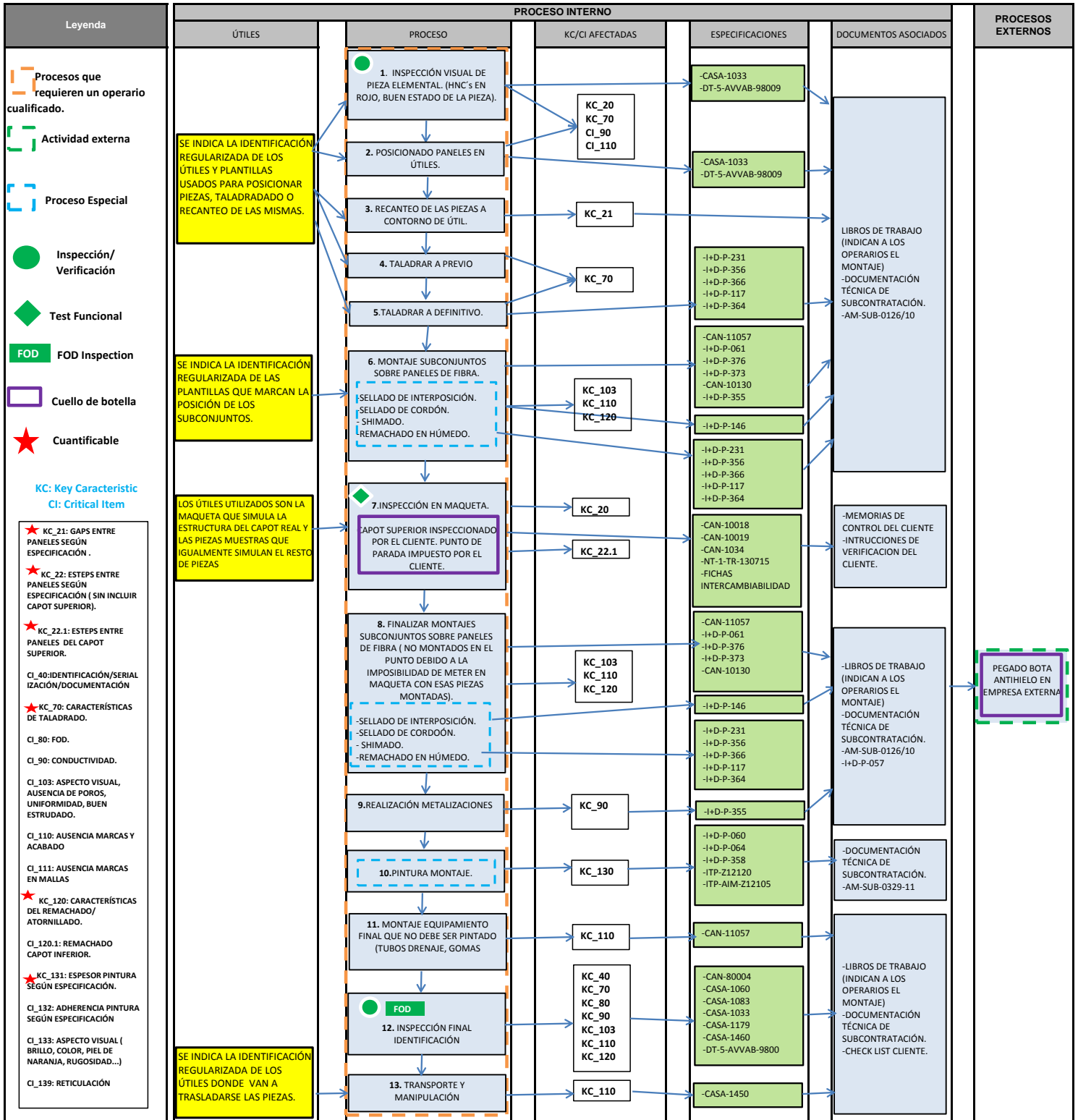
DETECTABILIDAD	VALOR	DESCRIPCIÓN
MUY ALTA	10	Muy alta probabilidad de no ser detectado antes de producirse el fallo por ser una característica latente (tratamiento térmico, aleación,...) o por no ser comprobada o comprobable por medios no destructivos, por lo que sólo sería detectado por el cliente o el operador si se produce el fallo.
ALTA	9-8	Alta probabilidad de que el defecto no sea detectado por ser una característica poco perceptible del producto (un mazo de cables mal montado, fuga de combustible en un tanque, etc) que sólo sería detectado por cliente u operador durante la instalación o pruebas.
MEDIA -ALTA	7	Probabilidad moderada de que el defecto no sea detectado en las primeras fases de fabricación, detectándose únicamente en las inspecciones finales del producto o durante las pruebas funcionales internas que hay definidas.
MEDIA	6-5	Detección interna por medios no visuales. Probabilidad moderada de que pase a estaciones posteriores conteniendo el defecto por no tratarse de una característica obvia, aunque este bajo el alcance del plan de control).
MEDIA-BAJA	4	Detección interna por el plan de control y por medios visuales. Probabilidad baja de que pase a estaciones posteriores por ser una característica obvia (deformaciones) detectable en Quality Gate.
BAJA	3-2	Detección asegurada por el plan de control y por medios visuales. Probabilidad muy baja de que pase a estaciones posteriores por ser una característica obvia (ausencia de un remache en el producto) detectable en autocontrol.
MUY BAJA	1	Probabilidad muy remota de que pase sin ser detectado, por ser una característica física o funcional obvia (falta de un latch en una puerta). Detección típicamente en autocontrol, inspección visual o con poka yoke de control.

Tabla valores de Detectabilidad.

ANEXO C

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



**ANEXO D
AMFE DE PROCESO
REV.0**

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)		Proceso Producción y Cableado	AMFE No. AMFE_001	Pág 1/1													
Proyecto: Plan Com. Definición de los Capos		Determinación AMFE del proceso de montaje de los Capos para montar líneas especializadas.		Lider: Rafael Solís (Departamento de Producción y Calidad)													
Rev. AMFE:	Fecha:	Rev. Proceso:	Mostrador Rev.:	Facilitador: xxxxxxxxxx (Responsable de Calidad e Ingeniería)													
0	19/12/2017	/	/	Equipo: Rafael Solís (IB) (Departamento de Producción y Calidad)													
				Asesoramiento (de) (Producción)													
				Asesoramiento (de) (Cableado)													
				Asesoramiento (de) (Mantenimiento)													
				Asesoramiento (de) (Logística)													
				Asesoramiento (de) (Ergonomía)													
				Asesoramiento (de) (Seguridad)													
OP	OPERACIÓN / DESCRIPCIÓN	FALLOS POTENCIALES	Efectos de estos fallos	CONSECUENCIAS POTENCIALES	VULNERABILIDAD			Riesgo Resultante	Medidas	SEVERIDAD			C	P	E	R	
					O	S	E			Q	S	N					E
1	Inspección visual para alineación (PNC en vsp.)	Fallos en el eje de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
2	Posicionamiento de piezas en cinta	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
3	Recorte de la pieza en el centro del eje	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
4	Fijador a presión de las piezas	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
5	Fijador a tornillo	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
6	Montaje de piezas en cinta	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
7	Inspección de piezas	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
8	Fijador a tornillo	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
9	Montaje de piezas en cinta	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
10	Fijador a tornillo	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
11	Montaje de piezas en cinta	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
12	Inspección final	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
13	Transporte y manipulación	Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	
		Fallos de alineación	Desalineación de la línea de producción	Requerido un ajuste de alineación	3	5	3	100	OX	Inspección 100% en la estación de trabajo	1	5	3	100	R	24	

ANEXO E

ANÁLISIS 8D.

