



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial – Plan 511

Resolución de Problemas de Calidad en la empresa: Caso práctico Escuela Lean

Autor:

Fernández Herrero, Diego

Tutor: Gento Municio, Ángel Manuel

Co-Tutora: Pino Espinosa, Yesica

**Organización de Empresas y Comercialización e Investigación de
Mercados**

Valladolid, mayo de 2024.

Keywords

Calidad, Resolución de Problemas, No conformidad, causa raíz, protección cliente, acciones de contención, acciones correctivas, causa de no detección, causa de ocurrencia, 5 por qué's, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, cronograma, cuadernos de cargas, planos

Índice

Keywords	0
Índice	1
1. Introducción	3
1.1. Motivación y Justificación	3
1.2. Objetivo	3
1.3. Alcance.....	4
1.4. Estructura del Trabajo Fin de Máster	4
2. Calidad.....	5
2.1. ¿Qué es la Calidad?	5
2.2. No conformidad.....	6
2.3. Evolución histórica	10
2.3.1. Lean Six Sigma.....	14
3. Gestión de Calidad en la Industria: Resolución de problemas	17
3.1. Las 8 Disciplinas	18
3.2. 8D: Aplicación y desarrollo	19
3.3. Etapas 1-4: Protección Cliente y Contención del problema	20
3.3.1. Formación de un equipo multidisciplinar.....	20
3.3.2. Realizar una correcta definición del problema.....	21
3.3.3. Contener o proteger al Cliente del problema.....	23
3.3.4. Identificación la causa raíz y herramientas de análisis.	25
3.3.5. Confirmación de la Causa raíz	40
3.4. Etapas 5-6: Definición del Plan de Acción.....	42
3.4.1. Etapa 5: Definir acciones correctivas.....	43
3.4.2. Verificar la eficacia de las acciones	44
3.5. Etapas 7-8: Lecciones aprendidas y Capitalización	45
3.5.1. Prevenir la recurrencia	45
3.5.2. Reconocer al equipo.....	46
3.6. Auditorías Cliente 8D.	47
4. Escuela Lean.....	49
4.1. Learn by doing.....	49
4.2. ¿Qué es la Escuela Lean?.....	50
4.3. Escuela Lean: situación actual y distribución	53
4.3.1. Epsilon: Proceso de fabricación.....	55
4.3.2. Recyc'Lean: Proceso de desmontaje.....	56
4.4. Solectrón: producto y producción	57
4.5. Herramientas utilizadas en la Escuela Lean: Value Stream Mapping.....	60

5. Aplicación 8D para la resolución de problemas de ruido en la fabricación del Solectrón.....	63
5.1. Formación de un equipo multidisciplinar.	63
5.2. Realizar una correcta definición del problema.	64
5.3. Contener o proteger al Cliente de problema.	67
5.4. Identificación de la causa raíz.....	69
5.5. Definir acciones correctivas	83
5.6. Verificar la eficacia de las acciones.....	89
5.7. Prevenir la recurrencia.....	90
5.8. Reconocer al equipo	91
6. Estudio Económico	93
6.1. Organigrama del Proyecto	93
6.2. Fases del Estudio económico.....	93
6.2.1. Estudio Económico Etapas 1-4	94
6.2.2. Estudio Económico Etapas 5-6	95
6.2.3. Estudio Económico Etapas 7-8	97
6.3. Costes totales.....	98
7. Conclusiones.....	99
8. Bibliografía	101

1. Introducción

1.1. Motivación y Justificación

La realización del presente Trabajo Fin de Máster se enmarca en la finalización de los estudios del Máster de Ingeniería Industrial que, en mi caso, he venido compaginado a tiempo parcial con el trabajo a tiempo completo desde que le comencé en el año 2021. En un primer momento en la empresa Faurecia y, a partir de febrero de 2022 hasta la fecha, en Renault Group, siempre dentro de los Departamentos de Calidad de ambas empresas, ya fue de cara al Cliente, gestionando la calidad interna o pilotando proveedores. Sin embargo, fue, a través de mis prácticas universitarias por el Grado de Organización Industrial, cuando comencé mi experiencia laboral de la mano de Faurecia y del departamento de Calidad. 9 años en los que las diferentes situaciones laborales dadas, problemas, crisis, momentos de alto nivel de estrés, etc, me han valido para tener, o al menos eso considero, un amplio conocimiento en cuanto a los requerimientos de Calidad en el sector de la automoción y las exigencias requeridas a los proveedores. Por ello, se ha elegido la realización de este Trabajo Fin de Máster ligado a la Calidad y, más específicamente a la resolución de problemas.

1.2. Objetivo

En la actualidad, existe una alta formación en cuanto a los aspectos técnicos en la Ingeniería, con multitud de Grados y Másteres enfocados en la especialización técnica del estudiante. Sin embargo, existe una baja oferta formativa de carácter oficial, sin tener en cuenta las empresas consultoras, Escuelas de Negocio, etc, con la cual los futuros profesionales sean capaces de comprender, analizar y desarrollar las herramientas de gestión necesarias y utilizadas en el sector industrial para pilotar de forma correcta, llegando a la causa raíz del problema, las posibles incidencias que diariamente ocurren en la industria. De modo que, aun con un conocimiento técnico elevado, carecen de las aptitudes indispensables para desenvolverse en el ámbito profesional con la soltura necesaria. El objetivo del presente Trabajo Fin de Máster es dar a conocer las herramientas que, hoy en día, son utilizadas en la industria para la Resolución de Problemas, sean de la índole que sean, Calidad, Productivas, Logísticas...

Con este Trabajo Fin de Máster se espera dar a conocer una visión amplia de las herramientas utilizadas para la Resolución de Problemas, exponer cual es la sistemática llevada a cabo a la hora del uso de las mismas de forma que se sea capaz de pilotar y desarrollar satisfactoriamente la herramienta, teniendo como objetivo último la eliminación de la re-ocurrencia.

1.3. Alcance

En el presente Trabajo Fin de Máster se analizarán y darán a conocer las principales herramientas de resolución de problemas utilizados en la industria, principalmente del automóvil. Partiendo de la definición del problema se explicará teórica y prácticamente, mediante un ejemplo, los pasos a seguir para la consecución del fin último que es la resolución del problema. Para ello, se analizarán tanto las diferentes etapas y las actividades a llevar a cabo en cada una de ellas ya que, en función del conocimiento y la profundización del problema las actividades a realizar serán completamente diferentes.

1.4. Estructura del Trabajo Fin de Máster

El Trabajo está estructurado en ocho capítulos, incluyendo introducción, conclusiones y bibliografía, donde el grueso del mismo se encuentra en los capítulos del dos al seis, los cuales comienzan por un primer capítulo donde se tratan conceptos básicos referentes a la calidad y la explicación teórica de la dinámica de desarrollo de la metodología 8D. Tras ello, y ya que el ejemplo práctico se va a realizar sobre una aplicación de la Escuela Lean, en el capítulo cuarto se expondrá qué es y qué se hace en la Escuela Lean para posteriormente, aplicar el caso práctico de la resolución de problemas a una incidencia de Calidad presente en las diferentes producciones que los alumnos de la Universidad desarrollan. Finalmente, se concluye con un pequeño estudio económico elaborado de la aplicación de la metodología.

En el **Capítulo 2:** Calidad se intentan definir y explicar todos los conceptos teóricos utilizados en el sector industrial, siendo, por tanto, una introducción a nuevos conceptos, como No conformidad o definición técnica, normas internacionales de Calidad o automoción y un pequeño análisis del concepto histórico sobre la Calidad.

El **Capítulo 3** expone la dinámica sobre la que vamos a trabajar, el objetivo de su utilización y cada una de las etapas las cuales deben de tenerse en cuenta a la hora de su desarrollo.

A modo de exposición, en el **Capítulo 4** encontraremos una explicación y descripción de qué es y de qué se compone la Escuela Lean. Productos elaborados, tipos de producciones, objetivos, etc.

Una vez, desarrollados afianzados los objetivos de los capítulos 3 (teóricos) y 4 (Escuela Lean), en el **Capítulo 5** se desarrolla por completo la dinámica de resolución de problemas a modo de ejemplo práctico en la Escuela Lean.

2. Calidad

Desde que comenzara la primera revolución industrial en el siglo XVIII con la mecanización de la producción, los procesos industriales han ido experimentando una evolución y mejora que, promovida principalmente por la industria de la automoción, nos lleva a la situación en la que nos encontramos actualmente, con la llamada Cuarta Revolución Industrial o la Industria 4.0 donde la hiperconectividad, el BigData y los IOT son los principales valedores de la industria en la optimización y mejora de los procesos. Este desarrollo en la organización industrial ha contribuido a transformar también ciertas prácticas, en concreto, y lo que es objeto de este Trabajo Fin de Máster, en la función de Calidad, introduciendo para ello nuevos procedimientos para verificar la calidad de los productos, así como herramientas encaminadas para poder conocer y mejorar los diferentes problemas que puedan surgir a la hora de fabricar un producto o proveer de un servicio.

2.1. ¿Qué es la Calidad?

Si nos basamos en las primeras definiciones proporcionadas por la Real Academia de la Lengua Española, la RAE, nos indica que se trata de (RAE, versión online consultada el 12/12/2023):

“Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor. Esta tela es de buena calidad.”

Buena calidad, superioridad o excelencia. La calidad de ese aceite ha conquistado los mercados.”

Sin embargo, estas definiciones no pueden ser utilizadas en la industria ya que estas apreciaciones pueden llegar a ser subjetivas en función de quién evalúe esa calidad. No es hasta la tercera definición cuando podemos utilizar una descripción de la misma acorde a lo que se utiliza en actualmente en el sector industrial:

“Adecuación de un producto o servicio a las características especificadas. Control de la calidad de un producto.”

Por lo tanto, aplicando el término Calidad a lo que realmente se utiliza en el ámbito industrial, podemos decir que un producto tiene la calidad adecuada cuando sus características cumplen con las especificaciones requeridas por el Cliente. Este nos da lugar a obtener un nuevo término: la conformidad de un producto. Decimos que un producto es conforme cuando cumple con todas las especificaciones requeridas bajo unos

cuadernos de cargas y requisitos del cliente acordados por ambas partes. En el siguiente apartado profundizaremos en mayor medida sobre el término de No Conformidad.

La Organización Internacional de Normalización, en adelante ISO, encargada del desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación, define el concepto de Calidad en su norma ISO 9000 como. *“Grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos.”* Que una empresa esté certificada bajo una norma ISO mediante una empresa de certificación, no es un requisito indispensable para la fabricación de un producto o dar un servicio, sin embargo, esta certificación puede ser requisito del Cliente para poder optar a un nuevo proyecto o para tener acceso a nuevos mercados. Así mismo, con la obtención de esta certificación la empresa hace público que se están aplicando los estándares de calidad en los sistemas de gestión, lo que le otorga un reconocimiento de cara a los Clientes. La principal norma de la ISO 9000 y la única cual es certificable, es la norma ISO 9001:2015 – Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos.

Esta norma define, de forma general, los requisitos mínimos con los que debe contar una organización para que pueda ser certificada por una entidad certificadora (AENOR, SGS, Bureau Veritas...) y, como indica en su introducción, define los principios de gestión de la calidad (ISO 9001, Sep. 2015):

“Los principios de la gestión de la calidad son:

- *enfoque al cliente*
- *liderazgo*
- *compromiso de las personas*
- *enfoque a procesos*
- *toma de decisiones basadas en la evidencia*
- *gestión de las relaciones”*

Todos estos principios hacen referencia cada uno de los apartados de la norma en los cuales se define y especifica cómo ha de desplegarse un Sistema de Gestión de la Calidad en una organización. Más adelante se volverá a hablar de la ISO, ya que como se expondrá, uno de los requisitos de esta norma y que toda empresa debe cumplir si quiere ser certificada bajo la misma, es la Resolución de Problemas, objeto de estudio de este Trabajo Fin de Máster. Sin embargo, antes de comenzar con los requisitos referentes a la resolución de problemas indicados en la Norma, comenzaremos sabiendo cómo hemos llegado hasta el día de hoy.