En el tiempo que la fábrica lleva en la fabricación de este programa aeronáutico se han recibido dos quejas de cliente, para la que se ha seguido la metodología 8D de mejora para resolver los fallos ocasionados en el producto que han repercutido al comprador. A continuación se refleja el análisis realizado y las acciones tomadas para evitar que vuelva a suceder.

DISCREPANCIA 1: BRACKET INSTALADO 180º CON RESPECTO A SU POSICIÓN CORRECTA

-D1: Descripción del problema.

Bracket instalado a 180º respecto de su posición correcta.

-D2: Establecimiento del equipo de trabajo.

Se aportan los nombres, responsabilidad dentro del departamento al que pertenece y el contacto de los mismos.

Como es irrelevante para este proyecto y por motivo de protección de datos no se suministra la información en este apartado.

-D3: Análisis inicial.

El bracket se posiciona y taladra mediante una plantilla de contorno. Como ayuda visual al montaje, se incluye una imagen adherida a la plantilla que muestra la posición correcta del bracket.



Imagen adherida a plantilla posicionamiento bracket.



Posición correcta bracket.

Después de posicionar y taladrar el bracket, se retira la plantilla y se deja pinzado el bracket, que no se remacha hasta después de taladrar y remachar la cinta de titanio. Esto se hace para evitar contaminar el sellante de los brackets con la viruta de la cinta. De modo que se retira la plantilla, se pinzan los brackets y se continúa con otras operaciones.

Una vez que se van a remachar los brackets pinzados, se retiran para rebarbar los taladros y aplicar sellante. Finalmente se posicionan y se remachan. Estos pasos se realizan con la plantilla retirada unas cuantas operaciones más atrás, por lo que la ayuda visual ya no tiene efecto.

Por lo que se observa, el origen del defecto parece estar motivado por el mal posicionamiento del bracket justo antes del remachado, debido a que no se dispone de la plantilla en dicho instante y los taladros permiten el montaje de la pieza en posición incorrecta.

-D4: Acciones contenedoras. Contención del problema.

1	Revisar la obra en curso.
2	Informar al personal de producción y calidad sobre la queja recibida y el posible modo de fallo.
3	Implementar aviso en línea. Ubicar cartel tanto en el útil como en la plantilla con la queja recibida y la posición correcta del bracket.

Acciones contenedoras.

En el 8D real se indican responsable y fecha, pero se ha omitido.

- D5: Causas raíces.

El bracket se ha montado incorrectamente porque no se ha utilizado la plantilla a la hora de remachar, ya que todas las plantillas se retiran después de posicionar y taladrar. Esto es así, debido a que en la mayoría de los casos, la geometría de las plantillas impide remachar los brackets y retirar las plantillas después.

En este caso, tan sólo hay una causa raíz y por eso sólo se rellena una columna en el diagrama buscando todos sus porqués. En caso de que hubiese habido más, habría que haberlas contemplado todas.

	CAUSA PROBABLE 1 Montaje incorrecto	CAUSA PROBABLE 2
Porque 1	Porque se ha remachado en posición incorrecta.	No existen más causas probables.
Porque 2	Porque el taladrado permite colocar la pieza en dos posiciones diferentes (diseño) y se ha montado en la posición incorrecta.	
Porque 3	Porque no se ha utilizado la plantilla que <i>ayuda</i> ¹ a remachar el bracket en posición correcta. (Acción correctora 2)	
Porque 4	Porque las operaciones de taladrado y remachado están divididas en el proceso por varias operaciones intermedias y la plantilla con la ayuda visual se ha retirado después de taladrar. (Acción Correctora 1)	
Porque 5	Porque se tenía el convencimiento de que para remachar el bracket es necesario retirar la plantilla, o de lo contrario, es imposible extraerla después. (Acción correctora 3)	
Porque 6	Porque en <u>el resto</u> de plantillas no es posible remachar los brackets antes de retirar la plantilla, ya que la geometría de las plantillas impide desmontarlas después. (Acción preventiva 2 y 3)	

Causas raíces.

- D6: Acciones Correctoras.

No.	Tarea
1	Modificar la planilla, ficha y OP para que el taladrado y remachado de brackets se realicen seguidamente y sin retirar las plantillas.
2	Incluir alerta visual en la plantilla para evitar que se retire antes de remachar
3	Formación en línea sobre montaje correcto y alertas a tener en cuenta.
4	<i>ACCIÓN PREVENTIVA 1. Implementar poka-yoke para correcto posicionado de bracket</i>
5	<i>ACCIÓN PREVENTIVA 2. Modificar el resto de plantillas para instalación de brackets existentes en el montaje</i>
6	<i>ACCIÓN PREVENTIVA 3. Implementar acciones correctoras descritas para la zona de defecto.</i>

Acciones correctoras.

Como se detalla más adelante en el punto 7, acción preventiva 1, la plantilla impide posicionar incorrectamente el bracket para el remachado si, y solo si, se ha posicionado correctamente para el taladrado. El problema reside en que la plantilla permite colocar incorrectamente el bracket para el taladrado.

Igualmente en este caso se han omitido responsable y fecha.

- D7: Acciones preventivas de la re-ocurrencia del problema y/o su causa raíz.

ACCIONES PREVENTIVAS SOBRE LA ZONA DEL DEFECTO (ACCIÓN PREVENTIVA 1).

Implementar poka-yoke para el correcto posicionado del bracket. Al analizar las causas raíces del defecto, se detecta la posibilidad de posicionar incorrectamente el bracket incluso utilizando la plantilla. Se decide mejorar el proceso creando un poka-yoke (sistema que imposibilita la colocación errónea).



POSICIÓN CORRECTA

POSICIÓN INCORRECTA

Posiciones correcta e incorrecta del bracket.

A pesar de disponer de un esquema de ayuda en la plantilla con la posición correcta del bracket, se propone implementar un tetón en la plantilla de forma que imposibilite el montaje en posición incorrecta.



Poka-Yoke: Tetón perpendicular a la placa.

ACCIONES PREVENTIVAS SOBRE EL RESTO DEL MONTAJE.

1. Modificar el resto de plantillas existentes para la instalación de brackets existentes en el montaje. (ACCIÓN PREVENTIVA 2).
2. Implementar acciones correctoras descritas para la zona del defecto al resto del montaje (Cambio de proceso, creación de alertas en línea). (ACCIÓN PREVENTIVA 3).

- D8: Validación de soluciones.

Indicar si es conforme el resultado para los siguientes aviones (Deben reflejarse los resultados obtenidos en los productos entregados una vez realizado el análisis 8D para verificar que las acciones tomadas han dado su fruto):

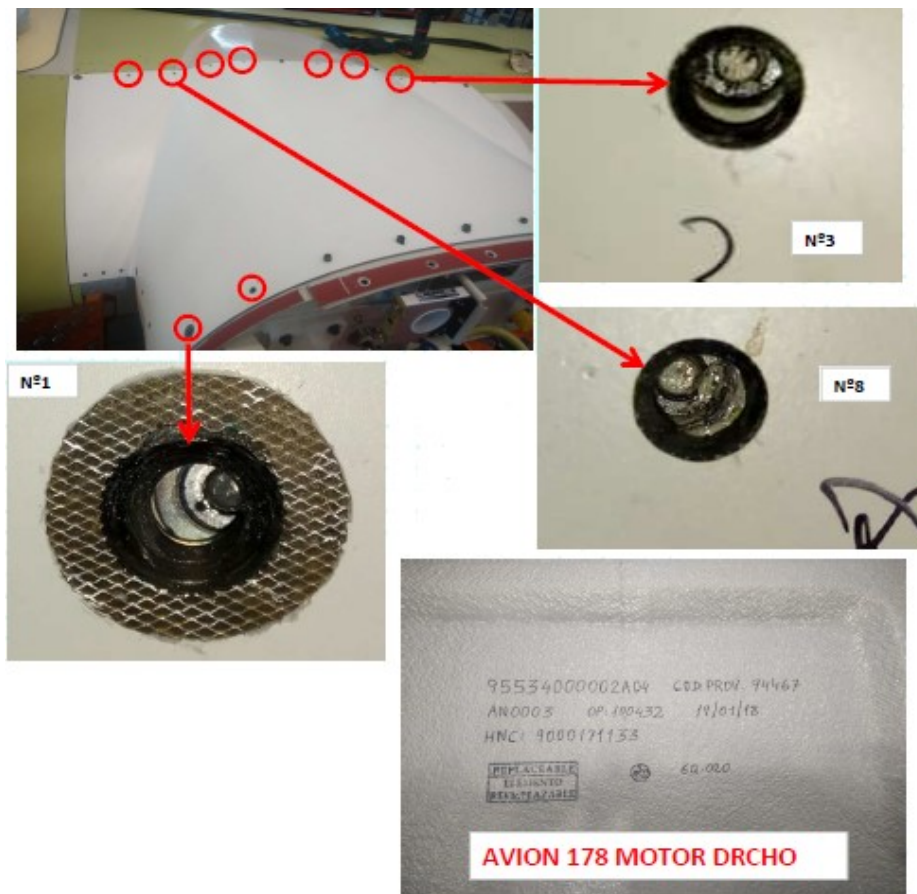
AC	Observaciones	Sello	Fecha
181			
182			
183			
184			
185			

Validación de resultados para los siguientes aviones.

DISCREPANCIA 2: TALADRADO DE PIEZA NO CONFORME A PLANO.

-D1: Descripción del problema.

Descoordinación de taladros existentes para fijación de broches en pieza de capot del motor derecho con taladros de cazoletas instaladas en bancada y grupo alar.



Taladros descoordinados con grupo alar.

-D2: Establecimiento del equipo de trabajo.

Al igual que en el ejemplo anterior y por las mismas causas no se suministrará la información de este paso.

-D3: Análisis inicial.

La pieza se taladra mediante un útil, diseñado y propiedad del cliente del cual se muestra una imagen:



Útil de taladrado de la pieza.

Este taladrado se hace mediante buchas de taladrado las cuales en algunas zonas son difíciles de introducir por la geometría del útil.

Una vez taladrada, esta pieza es el 100% de las veces inspeccionada en una maqueta que simula el capot del avión. Esta pieza se monta en la maqueta, atornillando con los tornillos requeridos por plano al resto de piezas de muestra.

Esta verificación realizada en maqueta se hace en presencia del cliente y fue conforme.

Por lo que se ha observado, el origen del defecto parece estar motivado por diferentes causas:

-Los tornillos que nos llegaron junto con la transferencia del montaje del proveedor anterior estaban desgastados, estando su diámetro por debajo de las tolerancias requeridas en la norma, lo que hace que se dé por conforme algo que no lo es.

-Debido a la geometría del útil, que dificulta la entrada de la bucha, combinada con una falta de atención del operario, genera que el taladro tenga una desviación no admisible para la maqueta.

-D4: Acciones contenedoras. Contención del problema.

1	Revisar la obra en curso.
2	Informar al personal de producción y calidad sobre la queja recibida y el posible modo de fallo.
3	Implementar aviso en línea. Ubicar cartel de atención al taladrado, indicando que es una operación de riesgo muy alto.

Acciones contenedoras.

En el 8D real se indican responsable y fecha, pero se ha omitido.

- D5: Causas raíces.

Al recibir los tornillos desgastados, se origina un juego en la pieza, que junto con el que tiene la propia maqueta (tuercas remachables) ocasionó que la pieza fuese montable en la misma y por este motivo la maqueta no detecta la descoordinación.

	CAUSA PROBABLE 1 Tornillos desgastados	CAUSA PROBABLE 2 Introducción incorrecta buchas de taladrado
Porque 1	Porque no ha sido detectado en ANA.	Porque la geometría del útil dificulta el acceso de las buchas.
Porque 2	Porque se recibieron en esa condición y no existía ningún requerimiento de mantenimiento periódico en IVU.	Porque ha habido una falta de atención del operario.
Porque 3	Porque se recibieron en esa condición y no existía ningún requerimiento de mantenimiento periódico en IVU.	Porque posteriormente en el requisito de inspección no se detecta el fallo debido a los tornillos desgastados.

Análisis de causas raíces.

- D6: Acciones Correctoras.

No.	Tarea
1	Sustituir tornillos CAN66068 por unos nuevos y deshacerse de todos los antiguos.
2	Someter a mantenimiento preventivo los tornillos por avión.
3	Mejorar desahogos en útil afectado.
4	Añadir en proceso una nota de atención en rojo indicando que esa operación de taladrado es de nivel de riesgo alto.
5	<i>ACCIÓN PREVENTIVA 1: Revisar desahogos de útiles de resto de piezas por si hay algún riesgo similar.</i>
6	<i>ACCIÓN PREVENTIVA 2: Asegurar que resto de P/N se han inspeccionado en maqueta con los tornillos nuevos.</i>
7	<i>ACCIÓN PREVENTIVA 3: Poner en proceso un punto de inspección de la posición del taladrado con un pin y la bucha o un eje bidiametral.</i>
8	<i>ACCIÓN PREVENTIVA 4: Asegurar que todas las buchas de todos los montajes están sometidas a mantenimiento preventivo nivel 1.</i>

Acciones correctoras.

- D7: Acciones preventivas de la re-ocurrencia del problema y/o su causa raíz.

Ver acciones en punto 6.

- D8: Validación de soluciones.

Indicar si es conforme el resultado para los siguientes aviones (Deben reflejarse los resultados obtenidos en los productos entregados una vez realizado el análisis 8D para verificar que las acciones tomadas han dado su fruto):

AC	Observaciones	Sello	Fecha
189			
190			
191			
192			
193			

Validación de soluciones para los siguientes aviones.

ANEXO F

RJR POR VARIABLES: MÉTODO DE LA MEDIA Y EL RECORRIDO.

En este ANEXO se determina la Repetibilidad y Reproducibilidad del método de medición utilizado para medir el diámetro de taladros presentes en algunas piezas de los Capots, en concreto las que ensamblan en el grupo alar. Este diámetro es muy conflictivo, el cliente requiere que sea perfecto ya que en caso contrario podría tener juego a la hora de ensamblar con el grupo alar, provocando vibraciones al resto de piezas.

Es de extrema importancia asegurar que el diámetro de los taladros se encuentre dentro de las tolerancias indicadas por el requerimiento de la norma y por ende que el sistema que estamos utilizando para realizar la medición indique la medida correcta.

Si la medida que nos proporciona la herramienta o el operario es correcta pero el instrumento no está en perfectas condiciones o el operario no lo utiliza con precisión, no podemos fiarnos de la medida proporcionada. Por tanto es perentorio analizar el sistema de medición y que este sea aceptable y garantizar al cliente que las medidas proporcionadas son correctas.