2.2. No conformidad.

Es importante definir concepto de No Conformidad con exactitud ya que este concepto es ampliamente utilizado en el sector industrial, a partir del cual, con una correcta acotación define la responsabilidad o no de un problema y, por lo tanto, de sufragar los costes asociados o no a un problema.

Una No Conformidad es, simplemente, un incumplimiento de alguno de los requisitos, especificaciones o estándares establecidos a la hora de fabricar u ofrecer un servicio contractualizado con un cliente, es decir, que el producto o servicio proporcionado no

cumple con las expectativas bajo las cuales se ha ofertado el producto o servicio encargado a un tercero (ISO 9001, Sep. 2015).

Vamos a intentar analizar rápidamente y de forma muy simplificada cómo se lleva a cabo la primera fase de nominación de un proveedor para la realización de un producto o servicio. En el sector industrial y, como vamos a hacer referencia en varias ocasiones de ahora en adelante, en el sector de la automoción, los productos o servicios se desarrollan bajo una serie de requisitos que el Cliente desea No Conformidad es, simplemente, un incumplimiento de alguno de los requisitos, especificaciones o estándares establecidos a la hora de fabricar u ofrecer un servicio contractualizado con un cliente, es decir, que el producto o servicio proporcionado no cumple con las expectativas bajo las cuales se ha ofertado el producto o servicio encargado a un tercero que las piezas cumplan. Para ello, las OEM's, lanzan las RFI (Request For Information) a sus proveedores en las que detallan esos requisitos y especificaciones a través de la aportación de una serie de documentación preliminar:

- Cuadernos de Cargas
- Requisitos Específicos del Cliente
- Ensayos de Validación y test específicos
- Planos
- Normativa aplicable
- Etc

Una vez los proveedores analizan el producto y sus requisitos, verificando si serían capaces de realizar ese producto bajo esas especificaciones, hacen llegar su factibilidad a la OEM. La cual tendrá que analizar bajo las pesquisas QCD (Calidad-Coste-Plazo) cual de los proveedores a los que se les ha lanzado la RFI es el más adecuado para nominarle como proveedor para la pieza solicitada.

Una vez realizada la nominación, Cliente y proveedor definen técnicamente y de forma concreta mediante la RFQ (Request For Quotation) todos los requisitos y especificaciones anteriormente comentados en forma de contrato, es decir, en la RFQ, y toda su documentación asociada, ya se incluyen todas las características que el producto debe cumplir. En la mayoría de los casos, este contrato es, en mayor o menor medida, modificado a lo largo de la fase de desarrollo por diferentes razones, por modificaciones dimensionales del producto, modificación de los requisitos, inclusión de nueva normativa aplicable, etc... lo que conlleva por lo tanto, modificación de los costes asociados.

Como venimos comentando, la definición geométrica de la pieza debe realizarse, en gran medida y deseablemente, al inicio de la fase de desarrollo, así como la composición de los materiales, la clase de las diferentes cotas, nominales y tolerancias. Todo ello, deberá estar incluido en unas especificaciones a nivel de producto que, entre otros documentos, vienen definidas en los planos. Los planos son el documento principal de una pieza y el que, en la mayor parte de los casos, nos va a dar la información de si una pieza es conforme o no en base a las especificaciones definidas y mediante las cuales se ha validado. En la Ilustración 1 tenemos un ejemplo de la definición técnica de una pieza utilizada en el sector de la automoción. Al final de este capítulo veremos cuándo y cómo se valida y se termina de contractualizar una pieza.

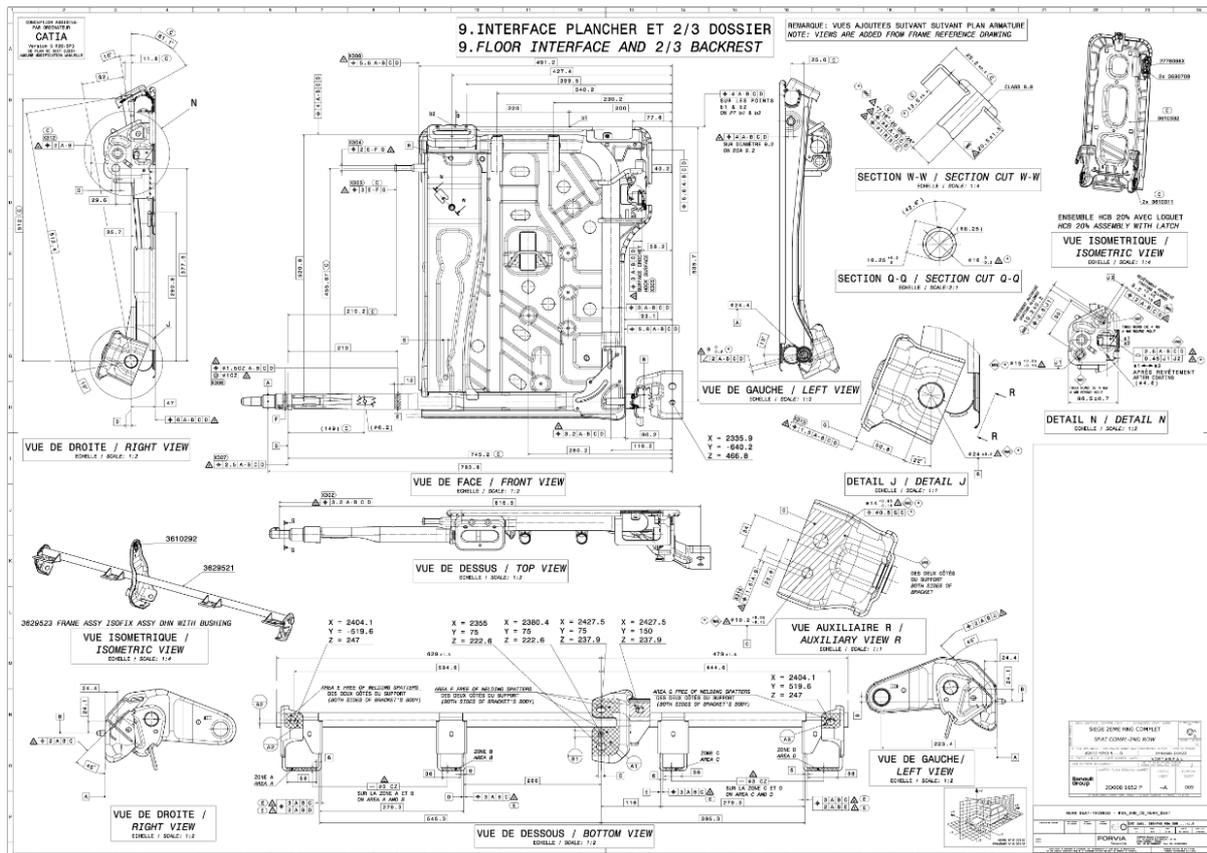


Ilustración 1. Ejemplo definición técnica de un producto. Plano.

Otro de los aspectos clave en la fase de desarrollo de los productos tiene que ver con los requisitos técnicos no geométricos, es decir, los Cuadernos de Cargas. Los Cuadernos de Cargas definen cuales son los requerimientos técnicos que debe soportar un producto a lo largo de la vida de este. En el sector de la automoción, cada OEM define sus propios Cuadernos de Cargas a partir de los Metires de cada perímetro, por lo que podemos encontrarnos con multitud de documentos haciendo referencia, por ejemplo, a:

- Requisitos de trazabilidad
- Durabilidad de los materiales
- Inflamabilidad
- Seguridad activa y pasiva
- Confort...

Todos estos requerimientos son realizados, confirmados y validados bajo un Plan de Validación de la pieza con los diferentes test que se han decidido realizar y lo cuales la pieza ha tenido que soportar. En la mayoría de las ocasiones, estos test se asemejan a las condiciones reales que debe y deberá soportar la pieza en la utilización del producto. Estas condiciones o Cuadernos de Cargas, como vemos en la Ilustración 2, deben de estar incluidos dentro de, normalmente, una de las primeras planchas de los planos que definen a la pieza.

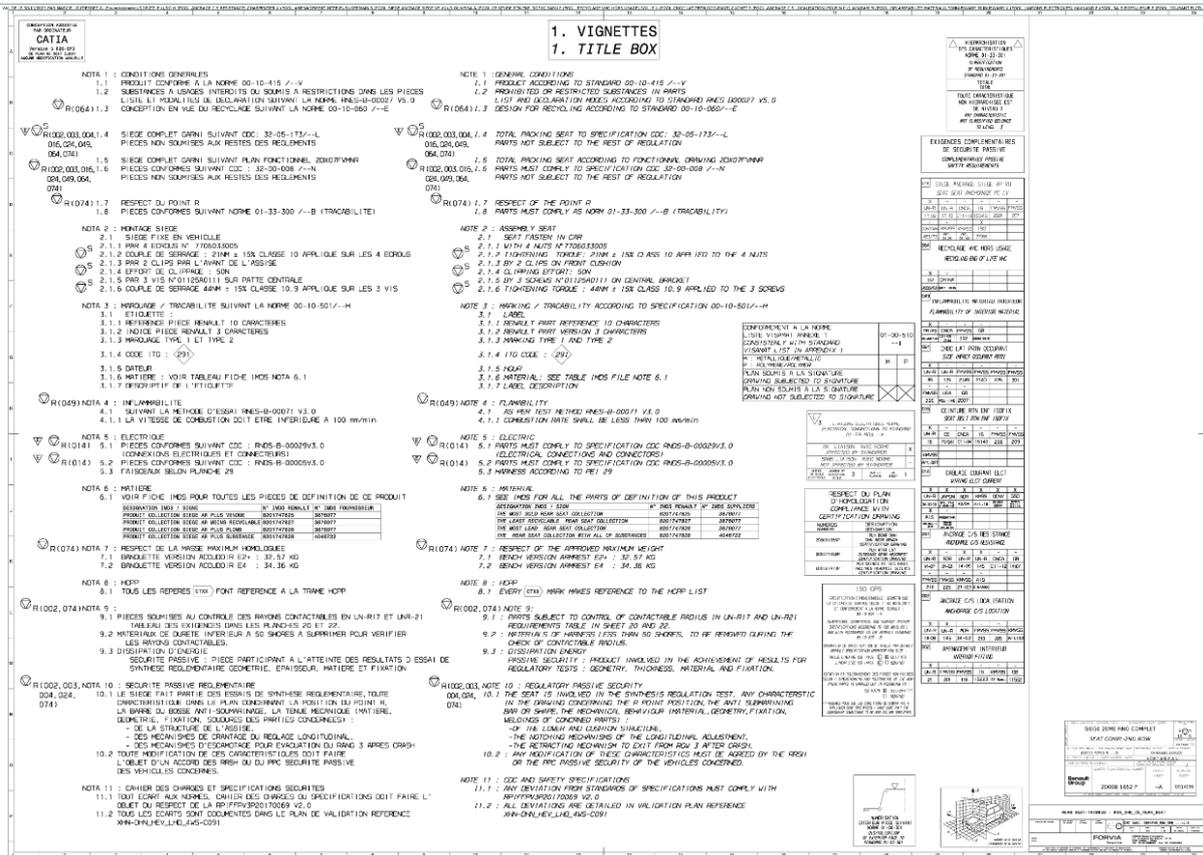


Ilustración 2. Ejemplo de definición técnica de un producto. Cuadernos de Cargas y ensayos.

Tras finalizar las diferentes fases de desarrollo de un producto con éxito, se considera que un proveedor es capaz de realizar la pieza requerida bajo unas especificaciones de producto y un proceso cuando el Cliente y el proveedor acuerdan firmar el PSW (Part Submission Warrant), es decir, el documento utilizado en la industria mediante el cual se garantiza que los proveedores cumplen con unos requisitos técnicos, de calidad, capacitivos, logísticos, etc, bajo un proceso de fabricación definido y, por lo tanto, se considera el documento final del proceso de validación del PAPP (Proceso de Aprobación de Partes de un Proveedor).