Para ello, en esta ocasión se han seleccionado 10 piezas y tres inspectores y las mediciones se han realizado con un micrómetro de exteriores y un alexómetro para asegurar a su vez que el taladro no está ovalado.



Micrómetro de exteriores.



Alexómetro.

Cada uno de los inspectores ha medido tres veces el diámetro de uno de los taladros. Obteniendo los siguientes valores:

OPERARIO	MEDICIÓN	MEDICIONES EN PIEZAS										MEDIA	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	1	7,072	7,07	7,068	7,067	7,061	7,071	7,069	7,061	7,07	7,07		7,0679
	2	7,071	7,07	7,07	7,07	7,07	7,071	7,071	7,068	7,07	7,068		7,0699
	3	7,07	7,07	7,071	7,071	7,072	7,071	7,072	7,071	7,071	7,071		7,071
MEDIA		7,071	7,070	7,070	7,069	7,068	7,071	7,071	7,067	7,070	7,070	$\bar{X}_1 =$	7,0696
RECORRIDO		0,002	0	0,003	0,004	0,011	0	0,003	0,01	0,001	0,003	$\bar{R}_1 =$	0,0037
2	1	7,071	7,07	7,071	7,072	7,071	7,07	7,071	7,072	7,071	7,07		7,0709
	2	7,07	7,071	7,072	7,071	7,072	7,071	7,072	7,071	7,071	7,072		7,0713
	3	7,071	7,07	7,071	7,071	7,071	7,071	7,071	7,071	7,071	7,071		7,0709
MEDIA		7,071	7,070	7,071	7,071	7,071	7,071	7,071	7,071	7,071	7,071	$\bar{X}_2 =$	7,0710
RECORRIDO		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0,002	$\bar{R}_2 =$	0,001
3	1	7,071	7,071	7,072	7,071	7,071	7,07	7,071	7,071	7,07	7,071		7,0709
	2	7,071	7,071	7,072	7,071	7,071	7,07	7,071	7,071	7,071	7,072		7,0711
	3	7,071	7,069	7,071	7,071	7,071	7,071	7,072	7,071	7,069	7,072		7,0708
MEDIA		7,071	7,070	7,072	7,071	7,071	7,070	7,071	7,071	7,070	7,072	$\bar{X}_3 =$	7,0709
RECORRIDO		0	0,002	0,001	0	0	0,001	0,001	0	0,002	0,001	$\bar{R}_3 =$	0,001
MEDIA PIEZA		7,071	7,07	7,071	7,071	7,07	7,071	7,071	7,07	7,07	7,071	$\bar{X}_p =$	7,0705
RECORRIDO PIEZA		0,001	0,001	0,002	0,002	0,004	0,001	0,002	0,004	0,001	0,002	$\bar{R}_p =$	0,001

*medidas en mm.

En la tabla también se ha reflejado la media y el recorrido de cada de las medidas de cada uno de los inspectores para cada una de las piezas. Así como la media y recorrido para cada piezas y por último la media y recorrido globales.

A partir de estos datos se puede obtener la media del recorrido sumando todos y dividiendo entre el número de inspectores:

$$\bar{R} = [\bar{R}_1 = 0.0037] + [\bar{R}_2 = 0.001] + [\bar{R}_3 = 0.001] / [N^\circ \text{ Operarios} = 3] = 0.0018$$

Y la diferencia de las medias:

$$\bar{x}_{DIFF} = [Max \bar{x} = 7.071] - [Min \bar{x} = 7.0696] = 0.0014$$

El límite superior del recorrido será:

$LCS_R = \bar{R} \times D4^* = 0.0047$ (D4 es 3,27 para dos mediciones y 2,58 para tres mediciones. En este caso tres mediciones).

Y el inferior:

$LCL_R = \bar{R} \times D3^* = 0$ (D3 es 0 para 7 o menos mediciones. En este caso tres mediciones).

Repetibilidad o Variación del Equipo (VE):

$$(VE) = \bar{R} \times K_1 = 0.0018 \times 3.05 = 0.0055$$

(K1 es 4.56 en el caso de dos mediciones o 3.05 en el caso de tres. Nuestro caso es de tres)

$$\%VE = 100 \times [VE/VT] = 100 \times (0.0055/0.007) = \mathbf{78.42\%}$$

Reproducibilidad – Variación de los Operarios (VO):

$$VO = \sqrt{(\bar{x}_{DIFF} \times K_2)^2 - (VE^2 / nr)} = \sqrt{(0.0014 \times 2.70)^2 - (0.0055^2 / 10 \times 3)} = 0.004$$

(K2 es 3.65 en el caso de dos operarios o 2.70 en el caso de tres. Nuestro caso es de tres)

$$\%VO = 100 \times [VO/VT] = 100 \times [0.004/0.007] = \mathbf{57.14\%}$$

Repetibilidad y Reproducibilidad (RyR):

$$(RyR) = \sqrt{VE^2 + VO^2} = \sqrt{0.0055^2 + 0.004^2} = 0.0068$$

$$\%(RyR) = 100 \times [(RyR)/VT] = 100 \times [0.0068/0.007] = \mathbf{97.14\%}$$

Siendo la variación de las piezas (VP):

$$VP = R_p \times K_3 = 0.001 \times 1.62 = 0.002$$

(K3 varía según el número de piezas. En nuestro caso que son diez es 1.62)

$$\%(VP) = 100 \times [VP/VT] = 100 \times [0.002/0.007] = \mathbf{28.57\%}$$

La variación total, imprescindible para obtener todos los porcentajes se calcula como:

$$VT = \sqrt{(RyR)^2 + (VP)^2} = \sqrt{0.0068^2 + 0.002^2} = 0.007$$

Como ya se ha comentado en el apartado correspondiente, las directrices de aceptación de los resultados del estudio en lo que respecta al %(RyR) son las siguientes:

%(RyR) < 10% el sistema de medición es **aceptable**.

10% < %(RyR) < 30% el sistema de medición **puede ser aceptable dependiendo de su aplicación**, coste del instrumento, coste de la reparación, etc.

%(RyR) > 30% el sistema de medición **necesita ser mejorado**. Es necesario identificar los problemas y corregirlos.

Por lo que según estas directrices nuestro sistema de medición del diámetro de los taladros sería completamente inaceptable.

Pero esto es debido a que se está midiendo un patrón en vez de pieza para validar el sistema de medición. Lógicamente la variabilidad del sistema de medición es ligeramente superior a la variabilidad del patrón, por lo que si obtenemos los resultados contra la tolerancia que puede tener el sistema de medición del taladro se evidencia que el sistema de medición es más que aceptable.

VT es realmente la tolerancia que puede tener el sistema de medición: 0.075 mm.

Luego:

$$\%VE = 100 \times [VE/VT] = 100 \times [0.0055/0.075] = \mathbf{7.33\%}$$

$$\%VO = 100 \times [VO/VT] = 100 \times [0.004/0.075] = \mathbf{5.33\%}$$

$$\%(RyR) = 100 \times [(RyR)/VT] = 100 \times [0.0068/0.075] = \mathbf{9.06\% < 10\% \text{ ACEPTABLE}}$$

ANEXO G

RYR POR ATRIBUTOS: MÉTODO BINARIO.

Para este montaje se ha utilizado el método binario para analizar el sistema de medición de la conductividad de unas mallas que se crean en el producto. La herramienta utilizada para medirla es un polímetro.

Para ello, en esta ocasión se han cogido 30 piezas para el estudio, entre las que sabemos a ciencia cierta cuales son conductivas y cuales no. Estos datos, los registramos en una tabla indicando como BIEN las conductivas y como MAL las que no tienen conductividad. Se tomarán como patrón para las medidas.

MAESTRA
BIEN
MAL
BIEN
BIEN
BIEN
BIEN
BIEN
MAL
MAL
BIEN
BIEN
MAL
BIEN
BIEN
BIEN
BIEN

Medidas muestra.

A continuación hicimos las mediciones de estas piezas con tres inspectores diferentes:

PIEZA	OP 1-1	OP 1-2	OP 1-3	OP 2-1	OP 2-2	OP 2-3	OP 3-1	OP 3-2	OP 3-3	MAESTRA
1	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
2	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL
3	BIEN	MAL	MAL	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
4	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	MAL	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
5	MAL	MAL	MAL	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
6	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
7	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
8	MAL	MAL	MAL	MAL	BIEN	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL
9	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL
10	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
11	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
12	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL
13	MAL	MAL	MAL	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
14	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	MAL	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
15	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
16	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
17	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL
18	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	MAL	BIEN	BIEN	BIEN
19	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
20	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
21	MAL	MAL	MAL	BIEN	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL
22	MAL	BIEN	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	BIEN
23	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL
24	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
25	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	MAL	BIEN	BIEN
26	MAL	BIEN	MAL	MAL	MAL	BIEN	MAL	MAL	MAL	MAL
27	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN
28	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	MAL	BIEN	BIEN	BIEN
29	MAL	MAL	MAL	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	MAL	MAL	BIEN
30	MAL	BIEN	MAL	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN

Medidas de inspectores.

Por último, calculamos para cada operario:

- Efectividad frente a sus observaciones: Número de observaciones congruentes consigo mismo/Oportunidades totales de decisión.
- Efectividad del operario frente al patrón: Observaciones congruentes con el patrón/Oportunidades totales de decisión.
- Tasa de fallo del operario: (Falsos positivos/Oportunidades totales para negativos)x100.
- Tasa de falsa alarma del operario: (Falsos negativos/Oportunidades totales para positivos)x100.

EFFECTIVIDAD OPERARIO 1	86,7%	TASA FALLO OPERARIO 1	4,2%
EFFECTIVIDAD PATRON	78,9%	TASA FALSA ALARMA OPERARIO 1	27,3%
EFFECTIVIDAD OPERARIO 2	83,3%	TASA FALLO OPERARIO 2	12,5%
EFFECTIVIDAD PATRON	87,8%	TASA FALSA ALARMA OPERARIO 2	12,1%
EFFECTIVIDAD OPERARIO 3	86,7%	TASA FALLO OPERARIO 3	0,0%
EFFECTIVIDAD PATRON	90,0%	TASA FALSA ALARMA OPERARIO 3	13,6%

Efectividad y tasa de fallo del operario.

Como ya se indicó en el apartado correspondiente, el criterio de aceptación de los operarios sería:

DECISION	EFFECTIVIDAD	TASA FALLO	TASA FALSA ALARMA
Aceptable para el evaluador	$\geq 90\%$	$\leq 2\%$	$\leq 5\%$
Marginalmente aceptable para el evaluador	$\geq 80\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$
Inaceptable para el evaluador	$< 80\%$	$> 5\%$	$> 10\%$

Criterios de aceptación.

Por lo que el sistema de medición fue inaceptable en esta ocasión.

Se analizó la causa y la herramienta de medición no estaba en condiciones óptimas, así que se hizo el pedido de otra y se calibró para evitar de nuevo este error.

Una vez recibida la herramienta, se volvió a utilizar este método para evaluar si el sistema de medición era o no aceptable. El resultado fue aceptable pero no se refleja en este documento ya que no aporta ninguna información adicional pues el procedimiento es el mismo.

ANEXO H

CONTROL DE AVANCES E INCIDENCIAS.

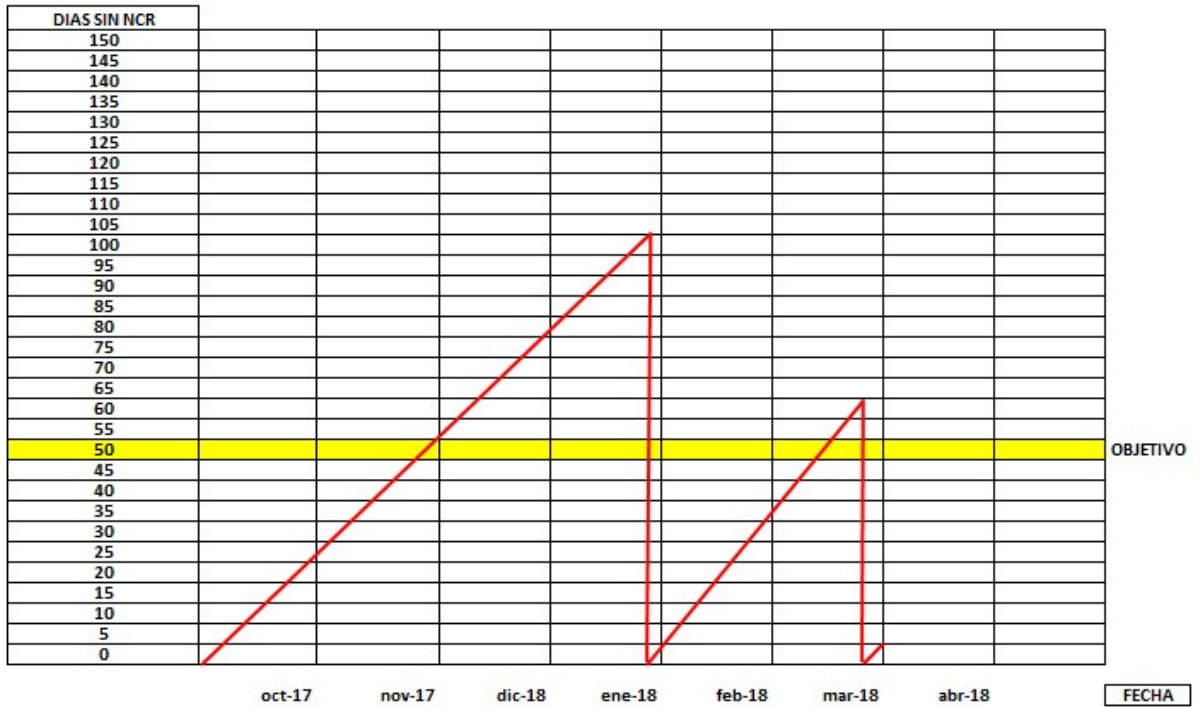
PN END ITEM: **(1)** _____

DESCRIPCION PN: **(2)** CAPOTS _____

SOCIEDAD: **(4)** XXX _____

RESPONSABLE: **(3)** RAQUEL BOLAÑO _____

Fecha (5)	26/01/2018	27/03/2018						
Dias sin NCR (6)	101	59						
media tres tramos ultimos anteriores (7)	33,6666667	53,33333333						
Característica Afectada (8)	70	80						
NCR (9)	1	1						



- (1) Corresponde al PN del End-Item de montaje.
- (2) Descripción del PN del End-Item de montaje.
- (3) Sociedad que realiza o expide el End-Item.
- (4) Responsable de rellenar este indicador.
- (5) Fecha en la cual se nos abre por parte de un cliente un NCR (Quality Scape).
- (6) Días transcurridos desde el último NCR que se ha abierto.
- (7) Media de días sin escapes en los tres anteriores tramos.
- (8) Característica clave afectada por el escape.
- (9) Nº del NCR (Quality Scape).