Una vez realizada esta explicación, podemos concluir que, se considera una No Conformidad a cualquier incumplimiento de los requisitos, producto o proceso, definidos en la fase proyecto y que, mediante la firma del PSW del producto, se habían demostrado alcanzables o realizables.

2.3. Evolución histórica

Podríamos decir que el concepto de Calidad es uno de los conceptos con más arraigo de la historia de la humanidad el cual ha ido cambiando junto con la propia evolución humana. Desde que existen registros, las diferentes civilizaciones distribuidas por todo el mundo han adquirido o trabajado el concepto de la calidad de una forma u otra, por ejemplo, en torno al año 2.000 antes de Cristo, el rey de Babilonia Hammurabi, creó una serie de 282 leyes de las cuales la 229 hacía ya referencia a la buena resistencia de la casa, de forma que, podríamos considerar que una casa construida con Calidad, sería la casa que es capaz de resistir sin derrumbarse. Así mismo, los egipcios verificaban que las dimensiones de los bloques de piedra utilizados para la construcción de las pirámides, dando lugar así a los primeros controles de Calidad.

Durante la Edad Media, donde la producción se realizaba de forma artesanal, la reputación de ese maestro artesano se obtenía a través de la Calidad del producto que era capaz de realizar, tenemos claros ejemplos como pueden ser, la porcelana china o sin ir más lejos la alfarería ubetense. El conocimiento con el que contaban los artesanos del producto realizado por ellos mismos era total, por lo que se crearon los primeros gremios y se comenzó a formar a los primeros aprendices. Dejando atrás producción artesanal con la llegada de la Revolución Industrial y, por lo tanto, la producción en masa, el producto que anteriormente era elaborado minuciosamente con las manos de un único artesano, dejó paso a las líneas de producción por donde un producto era elaborado parte a parte por una serie de operarios. Esto provocó un empeoramiento de la calidad de los productos debido a la falta de concienciación por parte de los miembros de una línea de producción, asalariados, con respecto a cómo un artesano, el cual vivía de su propio trabajo, trataba un producto completamente elaborado por él mismo.

Posiblemente fuera el descontento de los clientes con los problemas generados por esta nueva forma de trabajo los cuales hicieran que, tras un periodo inicial de fabricación, se comenzaran a incluir controles de calidad e inspecciones de cara a evitar esa pérdida de descrédito, lo que llevaba consigo la consiguiente pérdida de ingresos por la bajada de ventas. Por lo tanto, podemos decir que el cambio en los procesos productivos a una producción en masa generó tal cambio organizacional en la empresa que se llegó a introducir procedimientos para verificar la calidad de los productos.

El paso de la producción artesanal a la producción en masa conllevó consigo otros aspectos importantes para el trascurso de la historia. Mientras que en la producción artesanal la flexibilidad en la producción era prácticamente total por parte del artesano, la producción en masa pasó a caracterizarse por la poca flexibilidad y adaptación al cliente con la que contaban los productos. Como veremos más adelante, no fue únicamente el producto lo que se estandarizó, sino también la metodología de trabajo.

Por lo tanto, y como viene siendo habitual en la evolución humana, el concepto de la Calidad en la Industria se ve expuesta a una evolución desde los años 20 a la actualidad, pasando de la Inspección a lo que hoy en día podemos llamar, Satisfacción Total del Cliente. Como podemos ver en la siguiente Ilustración 3, las primeras actividades referentes a la Calidad, estaban encaminadas a la inspección de los productos una vez elaborados, es decir, evitar que productos fabricados fueran expedidos al Cliente con algún tipo de problema o que aparentemente no fueran a cumplir con las expectativas del usuario final. Como se puede intuir, al realizar estos controles de calidad por inspección una vez el producto ha sido fabricado, se trataban de controles que buscaban atacar el efecto que pudiera darse en el cliente, pero no la causa de este.

Los controles de Inspección, en la actualidad, se utilizan a modo de lo que hoy en día se llama la protección cliente, es decir, controlar un problema una vez ya ha sido producido por ser los menos rentables debido a que se trata de un control 100% en el que, en función del problema, se deben de retrabajar o en el peor de los casos chatarrar las piezas.

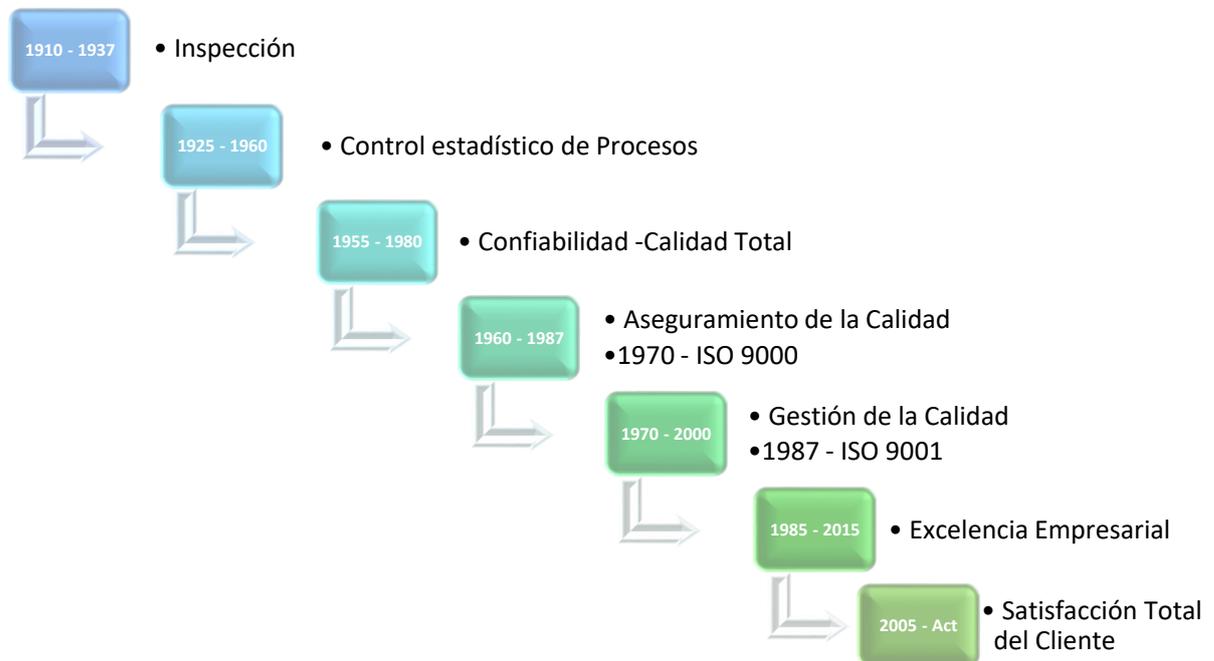


Ilustración 3. Etapas de la Gestión de Calidad a lo largo de la historia.

La incorporación de perfiles profesionales técnicos como ingenieros, estadistas o matemáticos, además de todos los avances tecnológicos propios de la industria de aquella época, permitió obtener nuevos métodos de control de la Calidad. En 1924, el estadounidense Walter Shewhart, conocido como el padre del Control Estadístico, utilizado aun hoy en día como lo que conocemos como Control Estadístico de Procesos (SPC). Este método se basaba en el control de una serie de características del producto o del proceso de forma que, mediante la monitorización de estos, se era capaz de detectar problemas durante el proceso incluso solventarlos anticipadamente a la fabricación de piezas no conformes. Este método es considerado una de las 7 Herramientas de la Calidad.

Con el SPC puesto en marcha, dentro de las industrias, éstas fueron capaces de, basándose de nuevo en la estadística, definir los límites de sus procesos o productos garantés de que no generarían un problema o insatisfacción en el cliente. Se dio un paso a la Confiabilidad de los procesos.

Comenzaba, por lo tanto, una época en la que el control de la Calidad comenzaba a contemplarse como algo fundamental en los procesos industriales ya que los controles inspección 100% eran costosos y su ponían una pérdida de eficiencia del proceso. Así mismo, los conceptos de Calidad comienzan a extenderse no solo a lo referente al producto, si no que se comienzan a extender a otro tipo de actividades como el diseño,

entrega del producto o incluso tareas administrativas y de atención al cliente. De este modo, comienza a aparecer diferentes conceptos o premisas que ayudarían a mejorar esta gestión de la calidad, como pueden ser:

- La teoría Cero Defectos (Philip B. Crosby – 1960)
- Métodos 5S (Japón Toyota – 1960)
- Los Círculos de Control de Calidad (Kaoru Ishikawa – 1960)
- El Método Seis Sigma (Motorola – 1985)
- Método Kaizen (Masaaki Imai – 1986)

Podríamos comenzar a hablar del Toyota Production System (TPS) pero nos englobaría un TFM por completo, sin embargo, el modelo TPS o actualmente más conocido como el Lean Manufacturing, aplica todos estos conceptos en su sistema de producción, lo cual le sirvió a Toyota para ser el primer constructor en llegar a la cifra de diez millones de vehículos producidos. Todas estas teorías o prácticas llevadas a cabo dentro de las organizaciones y que, como acabamos de comentar, las cuales todavía hoy en día son la base de muchas de las buenas prácticas que se realizan en la industria, se complementaron en 1987 con la primera edición de la norma ISO9000 referente a al Sistema de Gestión de Calidad, viéndose reforzada con la norma específica ISO9001 la cual aplica a las organizaciones que diseñan o fabrican un producto o presentan un servicio. Sobre esta norma haremos hincapié en el próximo capítulo.

Pocos años después de la creación por parte de los Organización Internacional de la Estandarización de la norma ISO9000 e ISO9001, se crea la Fundación Europea para la Gestión de la Calidad, fundada por los directores y presidentes de 67 empresas europeas donde se comprometieron para lograr la misión y visión del modelo de Excelencia EFQM, desarrollado a partir de un equipo de expertos tanto de la industria como del mundo académico.

Actualmente, de forma general, no se consideran evoluciones con respecto a la última etapa de evolución histórica de la Calidad, sin embargo, tras diez años trabajando dentro de la industria de la automoción, siempre considerada una de las industrias punteras en cuanto a procesos y sistema de Calidad, creo que estamos ante una nueva etapa. Existen multitud de empresas que, junto a la función de Calidad, se le ha incorporado la “coletilla” de Satisfacción Cliente, el cual era uno de los apartados incluidos dentro de la norma ISO9001, pero no se le había dado especial relevancia hasta el momento. A continuación, podremos ver una serie de ejemplos obtenidos de la red profesional LinkedIn, Ilustraciones 4 y 5.

La multinacional Schneider Electric, ha incorporado dentro de la directiva de su organización la figura del Customer Satisfaction & Quality Officer:

Chief Sustainability Officer (CSO) and Customer Satisfaction & Quality Officer (CQO)



Ilustración 4. LinkedIn. Customer Satisfaction & Quality Officer

Una de las cinco mayores empresas proveedoras del sector de la automoción, Faurecia-Forvia, eleva la posición dentro de la organización hasta ostentar una de las Vicepresidencias de la empresa:

 Faurecia

Vice President Total Customer Satisfaction & Quality

Ilustración 5. LinkedIn. Vice President Total Customer Satisfaction & Quality.

Incluso el Grupo Renault, constructor final, incluye dentro de su organización a la Satisfacción Cliente dentro del DQSC siglas en francés de Departamento Calidad y Satisfacción Cliente.

El hecho de que estas grandes multinacionales incorporen dentro de sus organizaciones y departamentos la figura de la Satisfacción Cliente en el departamento de Calidad, no es una casualidad. Actualmente, las empresas no solo buscan que sus empresas colaboradoras, les provean de un producto acorde a las especificaciones, lo que hasta el momento hemos conocido como un producto con Calidad, si no que buscan que esas empresas, a las que les han demandado la producción o fabricación de un producto, sean capaces de resolver problemas o incidencias las cuales pueden no haberse visto contempladas durante el desarrollo de este y que generarían una disconformidad ante el Cliente Final. Actualmente, y más aún en el sector de la automoción, las empresas proveedoras son consideradas expertas tanto de la tecnología con la cual van a desarrollar un producto, como del propio producto en sí. Vemos como, actualmente, existen empresas proveedoras especializadas en ciertos procesos productivos o ciertos productos llegando a tener una gran cartera de clientes, esto es debido a que, en gran parte, se le da valor a la expertise y conocimiento que la empresa tiene, por lo tanto, el anticipo de los problemas o la propia resolución de los problemas debería ser menos costosa y más fructífera.

Es por este hecho que, en mi opinión, estamos ante un nuevo paradigma en lo que respecta a las funciones de Calidad, no buscando únicamente la producción y envío de piezas conformes y, por lo tanto, con Calidad, si no que sea capaz, dentro de las organizaciones, de dar solución a los problemas o circunstancias que puedan darse en el Cliente.

2.3.1. Lean Six Sigma

Como acabamos de exponer, a lo largo de la historia se han desarrollado multitud de métodos y teorías las cuales han dado lugar, o han suplementado, a otras muchas que actualmente son utilizadas, siendo parte de la filosofía de la empresa como una herramienta de mejora.

El Sistema de Calidad Total, el Control Estadístico de Procesos o los ciclos PDCA (Plan-Do-Check-Act) de Deming, evolucionaron de la mano de empresas punteras, después de la Segunda Guerra Mundial, como Motorola o General Electric mediante la aplicación de los principios Seis Sigma que ha pasado de ser una mera herramienta de Calidad a uno de los activos clave en las empresas, siendo parte de la visión de las mismas. En la actualidad, los principios del Six Sigma, junto con la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing, se ha complementado para dar lugar a lo que se conoce como Lean Seis Sigma (Hernández y Vizán, 2013).

El enfoque Lean Six Sigma se basa en la mejora de los procesos de la empresa de forma que sistemáticamente se eliminen y reduzcan los desperdicios o actividades que carecen de una aportación de valor, dando lugar a una mejora de la calidad y la productividad de la empresa y, por tanto, incrementar la rentabilidad de cara a proporcionar una ventaja competitiva frente a los competidores. Uno de los principales objetivos es el de reducir la variabilidad de cualquiera de los procesos y eliminar cualquiera de los aspectos del producto o del proceso que no se ajusten a los requisitos del Cliente.

Como la mayoría de los principios, y no pudiendo ser de otra forma, la metodología Lean Six Sigma define una serie de pasos, tras los que, a partir de la aplicación de estos, se consigue la mejora esperada:

1. Definir. La aplicación de este sistema debe ser propósito de la Dirección de la Empresa y tener un carácter proactivo para su desarrollo y aplicación, por lo que los objetivos deben de estar correctamente indicados y definidos para solucionar el problema.
2. Medir. Se debe de ser consciente de la incidencia del problema mediante la fiabilidad de los datos de cara a la búsqueda de la mejora.
3. Analizar. Identificando los factores de variabilidad y las causas raíz de las mismas.
4. Mejorar. Realizando cambios dentro de la organización para incrementar el rendimiento.
5. Controlar. De cara a verificar que las mejoras realizadas se mantienen durante el tiempo.

La aplicación de este sistema operacional, que engloba los principios Lean y los de Calidad, ha dado lugar a que se creen una serie de certificaciones por parte de consultoras mediante las cuales los profesionales pueden certificarse con cada una de las cinco certificaciones, o como se promocionan, cinturones, definidos en la Ilustración 6 “*Pirámide de certificaciones Lean Six Sigma*”:

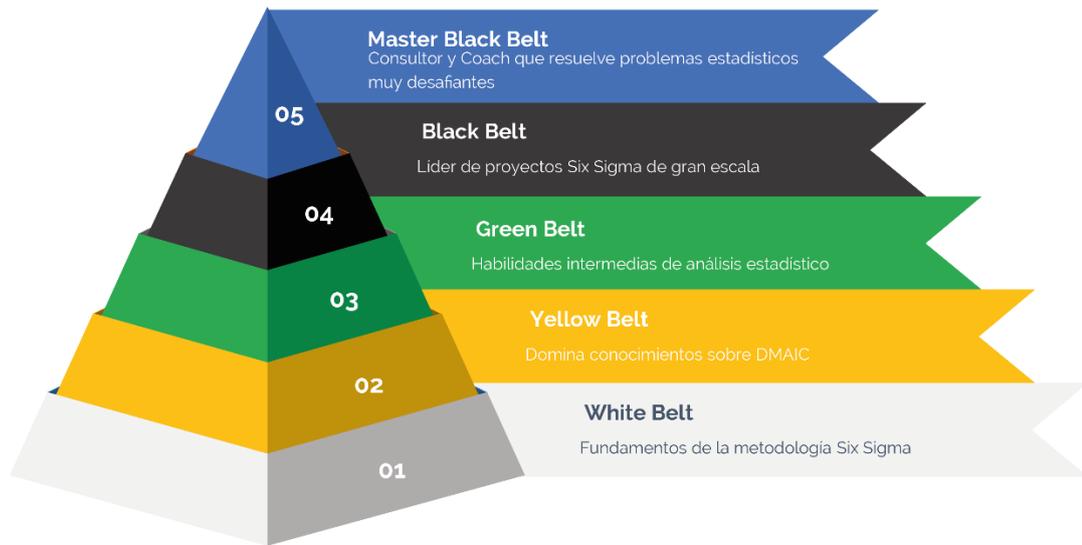


Ilustración 6. Pirámide de certificaciones Lean Six Sigma.

3. Gestión de Calidad en la Industria: Resolución de problemas

La gestión de la Calidad en la Industria, y más concretamente en el sector automotriz, está ligada a lo que podemos llamar “Problem Solving” o método de resolución de problemas, que de forma abreviada es comúnmente denominada metodología 8D. La metodología 8D, también conocida como las 8 Disciplinas, se trata de una herramienta de resolución de problemas enfocada a identificar su causa raíz y prevenir o erradicar su recurrencia.

La creación de esta metodología se da, al igual que la Norma ISO 9001, en 1987, y se le atribuye a la automovilística Ford Motor Company quienes llevaron a cabo la estandarización del proceso de resolución de problemas denominándolo dentro de la organización como “Team Oriented Problem Solving” (Vicent Gaspersz, TOPS, 2014). El término “8D” se le da cuando esta metodología pasa de ser metodología a, debido a su éxito, una disciplina, refiriéndose a las ocho etapas del proceso, que van desde la identificación del problema hasta la implementación de medidas preventivas, y haciendo la “D” referencia a la Disciplina. Si nos centramos en el sector de la automoción, esta metodología es desarrollada y estandarizada por cada empresa pudiendo adquirir múltiples denominaciones:

- “QRQC” – Quick Response Quality Control
- “QRCI” – Quick Response for Quality Improvement

Esto suele ocurrir en organizaciones de gran tamaño, donde existen equipos encargados de la estandarización de los procesos las cuales enfocan la resolución de problemas a la organización. Sin embargo, organizaciones de no gran tamaño, comienzan a estandarizar este tipo de metodologías a partir de herramientas digitalizadas de integración. Herramientas prediseñadas parcialmente flexibles y con la capacidad de integración con otros sistemas y ERP con los que trabaje la organización y que permiten la simplificación de las tareas ligadas a la gestión de las incidencias. Algunas de las herramientas actuales disponibles en el mercado pueden ser: MAPEX, MLean, etc. La aplicación de estas herramientas es indispensable para poder cumplir con los requerimientos identificados en la norma IATF 16949 (International Automotive Task Force), basada en la norma ISO9001, que establece los requisitos que deben de cumplir las empresas del sector automotriz en cuanto a la resolución de problemas en el punto **10.2.3 – Solución de problemas**, (IATF 16949, rev. 2016):

“La organización debe disponer de (un) proceso(s) para la resolución de problemas, que contemple:

- a) Propuestas definidas para problemas de distinta naturaleza y magnitud (p.ej. desarrollo de un nuevo producto, problemáticas de producción habituales, problemas en campo, hallazgos de auditoría)*
- b) Actividades de contención, actuaciones provisionales y otras acciones relacionadas necesarias para el control de los resultados no conformes (ver ISO 9001, apartado 8.8)*
- c) Análisis de causa raíz, metodología utilizada, evaluación y resultados*
- d) Implementación de acciones correctivas sistemáticas, teniendo en cuenta el impacto en los productos y procesos similares*
- e) Verificación de la efectividad de las acciones correctivas realizadas*

- f) *Revisión y, donde sea preciso, actualización de la documentación correspondiente (p.ej. AMFE de proceso, plan de control).*

Si el cliente ha prescrito de forma específica qué sistemas, procesos o herramientas de resolución deben emplearse, la organización deberá ceñirse a la utilización de dichos sistemas, procesos o herramientas, salvo que el cliente haya autorizado una alternativa.”

Como podemos apreciar, contar con un sistema o herramienta estandarizada de resolución de problemas es un requisito indispensable para las empresas las cuales enfocan su línea de negocio en el sector de la automoción. Por ello, aunque existan gran cantidad de modelos, enfocados a una empresa en concreto o comerciales, todos se basan en la anteriormente comentada metodología 8D.

3.1. Las 8 Disciplinas

Como hemos comentado en el apartado anterior el término 8D, proviene de las 8 disciplinas utilizadas por Ford (Ford, 1987) para la consecución de la resolución de problemas. Estas 8 Disciplinas son las explicadas a continuación:

1. Formación de un equipo multidisciplinar: consiste en formar un equipo de trabajo diverso en el que se incluya a personas con experiencia y conocimientos en el problema específico que se está tratando desde los diferentes puntos de vista de los departamentos implicados. Una vez formado el equipo, este sería el responsable de llevar a cabo, pilotar y validar todas las etapas del proceso 8D.

2. Realizar una correcta definición del problema: En esta etapa, el equipo define el problema de manera específica, identificando tanto los síntomas como el impacto potencial en la calidad y el rendimiento del producto o proceso.

3. Contener o proteger al Cliente de problema: Esta tercera disciplina está enfocada a implementar las medidas de contención para evitar que el problema afecte a más productos, procesos o clientes. En este punto lo que se busca es evitar mayor perjuicio. Esto puede implicar detener la producción, poner en cuarentena un lote de productos afectados o posiblemente impactados, o implementar cualquier otro tipo de acciones temporales para evitar que el problema continúe.

4. Identificación la causa raíz: Una vez que el problema se ha contenido, el equipo debe utilizar las herramientas de análisis adecuadas, que más adelante veremos, para llegar a identificar a lo que se llama causa raíz del problema, o lo que es lo mismo, el hecho que hace que se genere el mismo. Estas herramientas son herramientas consideradas esenciales para entender correctamente el problema y poder implementar las acciones que efectivamente van a solucionar el problema.

5. Definir acciones correctivas: Este quinto paso nunca se debe de dar si no se ha identificado la correcta causas o causas raíz del problema, de lo contrario, las acciones implementadas no serán lo suficientemente buenas como para solucionar el problema y por lo tanto, estaremos empleando esfuerzos en actividades que no generan valor añadido al análisis y la solución del problema. Por lo tanto, una vez identificada la causa raíz, el equipo debe investigar y analizar las acciones para abordar el problema. Estas acciones pueden suponer modificaciones en el proceso de producción, cambios o actualizaciones de los procedimientos o capacitación del personal, entre otras medidas.

6. Verificar la eficacia de las acciones: Una vez que se han implementado las acciones correctivas, es importante verificar su eficacia. Esto realiza además de la realización de pruebas y análisis, del seguimiento de la incidencia en los diferentes puntos de control de proceso, tanto permanentes como temporales. Esta verificación y seguimiento es imprescindible para cerciorarnos que el problema ha sido resuelto y que no volverá a ocurrir.