ANEXO J
CONTROL DEL CICLO DE MEJORA

PN END ITEM: _____
SOCIEDAD: _____

DESCRIPCION PN: CAPOTS
RESPONSABLE: RAQUEL BOLAÑO

ITEM	HNC	TIPO	CC	ACCIÓN	RESPONSABLE (Nombre y Apellidos)	Fecha apertura (xx-xx-xxxx)	Fecha cierre (xx-xx-xxxx)	ESTADO				CICLO CIERRE	CAUSA RAÍZ
								P	D	C	A		
1	9000169749	4	120.1	MODIFICAR DTS O PLANO	XX	23/10/2017		X					REMACHES DISTINTOS DE PLANO (DISEÑO)
2	9000169751	4	120.1	MODIFICAR DTS O PLANO	XX	24/10/2017		X					REMACHES DISTINTOS DE PLANO DISEÑO
3	9000168105	2	22.1	MODIFICAR ÚTIL DE MOLDEO	XX	23/08/2017		X					STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
4	9000168190	2	22.1	MODIFICAR ÚTIL DE MOLDEO	XX	30/08/2017		X					STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
5	9000169713	5	70	FORMACIÓN DE REFRESCO SOBRE POSICIONAMIENTO DE PLANTILLA DE TALADRADO.	XX	20/10/2017	21/10/2017	X	X	X	X	1	PLANTILLA TALADRADO MAL POSICIONADA
6	9000169878	5	21	SENSIBILIZACIÓN PERSONAL DE MONTAJE SOBRE EL RECANTEO	XX	27/10/2017	28/10/2017	X	X	X	X	1	GAP FUERA DE TOLERANCIA.RECANTEO EXCESIVO
7	9000170017	4	120.1	MODIFICAR DTS O PLANO	XX	31/10/2017		X					REMACHES DISTINTOS DE PLANO (DISEÑO)
8	9000170031	4	120.1	MODIFICAR DTS O PLANO	XX	31/10/2017		X					REMACHES DISTINTOS DE PLANO (DISEÑO)
9	9000170326	2	22.1	MODIFICAR ÚTIL DE MOLDEO	XX	10/11/2017		X					STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
10	9000170393	2	22.1	MODIFICAR ÚTIL DE MOLDEO	XX	14/11/2017		X					STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
11	9000170319	5	99	SENSIBILIZACIÓN PERSONAL DE MONTAJE SOBRE EL LAMADO.	XX	10/11/2017	12/11/2017	X	X	X	X	2	LAMADO EXCESIVO QUE PROVOCA LA EUIMINACIÓN DE LA MALLA
12	9000170392	5	99.A	AVISO DE LÍNEA SOBRE PROCESO DE LAMADO.	XX	18/11/2017	22/11/2017	X	X	X	X	4	
13	9000170549	5	70	SUSTITUCIÓN DE HERRAMIENTA DETERIORADA	XX	17/11/2017	17/11/2017	X	X	X	X	0	AVELLANADO Y TALADRO OVALADOS POR HTA EN MAL ESTADO.
14	9000170549	5	70.A	SENSIBILIZACIÓN PERSONAL DE MONTAJE SOBRE IMPORTANCIA DE INSPECCIÓN VISUAL ANTES DE EMPLEAR HERRAMIENTAS DE CORTE.	XX	17/11/2017	20/11/2017	X	X	X	X	3	
15	9000170711	5	21	SENSIBILIZACIÓN PERSONAL DE MONTAJE SOBRE EL RECANTEO	XX	24/11/2017	27/11/2017	X	X	X	X	3	RECANTEO EXCESIVO QUE PROVOCA FALTA MATERIAL
16	9000170816	2	22.1	MODIFICAR ÚTIL DE MOLDEO	XX	28/11/2017		X					STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
17	9000171133	2	22.1	MODIFICAR ÚTIL DE MOLDEO	XX	12/12/2017		X					STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
18	9000171293	5	99	SENSIBILIZACIÓN PERSONAL DE MONTAJE SOBRE EL LAMADO.	XX	18/12/2017	19/12/2017	X	X	X	X	1	LAMADO EXCESIVO QUE PROVOCA LA ELIMINACIÓN DE LA MALLA
19	9000171293	5	99.B	REALIZAR ESPURGO EN LÍNEA DE PIEZAS AFECTADAS.	XX	18/12/2017	21/12/2017	X	X	X	X	3	
20	9000171658	5	21	SENSIBILIZACIÓN PERSONAL DE MONTAJE SOBRE EL RECANTEO	XX	10/01/2018	11/01/2018	X	X	X	X	1	RECANTEO EXCESIVO QUE PROVOCA FALTA MATERIAL CONSECUENCIA DE EXPURGO EN LÍNEA DEBIDO A HNC 9000169878 Y 9000170711.
21	9000171658	4	22	MODIFICAR MEMORIA DE CONTROL	XX	10/01/2018		X					RECANTEO EXCESIVO QUE PROVOCA FALTA MATERIAL CONSECUENCIA DE EXPURGO EN LÍNEA DEBIDO A HNC 9000169878 Y 9000170711.
22	9000171803	5	21	SENSIBILIZACIÓN PERSONAL DE MONTAJE SOBRE EL RECANTEO	XX	10/01/2018	11/01/2018	X	X	X	X	1	STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
23	9000171702	5	70.B	RECORDATORIO SOBRE USO CORRECTO DE HERRAMIENTAS.	XX	11/01/2018	12/01/2018	X	X	X	X	1	AVELLANADOS PROFUNDOS HTA MAL USADA POR OPERARIO EN FORMACIÓN
24	9000171985	4	120.1	MODIFICAR DTS O PLANO	XX	24/01/2018		X					REMACHES DISTINTOS DE PLANO (DISEÑO)
25	9000171986	4	120.1	MODIFICAR DTS O PLANO	XX	24/01/2018		X					REMACHES DISTINTOS DE PLANO (DISEÑO)
26	ID	2	80.A	IMPLEMENTAR POKA-YOKE PARA BUENA COLOCACIÓN DE LA PLANTILLA	XX	26/01/2018	03/03/2018	X	X	X	X	35	PROCESO INCOMPLETO Y FALTA DE ATENCIÓN DEL OPERARIO. POSIBILIDAD COLOCAR PLANTILLA MAL
27	ID	2	80.B	AVISO EN LÍNEA Y EN EL PROCESO DE MONTAJE	XX	26/01/2018	01/02/2018	X	X	X	X	5	PROCESO INCOMPLETO Y FALTA DE ATENCIÓN DEL OPERARIO. POSIBILIDAD COLOCAR PLANTILLA MAL
28	9000172667	2	22.1	MODIFICAR ÚTIL DE MOLDEO	XX	13/02/2018		X					STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
29	9000172676	2	22.1	MODIFICAR ÚTIL DE MOLDEO	XX	13/02/2018		X					STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
30	9000172677	4	120.1	MODIFICAR DTS O PLANO	XX	13/02/2018		X					REMACHES DISTINTOS DE PLANO (DISEÑO)
31	9000172678	4	120.1	MODIFICAR DTS O PLANO	XX	13/02/2018		X					REMACHES DISTINTOS DE PLANO (DISEÑO)
32	9000173273	2	22.1	MODIFICAR ÚTIL DE MOLDEO	XX	01/03/2018		X					STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
33	9000173313	2	22.1	MODIFICAR ÚTIL DE MOLDEO	XX	02/03/2018		X					STEPS FUERA DE TOLERANCIA EN CAPOT INFERIOR (DISEÑO)
34	9000173313	4	21.A	DEFINICIÓN NUEVA HERRAMIENTA CON OFFSET PARA EL DISCO DE CORTE	XX	02/03/2018	27/03/2018	X	X	X	X	25	GAP FUERA DE TOLERANCIA.RECANTEO EXCESIVO
35	9000173337	4	70.C	MODIFICACIÓN PLANTILLA Y PROCESO (POKA-YOKE)	XX	05/03/2018		X					MAL POSICIONAMIENTO PLANTILLA TALADRADO QUE PROVOCA TALADRO CON DISTANCIA A BORDE CRÍTICA
36	9000174556	4	120.1	MODIFICAR DTS O PLANO	XX	10/03/2018		X					REMACHES DISTINTOS DE PLANO (DISEÑO)
37	9000174557	4	120.1	MODIFICAR DTS O PLANO	XX	11/03/2018		X					REMACHES DISTINTOS DE PLANO (DISEÑO)
38	ID	4	70.D	AVISO EN LÍNEA E INCLUSIÓN EN LA OP DE ATENCIÓN AL TALADRADO Y COMPROBACIÓN MEDIANTE PIN	XX	27/03/2018	03/04/2018	X	X	X	X	7	TALADROS DESCOORDINADOS.
39	ID	2	70.E	SUSTITUIR TORNILLOS Y SOMETER A MANTENIMIENTO PREVENTIVO	XX	27/03/2018	15/03/2018	X	X	X	X	19	TORNILLOS MAQUETA DESGASTADOS
40	ID	2	70.F	MEJORA DESAHOGO DE LOS ÚTILES	XX	27/03/2018	04/04/2018	X	X	X	X	8	TALADROS DESCOORDINADOS.