7. Prevenir la recurrencia: La séptima disciplina se centra en prevenir la recurrencia del problema. Lo que conlleva a la implementación de las medidas preventivas correctas.

8. Reconocer al equipo: La última disciplina en el proceso 8D es reconocer y recompensar al equipo por su labor. Es importante valorar el esfuerzo y el compromiso del equipo en la resolución del problema, lo que puede ayudar a fomentar una cultura de mejora continua en la organización.

Como vemos, la metodología 8D se trata de una herramienta estructurada y sistemática para abordar problemas, ya no solo de calidad si no también otro tipo de problemas como logísticos, productivos o de mantenimiento dentro de la industria. Con esta metodología, las organizaciones pueden resolver problemas de manera efectiva, identificar y abordar las causas subyacentes, y prevenir su recurrencia en el futuro. Esto contribuye a mejorar la calidad del producto, la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa en general. Sin embargo, una correcta aplicación de esta metodología requiere de un gran conocimiento, tanto de las herramientas de análisis que se pueden utilizar dentro de la misma, como de la empresa y su funcionamiento interno, así como del producto y proceso. Para ello, en los siguientes capítulos, desarrollaré y haré hincapié en los puntos para tener en cuenta para la correcta aplicación de esta tan útil herramienta.

3.2. 8D: Aplicación y desarrollo

Como hemos comentado en el apartado anterior, en un principio, la metodología 8D fue desarrollada como una herramienta para solucionar problemas de Calidad de forma estandarizada, sin embargo, esta metodología puede ser utilizada para la resolución de cualquier problema o incidencia dentro de la industria, ya que nos ayuda a

definir y resolver el problema desde la causa raíz. Centrándonos en el contexto de la Calidad en la automoción, los OEM, Original Equipment Manufacturer, restringen la aplicación de las diferentes etapas de las actividades 8D en unos plazos impuestos a sus proveedores que deben respetar. Esto viene indicado en la IATF en su punto: 4.3.2 – Requisitos específicos de Cliente. Generalmente, cada etapa de los procesos de resolución de problemas engloba una serie de puntos de la metodología 8D con unos plazos, de forma general, pero, como hemos dicho, siempre en función de los Requisitos Específicos del Cliente, las etapas y los plazos de resolución se suelen ser similares a las siguientes:

- Etapa 1-4, dentro de las 24h siguientes a la detección del problema.
- Etapa 5-6, dentro de los 10 días siguientes.
- Etapa 7-8, dentro de los 60 días.

Cada una de las etapas define unos objetivos clave a cumplir, los cuales veremos a continuación.

3.3. Etapas 1-4: Protección Cliente y Contención del problema

Una vez detectado el problema en cualquiera de los puntos del proceso o en el Cliente, entendiendo como Cliente, no solo la entidad o la persona a la que se vende el producto, si no al siguiente punto del proceso al cual se detecta un problema creando una incidencia, pudiendo ser un siguiente puesto de montaje, la línea de ensamblaje del OEM, el concesionario o el cliente final, el problema debe ser protegido mediante unas acciones de protección y contención. Requisito IATF apartado 10.2.3 b) Actividades de contención, actuaciones provisionales y otras acciones relacionadas necesarias para el control de los resultados no conformes (ver ISO 9001, apartado 8.8). Abarcaríamos por lo tanto las 4 primeras Disciplinas de la sistemática 8D:

3.3.1. Formación de un equipo multidisciplinar.

La formación de un correcto equipo multidisciplinar es una de las principales e inminentes decisiones que se deben tomar en el momento de comenzar a realizar una sistemática 8D para la resolución de un problema. En todo caso, en primer lugar, se debe definir un piloto del problema, entendiendo como piloto a la persona encargada de que la sistemática se lleve a cabo de forma correcta y que las acciones definidas en las diferentes etapas sean lo suficiente robustas. Definir una persona como piloto, no debe confundirse como la persona que debe dar la solución al problema, si no que será la encargada de mover a y animar a toda la organización para llegar al fin último que es la resolución del problema. Este piloto debe definir el equipo multidisciplinar con el que se desarrollará la 8D, obteniendo, con este equipo, la capacidad de tener una visión 360. Por tanto, que se debe contar con la implicación de todos los departamentos y de todos los estamentos de la organización de cara a aportar, no sólo conocimientos, si no también ideas que puedan llegar a dar lugar a la solución robusta del problema.

La formación de un equipo multidisciplinar es primordial para evitar que soluciones que puedan proponerse a un problema, generen otro tipo de problemas diferentes. Por poner un ejemplo práctico con un problema de calidad, la solución aportada por éste departamento podría llegar a ser una modificación de la pieza sin evaluar el consiguiente impacto que tuviera directa o indirectamente a la ergonomía del operario en el ensamblaje

de la misma, para ello, el conocimiento técnico de los equipos de seguridad y salud y la visión de del personal de mano de obra directa que monta, la pieza evitaría, en un primer lugar y lo que es primordial, la penuria que sufriría el operario en el montaje de la misma, y en segundo lugar, los costes asociados a la modificación de la definición técnica de pieza (modificaciones de molde, lanzamiento de piezas proto, etc).

Por lo tanto, como hemos visto, el objetivo de esta primera disciplina es la definición del equipo de trabajo capaz de llegar a la solución del problema:

Piloto:
Equipo:

Ilustración 7. Etapa 1-4. Definición del piloto y equipo.

3.3.2. Realizar una correcta definición del problema.

Una vez definido piloto y equipo de trabajo, se debe comenzar a definir cuál es el problema. Para esta definición del problema debemos realizar un análisis de la situación y el contexto para lo cual, nos podemos apoyar de una serie de preguntas que nos harán comprender el problema:

- **¿Cuál es la visión del Cliente?**

La visión del cliente es el primer nivel de información disponible cuando se detecta un problema o cuando un gerente decide mejorar un KPI, por lo que debemos conocer claramente qué es lo que se está reclamando. Por lo tanto, el principal aspecto a la hora de comenzar con el planteamiento de la 8D, consiste en conocer exactamente cuál es el problema o la queja que tiene el Cliente. Únicamente se podrá finalizar con éxito una dinámica 8D si desde el comienzo del ejercicio se conoce exactamente qué es lo que se está reclamando. Por lo tanto, la visión del Cliente debe ser tomada en cuenta con las palabras exactas dadas por el Cliente y analizadas, y en el caso de que no se sea capaz por parte de la organización de concluir cuál es esta visión, volver a preguntar al Cliente.

¿Cuál es el síntoma o Visión del Cliente?
<i>Descripción del problema con la vista del cliente</i>
<p>¿Por qué no se detectó?</p> <p style="text-align: center;"><i>Por qué no se detectó el problema definido con Visión Cliente.</i></p>

Ilustración 8. Definición de la Visión Cliente.

Debemos tener claro que la Visión del Cliente nos va a hablar del síntoma, es decir, lo que el Cliente percibe como problema.

En este punto, es de especial importancia obtener toda la información posible sobre la reclamación, como puede ser la pieza o piezas impactadas, los lotes, las cantidades, modelos... es decir, obtener toda la información de la trazabilidad de las piezas que están generando el problema. Esto nos ayudará y guiará en gran medida no solo en el análisis del problema, sino que también en la implementación de las correctas acciones para contener o solucionar el problema.

En el mejor de los casos, y como suele ocurrir en el ámbito de la automoción, la pieza retornará al proveedor para que sea correctamente analizada, sin embargo, en otros casos, ya sea porque la pieza se repara y no se sustituye o cualquier otro motivo, el análisis sin pieza se hace mucho más complicado y se deberá trabajar bajo hipótesis.

- **¿Por qué es un problema para el Cliente?**

Debemos llegar entender, una vez comprendida la visión del Cliente, por qué lo que este Cliente nos está reclamando es un problema. En ciertas ocasiones, desde las diferentes organizaciones, no se llega a comprender la necesidad de la parte contraria y por lo cual está denunciando un problema. Por poner un ejemplo sencillo, actualmente y promovido por la cada vez mayor automatización de los procesos, existen lecturas automáticas las cuales requieren que una simple etiqueta sea ubicada exactamente en un lugar y con la resolución adecuada para que no genere incidencias. Por lo tanto, un proveedor podría recibir una alerta de su cliente con la siguiente visión:

“Se están generando incidencias y paradas de línea porque no se pueden leer las etiquetas de la pieza”

En este caso, la visión cliente es que los sistemas no pueden leer la etiqueta que va pegada en la pieza, pero ¿cuál es la consecuencia de que no se pueda leer la etiqueta y por tanto el problema? El problema generado en el Cliente sería la consiguiente parada de la línea por la incorrecta posición de la etiqueta.

- **¿Por qué no se ha detectado?**

Otra de las preguntas a realizar es el por qué no se detectó el problema. En este caso, se comienza a profundizar en el análisis, a recabar datos y especificaciones. Posiblemente la ubicación de la etiqueta no esté bien definida en los planos contractualizados, o haya podido haber alguna modificación en el proceso de pegado de esta...

- **¿Cuál es la visión de la organización del problema?**

Otra de las preguntas que nos ayudaría a identificar el problema sería la visión que tiene la organización ante el primer análisis del problema. Como vemos, la Visión del Cliente no va a ser la misma que la Visión de la Organización, ya que la Organización será capaz de, mediante un primer análisis que veremos en el apartado 5.4, de definir cuál es su visión, basándose en hechos y datos recopilados de cara a reformular el problema con respecto a la causa y no el síntoma.

<p>¿Cuál es la causa del problema o Visión de la Organización?</p>
<p><i>Descripción del problema con la vista de la organización enfocada a la causa</i></p>

Ilustración 9. Descripción de la Visión de la Organización.

En todo caso, estas dos primeras disciplinas conforman lo que sería la base del desarrollo de la dinámica en la cual se profundizará en las siguientes etapas.

3.3.3. Contener o proteger al Cliente del problema.

En esta tercera disciplina, la de contener o proteger al Cliente del problema, se cumpliría con el requisito b) del apartado 10.2.3 de la Norma IATF:

“Actividades de contención, actuaciones provisionales y otras acciones relacionadas necesarias para el control de los resultados no conformes (ver ISO 9001, apartado 8.8)”

De cara al Cliente, la protección y contención del problema es la más importante e imprescindible, ya que es la primera a partir de la cual, se aplicarían las acciones

necesarias para evitar que el Cliente siga recibiendo o detectando el problema el cual ha denunciado. Como hemos comentado anteriormente, según los requisitos del Cliente, estas acciones de contención del problema deben estar definidas e implementadas en, normalmente, no más de 24 o 48 horas desde la detección del problema. Estas actividades, deben ser aceptadas y validadas en todo caso por el Cliente, de forma que el problema sea contenido. En el supuesto de que la no conformidad haya sido ya enviada al cliente, se deberán de realizar las actividades pertinentes como: chequeos en la recepción, retrabajos, inspecciones a producto terminado, etc, con la concesión aprobada por el Cliente.

Estas actividades, como estamos diciendo, están principalmente encaminadas a evitar el problema en el cliente de forma rápida. Por volver al ejemplo anterior de la etiqueta incorrectamente ubicada, una de las actividades de protección que se podrían llevar a cabo en las instalaciones del Cliente serían revisar las piezas y retirar las que estuvieran mal ubicadas o, en el caso de que fuera factible, despegar y volver a pegar en el lugar en el cual no genera el problema de la parada de línea al Cliente.

Como se ha indicado en el prólogo de este capítulo, estas actividades son actividades temporales que sirven para evitar un perjuicio mayor, sin embargo, aunque sean temporales tienen que estar correctamente definidas mediante una instrucción de trabajo acorde a lo que se necesita para evitar el problema, es decir, son actividades también estandarizadas y de las cuales debe de haber un seguimiento, el cual será imprescindible para evaluar, como veremos más adelante, si las diferentes acciones implementadas, son efectivas o no. Así mismo, estamos hablando de acciones de protección y de contención como si fueran idénticas, sin embargo, en función de las organizaciones se pueden llegar a diferenciar las acciones de protección y contención como:

- Acción de protección: acciones llevadas a cabo en las instalaciones del cliente de forma inmediata para evitar el efecto cliente.
- Acción de contención: acciones llevadas a cabo en las instalaciones de la propia organización para evitar enviar piezas que llegarían a generar un problema en las instalaciones del Cliente si no son intervenidas. Estas acciones pueden ser idénticas a las de protección o, tras un primer análisis, definidas en el punto óptimo para que sean realizadas.

De todas formas, tengamos en cuenta esta diferenciación o no, como vemos en la ilustración 10, todas las acciones deben de estar correctamente identificadas en cuanto a:

- Descripción de la acción de protección iniciada para la securización del efecto cliente.
- Descripción de la acción de contención relacionada con la visión que toma la organización una vez realizado un primer análisis de la situación.
- Nombre responsable.
- Fechas reales alcanzadas versus plazo de realización, que en el caso de las acciones de protección y contención no deben exceder, como hemos indicado anteriormente las 24 o 48 horas en función de los requisitos del Cliente.
- La efectividad o no de las acciones y si las mismas han generado un nuevo riesgo o no.

- Comentarios / Conclusión / Resultados que permiten entender si la acción es efectiva o no.

ACCIONES INMEDIATAS PARA PROTEGER AL CLIENTE					
Acción	Resp.	Plazo / Realizado	¿Efectiva? (S/N)	¿Nuevo riesgo detectado? (S/N)	Comentarios / Conclusiones / Resultados

Ilustración 10. Definición de las acciones de protección al Cliente.

A modo de resumen, podríamos decir que las acciones de protección de la etapa 4 consistirían en el **No Pasar**: Acciones de control llevadas a cabo para que ese defecto no pase al cliente.

3.3.4. Identificación la causa raíz y herramientas de análisis.

Protegido y contenido el problema, con la cuarta disciplina nos dispondremos a utilizar todas esas herramientas de análisis que nos ayudaran a dar con la causa raíz del problema. No existe una teoría definida por la cual se deban de utilizar unas herramientas u otras en una secuencia u otra, o cuales de ellas utilizar, sin embargo, la experiencia en la elaboración de este tipo de sistemáticas hace que cada piloto utilice las herramientas en función de cuál le sea más precisa para llegar a la causa raíz final, tanto de ocurrencia como de detección. Para ello, sí que es importante que el análisis parta de la visión de la organización ante el problema, ya que de esta forma se profundizará en mayor medida el análisis llegando a causas de ocurrencia y de no detección más concretas.

A continuación, explicaremos cuales son las herramientas utilizadas en las organizaciones para el análisis e investigación de la causa raíz de un problema. Como acabo de comentar,

no existe un procedimiento claro de qué herramientas utilizar y en qué orden, por lo que describiré las herramientas según las utilizo yo a la hora de elaborar y pilotar este tipo de dinámicas. Además, también veremos herramientas utilizadas para el seguimiento de las acciones y métodos de análisis para erradicar modos de fallo desde los más penalizantes hasta los de menor incidencia, o como podríamos extrapolar el método de Pareto 80-20, donde el 20% de las causas raíz, generan el 80% de los problemas.

a. Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, Ilustración 11, Diagrama de Espina de Pescado, Diagrama Causa – Efecto... posee multitud de denominaciones, es una de las principales herramientas utilizadas para la resolución de problemas. Se trata de un modelo creado, o más bien, perfeccionado por Kaoru Ishikawa por el cual se muestra de una manera esquematizadas cuales son las posibles causas que dan lugar al problema que se está tratando, siendo considerado una de las 7 herramientas básicas de Calidad.

Este método recibe el nombre de Diagrama de Espina de Pescado debido a que a la hora de elaborar el mismo, su disposición se asemeja a una espina de pescado ya que, su elaboración se hace analizando cada uno de los seis aspectos clave, los 6M: Mano de obra, Máquina, Método, Medioambiente, Material y Método, a partir de los cuales obtenemos podemos llegar a acotar el efecto cliente o más precisamente la Visión de la Organización ante el defecto.

La metodología se basa en ir analizando cada uno de los 6 aspectos a nivel de ocurrencia y de no detección del proceso en el cual se ha generado el problema, de forma que, para cada aspecto, se tendrá que analizar si es causa o no del efecto. A continuación, veremos un listado de parte de los factores los cuales debemos de considerar si se han dado en nuestra organización y si debido a ello se ha podido generar el problema. De modo que para cada uno de los aspectos tendremos:

- **Mano de Obra:** en este aspecto se analizará todo lo referente la operación realizada por el operario, es decir, si el operario está formado, si conoce la secuencia de operaciones, si conoce los controles a realizar en la pieza, su actitud... Existen una serie de ítems para tener en cuenta y por lo tanto chequear:
 - En cuanto al equipo:
 - Formación
 - Destreza o habilidad del operario
 - Falta de polivalencia para la operación o puesto
 - Dificultades físicas (auditivas visuales)
 - Alta rotación de personal
 - Factores psicológicos
 - Planificación inadecuada del personal
 - En cuanto a las actitudes del personal:
 - Fatiga
 - Distracciones
 - Equipo no autónomo
 - Falta de responsabilidad
 - En cuanto a la supervisión del equipo
 - Falta de observación
 - No realización de las auditorías de puesto

- Falta de seguimiento de los Planes de Acción o aplicación de las Leason Learn
 - Falta de dirección
 - En cuanto a la comunicación con el equipo
 - Falta de comunicación
 - Mensajes demasiado largos o complejos
 - Gestión poco estricta del equipo
 - En cuanto a las competencias y el trabajo diario
 - Falta de validación de las competencias
 - Falta de entrenamiento
 - No respeto del proceso de entrenamiento
 - Proceso de re-validación no realizado
 - Estándar de trabajo incompleto
 - Falta de cualificación
 - Falta de feedbacks constructivos
- **Máquina:** en cuanto a la máquina, se pondrá en causa todo lo referente al medio de producción utilizado, esto quiere decir que deberemos analizar: si el parametrizaje de la máquina es el correcto, el modo en el que se ha trabajado (modo serie, arranque o degradado), las paradas ocasionadas, las intervenciones en la máquina... entendiendo como máquina todo el utillaje utilizado para la elaboración del producto pudiendo ser: moldes, inyectoras, líneas de flujo continuo, robots...:
 - Equipos, medios y herramientas:
 - Ausencia o falta de plan de mantenimiento
 - No respeto del plan de mantenimiento
 - Reparaciones no realizadas correctamente
 - Reparaciones no validadas correctamente
 - Problema informático
 - Uso incorrecto de los equipos y los medios
- **Medida:** el aspecto de la media es trascendental para el análisis ya que, todos los productos o procesos, deben de tener definidos unos nominales y tolerancias a partir de los cuales aceptar o no un producto o proceso. Como conocemos de asignaturas de la carrera, se debe realizar un estudio estadístico capaz de definir, a partir de la reproductibilidad y repetibilidad del proceso, el nominal y la tolerancia de un proceso o medida de producto, en el que se tendrá que tener en cuenta la clasificación de la cota (cota 3, 2, 1, S, R o S&R) y, por lo tanto, poder obtener un CpK conforme a lo contractualizado. El seguimiento de estas medias es trascendental para avanzar rápidamente en la investigación del problema, pudiendo observar variaciones parámetros del proceso o de producto que nos puedan hacer llegar fácilmente a la causa del problema. Este aspecto le ligaremos con uno de los apartados siguientes: Diagramas de Pareto y SPC.
 - Medida y OK primera pieza:
 - OK Primera pieza no correctamente definido o incompleto
 - Procedimiento OK Primera pieza no respetado
 - Reglas de Reacción no respetadas
 - Falta de validación de los Poka-Yoke's o testers
 - Criterios de Cliente no respetados

- Validación de los equipos y herramientas no realizada

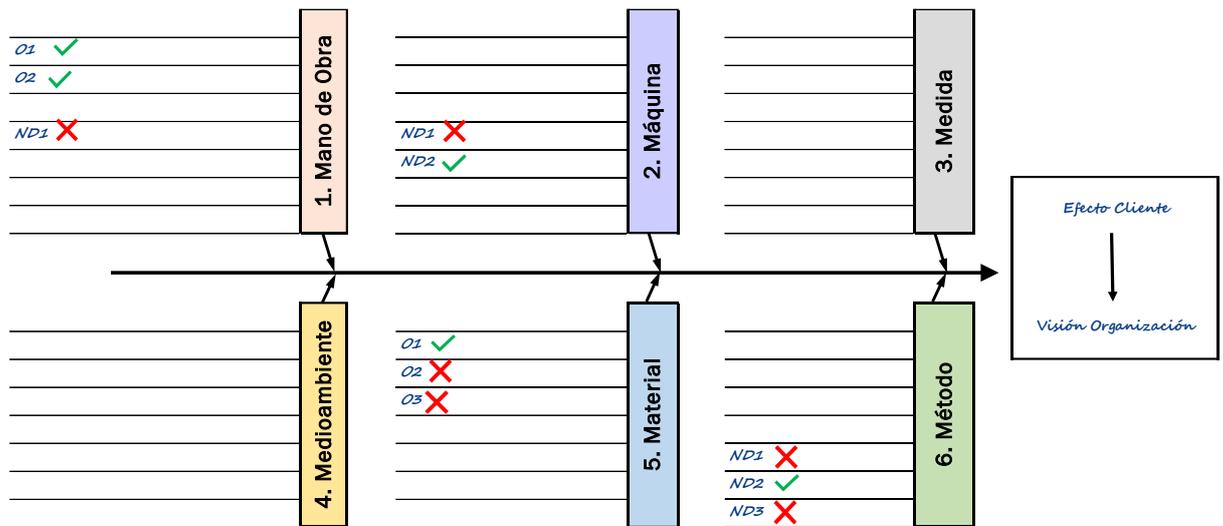


Ilustración 11. Diagrama de Ishikawa.

- Medioambiente:** haciendo referencia a todo lo que implica el entorno en el cual el producto se ha fabricado. En este punto podemos hacer referencia a las condiciones ergonómicas, de luminosidad, ambientales, etc, e incluso a los parámetros de fabricación utilizados, ya que, como sabemos, en ciertas tecnologías, los parámetros de producción son unas de las características principales para asegurar la conformidad del producto. Por poner un ejemplo, en un proceso de pintura, las condiciones de humedad y temperatura de la cámara deben de estar completamente monitorizadas y controladas de cara a evitar problemas, no solo de aspecto como pueden ser piel de naranja o burbujas, si no también aspectos que pasan a ser más funcionales como los desconchones.
 - Seguridad y Salud:
 - Ruido, altas temperaturas, humedad...
 - Carga de trabajo o velocidad elevada
 - Ergonomía
 - Excesivo esfuerzo
 - Entorno de trabajo peligroso
 - Entorno de Trabajo
 - 5 S no respetadas
 - Mala distribución
 - Reglas no definidas o no aplicadas
- Material:** uno de los aspectos más importantes en la resolución y análisis del problema es el análisis y la puesta en cuestión del material, entendiendo por material toda materia que utilizamos en nuestro proceso procedente de un sub-proveedor, ya sea la propia granza o componentes para ensamblar en el proceso. La revisión de las especificaciones del material es un básico para comenzar un análisis completo del problema y poder incluir el conocimiento del proveedor en el mismo.
 - Producto (función, forma...):
 - Estándar no definido, no respetado o estándar NOK

- Falta de validación o aprobación (PAPP...)
 - Falta de durabilidad, interface NOK
 - Fallo de material, técnico o de especificación
 - Cambios no controlados o diseño NOK o no validado
 - Problema de proveedor
- **Método:** todo proceso de producción debe estar estandarizado. La estandarización es el básico que nos permite conocer exactamente qué es lo que está definido hacer y cómo hay que hacerlo de forma que todos los operarios deben estar formados en la misma forma del qué hacer y cómo hacerlo. En este aspecto deberemos investigar si existe un método operatorio definido, si ese método operatorio es robusto o no, si existe una mejor forma de realizar el método operatorio... El método operatorio, además de estandarizar las operaciones, nos permite definir la mejor forma de realizar el trabajo y, así mismo, optimizar las operaciones para obtener una mayor eficiencia del proceso.
 - Procedimientos y estándares
 - Falta de procedimientos, incompleto, no disponible o no conocido
 - Estándar Mal definido o error en la documentación
 - Falta de información sobre cambios en los procedimientos
 - Procedimientos inválidos
 - Tarea, procedimiento o estándar no realizado de forma correcta

Como hemos visto, estos seis aspectos analizados en el estudio del Diagrama de Isikawa permiten a la Organización definir una visión general de todas las posibles hipótesis que hacen que pueden llegar a ser causa o no de un problema. Sin embargo, como vemos, seguimos teniendo un análisis superficial, basándonos en hipótesis que pueden ser o no ciertas. Para ello, y de cara a potenciar el análisis, este primer paso debe ser suplementado con otro tipo de herramientas.