TIPO	CODIGO
HPM	1
DU	2
MN	3
MOD. PRO	4
ACC.CONT	5

A continuación se reflejan estas acciones en un gráfico más simple donde tan sólo se representa la evolución de los períodos de tiempos usados (ciclos) para el cierre tanto de las acciones contenedoras como de las correctoras y la media de ambas, que nos da una visión de lo efectivos que somos cerrando acciones.

PN END ITEM: _____

DESCRIPCION PN: CAPOTS _____

SOCIEDAD: _____

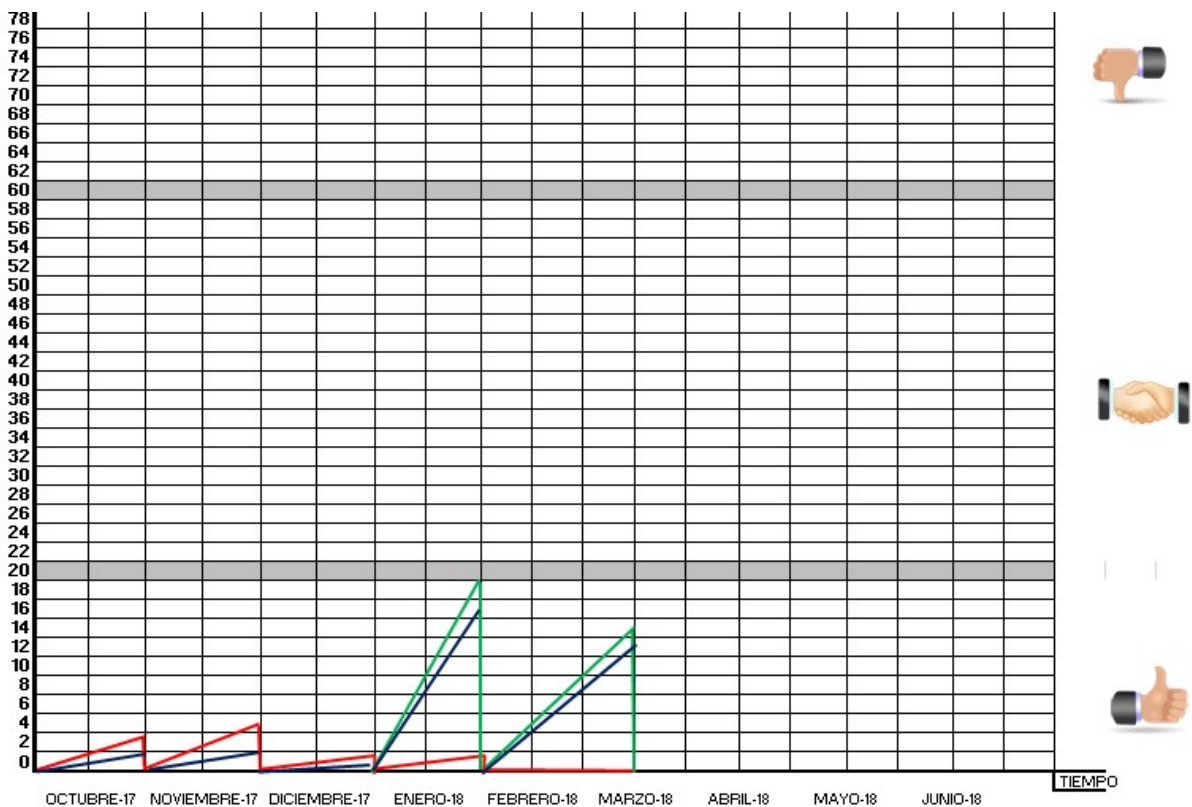
RESPONSABLE: RAQUEL BOLAÑO _____

A CICLO MEDIO DE ACCION CONTENEDORA

B CICLO MEDIO DE ACCION CORRECTORA

(A+3B)/4 CICLO MEDIO TOTAL

oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	nov-18
2	3	1	1	0	0							
0	0	0	20	0	15							
0,50	0,75	0,25	15,25	0,00	11,25							



Para este programa se ha impuesto que no debemos superar los 60 días, pues sería insatisfactorio para el cliente.

Por supuesto, sólo serían insatisfactorias para el cliente aquellas acciones que tan sólo dependen de la empresa.

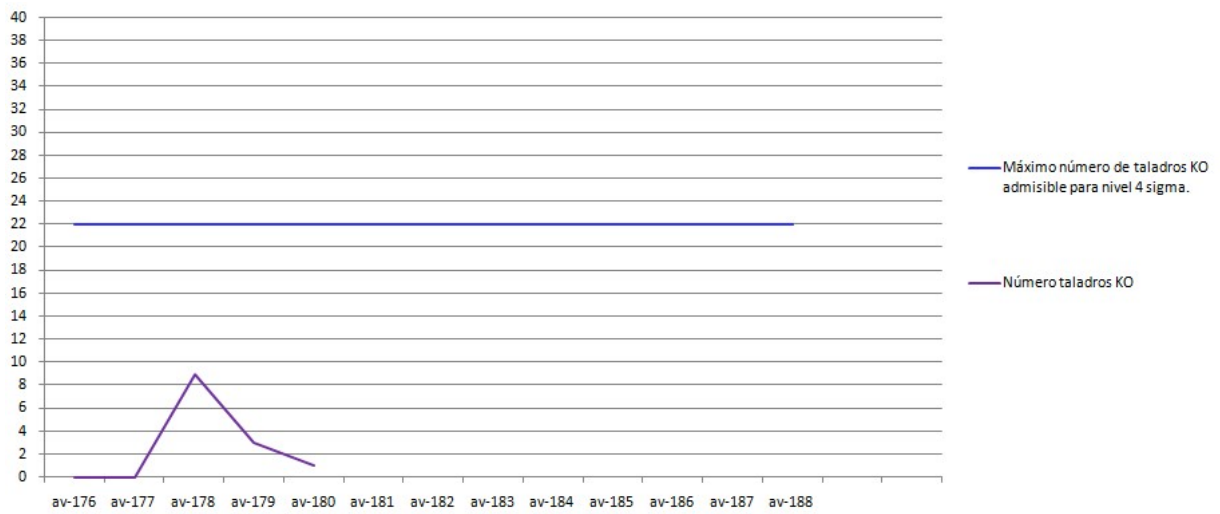
Puede que el ciclo de cierre de alguna sea mayor, pero en el caso de que el cierre dependa del cliente, no se nos tendrá en cuenta.