En las siguientes páginas, veremos un Check List completo de todos los aspectos a considerar realizar un Diagrama de Ishikawa de forma completa, Tabla 1:

MANO DE OBRA Error basado en habilidades (deslizamiento de acción o lapso de memoria) o Error (incidente, errores o violación basados en reglas o conocimientos)				OK	NOK
MANO DE OBRA Error basado en habilidades (deslizamiento de acción o lapso de memoria) o Error (incidente, errores o violación basados en reglas o conocimientos)	Selección de personal	No calificado en general			
		Destreza/habilidades insuficientes (general)			
		Falta de habilidades para una tarea específica			
		Dificultades lingüísticas			
		Dificultades para leer o oír			
		Problemas de visión			
		Proceso de alta rotación			
		Factor psicológico/físico			
		Planificación inadecuada del personal			
	Actitud/comportamiento del personal	Fatigado / Cansado / Abrumado			
		Rutina(s) incorrecta(s)			
		Razón situacional			
		Distraer/ Motivación/ Violación			
		Falta el espíritu de equipo			
		Motivo excepcional			
		Toma de decisiones inapropiada			
		Insuficiente rendición de cuentas			
		Equipo no autónomo			
	Supervisión del personal	Observación insuficiente			
		No hay auditorías periódicas de software			
		Auditorías de software inapropiadas			
		Seguimiento del Plan de Acción NOK			
		No se aplica LL			
		Falta o insuficiencia de dirección			
		Medidas correctivas insuficientes			
		Estrategia de mitigación de riesgos NOK			
		Gestión de rendimiento insuficiente			
	Comunicación al personal	Los 5 mensajes principales deficientes/incorrectos			
		Respeto limitado de los planes de acción			
		Insuficiente retroalimentación al personal			
		Mensajes largos/complejos			
		Problemas lingüísticos			
		Cambios de dirección recientes			
		Falta de rigor			
		Falta confirmación (comprensión)			
	Competencia - operación diaria	Falta de entrenamiento basado en tareas			
Falta de validación de la competencia					
No se respeta el proceso de formación					
No se respeta el proceso de validación Instrucción					
SW incompleta/incorrecta					
Falta de prácticas/simulacros/simulaciones					
Polivalencia requerida no disponible					
Falta de pruebas de calificación (GR&R ...)					
Falta retroalimentación constructiva regular					

MÁQUINA	Equipos/herramientas/medidores	Falta el plan de mantenimiento o está incompleto		
		No se respeta el plan de mantenimiento (piezas de repuesto/personal...)		
		El mantenimiento o la reparación de herramientas no se ejecutan correctamente		
		El mantenimiento o la reparación de herramientas no están debidamente validados		
		Problema de infraestructura de TI		
		Infraestructura/herramientas/dispositivos de medición deficientes		
		Uso incorrecto de equipos/herramientas/medición		
	PC/L	Manejo deficiente		
		Almacenamiento deficiente (período/condiciones)		
		Transporte interno/externo		
		Problema de embalaje (incorrecto/faltante)		
		Preparación de pedidos incorrecta		
		Error/problema de etiquetado		
MEDICIÓN	OK primera pieza	Directivas de trabajo		
		OK El proceso de la primera parte no está definido o se describe de forma incompleta		
		El proceso de la primera parte no se respeta de acuerdo con las normas OK1ª parte		
		No se respetan los modos de reacción, no se aprueba el modo de posible copia de seguridad OK1ª parte		
		No hay una validación adecuada de la competencia del operador OK1ª parte		
		Evidencia adecuada de la validación apropiada de PY y Testers faltantes OK1ª parte		
		No hay validación adecuada del equipo, las herramientas y la configuración OK1ª parte		
		No hay validación adecuada de los dispositivos de ensayo y medición OK1ª parte		
		No hay criterios de validación apropiados "Críticos para el cliente"		
MEDIOAMBIENTE	HSE	No se respetan las normas de EPI		
		Problemas de carga de trabajo y velocidad		
		Ergonomía		
		Interfaz hombre-máquina		
		Tareas que cambian con frecuencia		
		Frío/Humedad/Luz, etc.		
		Levantamiento excesivo o fuerza requerida		
		Ruido/Calor		
		Ambiente de trabajo inseguro		
		Drogas/ Alcohol		
		Factores de salud individuales		
Violación de las normas obligatorias reales de HSE				

MATERIAL/PRODUCTO	Ajuste-forma-función	No hay una norma definida			
		Estándar no está bien			
		Falta validación/pruebas			
		Falta aprobación (PPAP, ...)			
		Interacción con la interfaz NOK			
		Durabilidad NOK			
		Falla material/técnica			
		No se respeta la norma			
		Especificación poco clara			
		Sin anticipación de fracaso			
		Cambio(s) incontrolado(s)			
		Acumulación de tolerancias			
		Mal diseño Diseño no validado			
		Problema con el proveedor			
MÉTODOS	Definición del proceso y ejecución operativa	Ambiente laboral			
		5 S no están en el nivel deseado			
		Área de trabajo demasiado estrecha, abarrotada, mal diseño			
		Disposición de productos y componentes			
		PY inapropiado para evitar/detectar errores humanos			
		Diferencias en las configuraciones de procesos (GAP)			
		Pantalla de información faltante o incorrecta			
		Stop@Defect reglas no definidas/no aplicadas			
	Errores en la configuración no detectables				
	Procedimientos/Normas Rutinas	y	Falta de un procedimiento (escrito)		
			Procedimiento incompleto / tarea no mencionada		
			Definición estándar incorrecta / error en la documentación, etc.		
			Procedimiento no disponible para los usuarios		
			Procedimiento desconocido por los usuarios/operadores		
			Falta de observación si se respetan las normas		
			No hay información sobre los procedimientos modificados (temporalmente)		
			Procedimiento no válido		
	Tarea/Procedimiento/Estándar no ejecutado correctamente				
	Revisiones		Revisión incorrecta		
			Procedimiento inconveniente/complejo		
			Diferentes directivas en los procedimientos		
			Falta de imágenes/gráficos		
			No se han definido comprobaciones cruzadas		
			No se han ejecutado comprobaciones cruzadas		
			Secuencia de trabajo incorrecta		
			Tiempo de trabajo incorrecto		
	Modo back-up		Lenguaje incorrecto utilizado		
			Trámites realizados con prisa		
			Validación de trámites faltantes		

	Cambio de procedimiento incontrolado		
	Procedimientos no precisos o no estrictos		
	Los modos de reacción no están claros		
	No se respetan los modos de reacción		
	Los modos de copia de seguridad no están claros		
	Modos de copia de seguridad no simulados		
	Modos de copia de seguridad no aprobados		

Tabla 1. Check List aspectos a considerar para realizar un Diagrama de Ishikawa.

b. Análisis de Diagrama de Bloques

El diagrama de Bloques es una de las técnicas que permite tener una visión global y analizar con hechos y datos si cada una de las hipótesis obtenidas del Diagrama de Ishikawa es correcta o no de forma que nos permita descartar las que, en base a esos hechos y datos, no sean consistentes como para continuar con su análisis.

A modo de formalismo, el primer eslabón del Diagrama de Bloques será la Visión de la Organización sobre el efecto cliente previamente definido. Para esa Visión de la Organización, se han obtenido una serie de hipótesis a partir del Diagrama de Ishikawa, los cuales serán el primer eslabón del Diagrama de Bloques y por el cual se comenzará el análisis de cada uno de ellos hasta llegar a la causa raíz. La sistemática a la hora de realizar el análisis del Diagrama de Bloques, Ilustración 12, se basa en:

1. A partir de una primera Hipótesis, pasamos al tercer eslabón del Diagrama donde debemos valorar, utilizando un pensamiento lógico y, en base a hechos y datos concretos (evidencias, paretos, análisis,...) , si la hipótesis planteada podría haber creado el problema o no.
2. Si la hipótesis es correcta debemos continuar el análisis por ese ramal del Diagrama. Para poder definir si una hipótesis es correcta o no, debemos previamente confirmarla, para ello deberemos hacer una comparación entre las diferentes situaciones que se nos presentan y lo que tenemos, es decir:
 - a. Situación OK / pieza
 - b. Situación NOK / pieza
 - c. Especificación o Estándar / pieza
3. Si la hipótesis no es correcta, podemos descartar la misma y pasar a la siguiente.

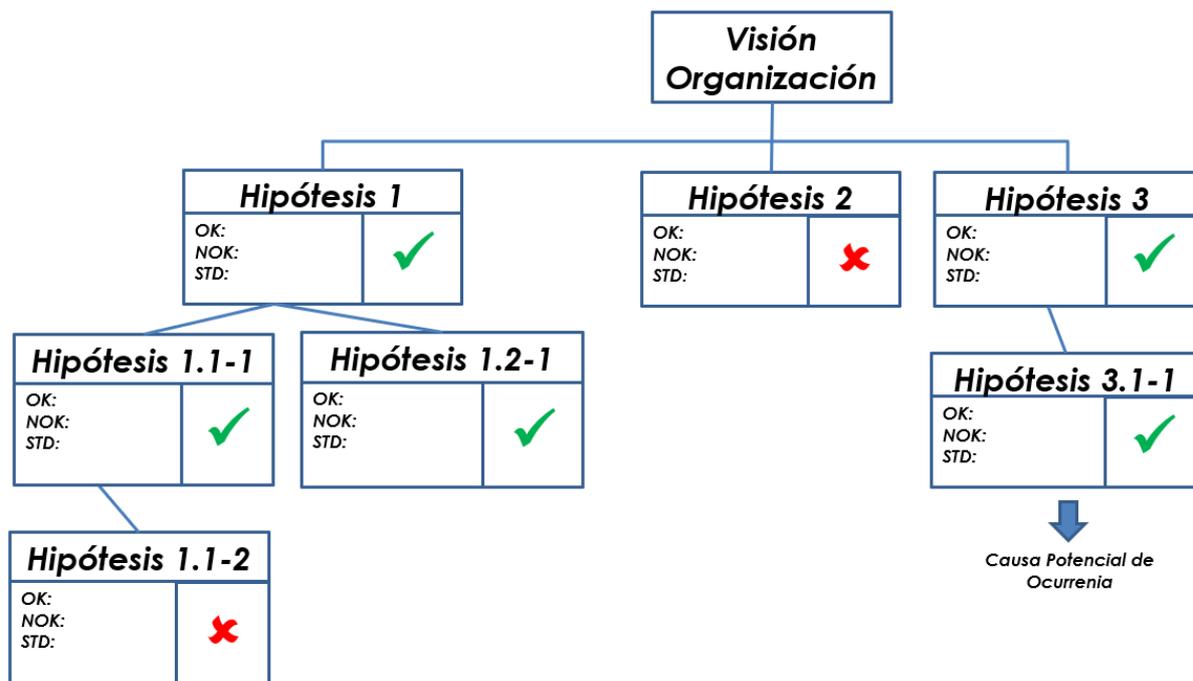


Ilustración 12. Diagrama de Bloques.