ANEXO K

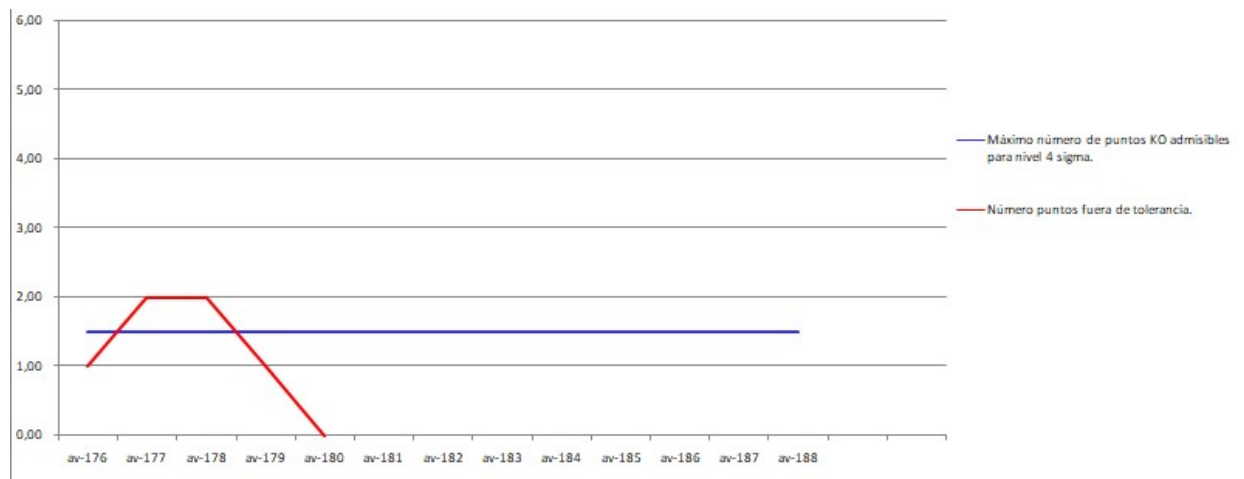
CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO (CEP)

Aquí se presentan los gráficos de control de dos de las Características que nos preocupan más porque son muy importantes para el cliente.

La primera de ella es el taladrado (KC_70). Es muy importante porque incluso nos ha llegado una queja de cliente del mismo.



En segundo lugar la del gap y steps entre elementos (KC_20), ya que se trata de un requisito de cliente en memorias de control e instrucciones de verificación a entregarles.



REFERENCIAS

- ANDERSON, David Ray; SWEENEY, Dennis J.; WILLIAMS, Thomas A.; CAMM, Jeffrey D.; COCHRAN, James J.: *Statistics for Business and Economics*. South-Western Cengage Learning. 2013.
- ANÓNIMO: *Gestión de la calidad: prontuario*. Instituto Nacional de Industria. 1992.
- ANÓNIMO: *Calidad Industrial. Glosario Terminológico*. Dirección General de Innovación Industrial y Tecnología. Ministerio de Industria y Energía. 1986.
- ATO GARCÍA, Manuel; LÓPEZ GARCÍA, Juan José: *Fundamentos de estadística con SYSTAT*. Ra-Ma. 1994. Madrid.
- BARBA, Enric: *Ingeniería concurrente: guía para su implantación en la empresa, diagnóstico y evaluación*. Gestión 2000. 2001. Barcelona.
- BOX, George E.; HUNTER, J. Stuart; HUNTER, William G.: *Estadística para investigadores: diseño, innovación y descubrimiento*. Reverté. 2008. Barcelona.
- CAMP, Robert C.: *Benchmarking: la búsqueda de las mejores prácticas de la industria que conducen a un desempeño excelente*. Panorama. 1996. México.
- CHIARINI, Andrea: *From Total Quality Control to Lean Six Sigma: Evolution of the Most Important Management Systems for the Excellence*. Springer. 2012. Milán.
- DAMARCO, Claudio (director de versión española): *Diccionario de la calidad total: cómo mejorar la calidad de la empresa, de la A a la Z*. Coopers&Lybrand-Galgano. 1993. Madrid.
- GÓMEZ FRAILE, Fermín; VILAR BARRIO, José Francisco; TEJERO MONZÓN, Miguel: *Seis sigma*. Fundación Confemetal. 2003. Madrid.
- HARTLEY, John R.: *Ingeniería concurrente: un método para acortar los plazos, mejorar la calidad y reducir los costes*. ProductivityPress. 1995. Cambridge.
- HRADESKY, John L.: *Total Quality Management Handbook*. McGraw-Hill. 1995. New York.
- JURAN, Joseph M.; GRZYNA, Frank M.: *Quality planning and analysis: from product development through use*. Tata McGraw-Hill. 1982. Nueva Delhi.
- KARLÖF, Bengt; ÖSTBLÖM, Svante: *Benchmarking: a signpost to excellence in quality and productivity*. John Wiley and Sons. 1993. Chichester.
- McGRATH, Michael E.; ANTHONY, Michael T.; SHAPIRO, Amram R.: *Product development: success through product and cycle-time excellence*. Butterworth-Heinemann. 1992. Boston.
- MITONNEAU, Henri: *Cambiar la gestión de la calidad: los siete nuevos instrumentos*. AENOR. Publicación Técnica.
- MODER, Joseph J.; PHILLIPS, Cecil R.: *Project management with CPM and PERT*. Reinhold. 1967. Nueva York.
- MONTGOMERY, Douglas C.: *Design an analysis of experiments*. John Wiley & Sons. 2009. Nueva Jersey.
- OAKLAND, John S.: *Total Quality Management: Text with Cases*. Oxford Butterworth-Heinemann. 2000.
- PEÑA SÁNCHEZ DE RIVERA, Daniel: *Estadística. Modelos y métodos*. Alianza. 2000. Madrid.
- RIBA, Carles; MOLINA, Arturo: *Ingeniería concurrente: una metodología integradora*. Edicions UPC. 2006. Barcelona.
- RYAN, Barbara F.; JOINER, Brian L.: *Minitab. Handbook*. Cal. Duxbury Press. 1994. Belmont.
- UDAONDO DURÁN, Miguel: *Gestión de calidad*. Díaz de Santos. 1991. Madrid.
- VALLS ROIG, Antonio: *Guía práctica del benchmarking: cómo lograr el liderazgo en su empresa o unidad de negocio*. Gestión 2000. 1999. Barcelona.