Siguiendo esta sistemática, una vez continuáramos y avanzáramos con el análisis llegaríamos a la causa o causas potencial del problema, en un primer momento de Ocurrencia.

Llegados a este punto, es importante hacer hincapié en lo comentado al inicio de la exposición de este apartado, no existe una secuencia definida de herramientas a utilizar, y como ahora veremos, es importante realimentar algunas de las mismas una vez hemos avanzado con herramientas posteriores. De esta forma, la primera parte del Diagrama de Bloques nos ha llevado hasta obtener la causa o causas potencial de Ocurrencia, sin embargo, debemos profundizar hasta llegar a la verdadera causa de ocurrencia para poder definir acciones verdaderamente robustas, a esto llegamos mediante la herramienta de los 5 Por Qué – 2 Cómo (5 Why's-2How's) que veremos en el siguiente apartado. Una vez obtenida la Causa Raíz de Ocurrencia, podremos continuar el análisis creando un nuevo Diagrama de Bloques, en este caso para la No Detección, a partir del la Causa Raíz de Ocurrencia y, al igual que en el anterior Diagrama, obtendríamos la Causa de No Detección a partir del desarrollo de los 5 Por qué desde las Hipótesis retenidas. Tras la exposición del siguiente apartado, volveremos a hacer referencia a este para afianzar la sistemática para una correcta realización.

c. 5 Why's-2How's

Los 5 Por qué, en inglés 5 Why, es una técnica utilizada de forma sistemática que se basa en la realización de preguntas para llegar a la obtención de la causa raíz del problema, de modo que el principal valedor para esta técnica es la de preguntar, y por lo tanto responder, hasta un total de 5 veces la pregunta por qué. Se trata de una técnica sencilla, pero para la cual es necesario que el equipo de trabajo sea un equipo maduro y a partir del cual obtengamos respuestas adecuadas a la índole del problema.

Como hemos comentado en el apartado anterior, trabajando mediante la técnica de los 5 Por qué, para llegar a la Causa de Ocurrencia partiríamos de las hipótesis retenidas en cuanto a Ocurrencia del Diagrama de Bloques, es decir, de la Causa Potencial de Ocurrencia que tras preguntarse 5 veces por qué, seríamos capaces de haber profundizado lo suficiente como para llegar a la Causa Raíz de Ocurrencia. Es decir, de la Ilustración 13 la Hipótesis 3.1-1 sería para nosotros la causa potencial de ocurrencia a partir de la cual llegaríamos a la causa raíz:

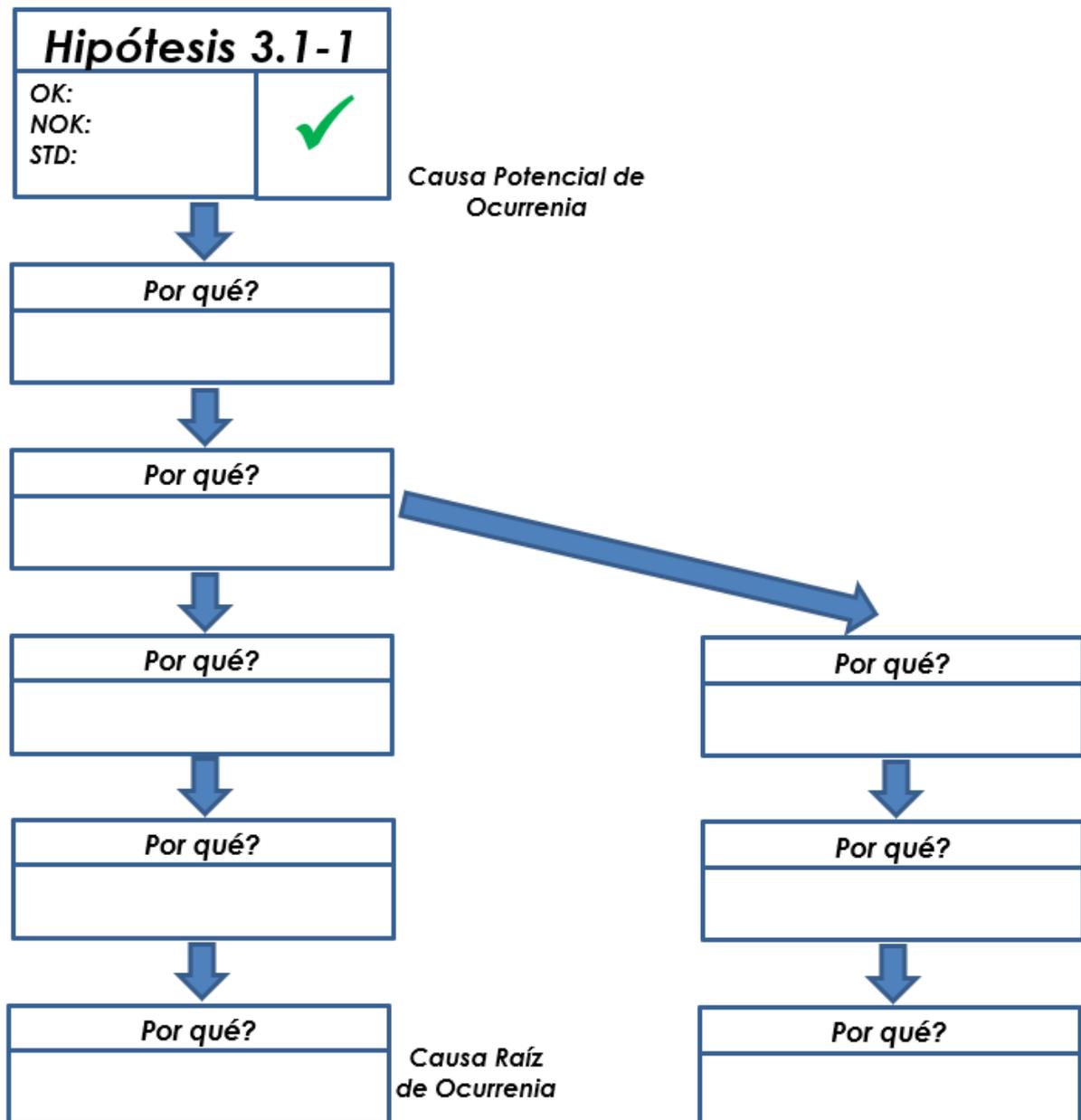


Ilustración 13. 5 Porqués y Causa Raíz.

Debemos de puntualizar que puede haber una o varias respuestas a cada una de las preguntas que se vayan formulando en el ejercicio de los 5 Por qué, de modo que, por consiguiente, puede haber una o varias causas raíz de ocurrencia si finalmente todas son validadas.

Un buen análisis, como ya sabemos, no queda solo en la definición de la Causa Raíz de Ocurrencia, si no que centra también su esfuerzo en definir cuál ha sido la Causa Raíz de No Detección por la cual, el problema no se ha detectado previamente a ser generado. Para ello, debemos de ser capaces de obtener, la Causa Raíz de No Detección a partir de los 5 por qué de la Causa de Ocurrencia, de modo contrario, no implementaríamos las acciones necesarias para que en un futuro esta causa raíz sea detectada con anterioridad:

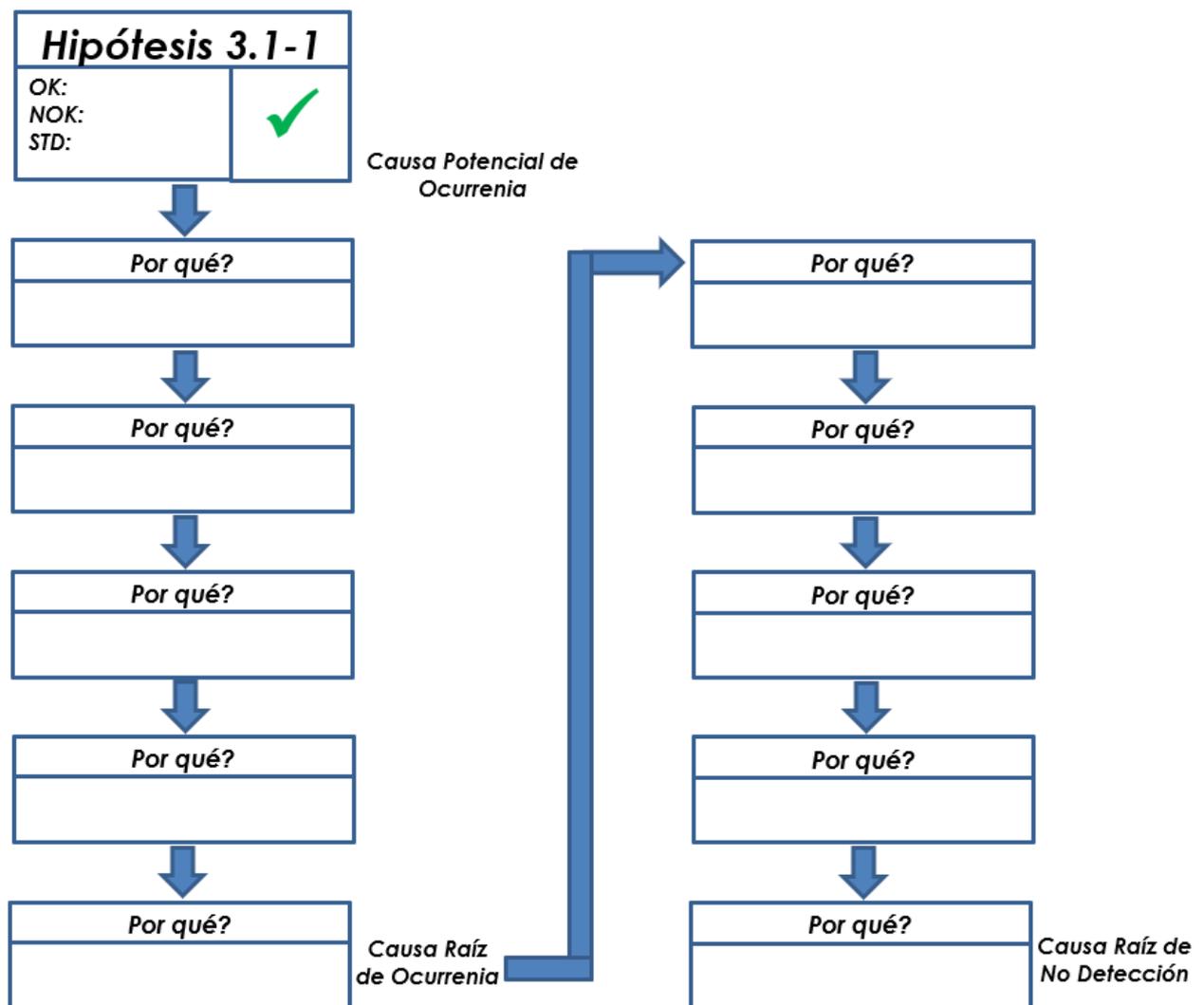


Ilustración 14. 5 Porqués de No Detección a partir de la Causa de Ocurrencia.

Procediendo de esta forma, Ilustración 14, llegaríamos a la Causa Raíz de No Detección a partir de la Causa de Ocurrencia, es decir, llegaríamos a definir por qué no se ha detectado la ocurrencia antes de que se diera. Esta metodología, obtener la una nueva causa de No

detección a partir de las causas de ocurrencia, no es una metodología que se haya incorporado en todas las empresas, ya que se trata de una mejora o, popularmente dicho, una “vuelta de tuerca” al análisis.

Así mismo, esta no es la única vía por la cual llegaríamos a la causa raíz de No Detección ya que existe la posibilidad de crear un nuevo Diagrama de Bloques a partir del cual obtengamos, con las Hipótesis de No Detección, la causa potencial de no detección y, tras realizar los 5 por qué, la causa raíz de No Detección. A mi entender, este segundo método volviendo a realizar un nuevo Diagrama, no se centra en atajar el problema por el cual se ha creado el defecto, si no que realiza un análisis más superficial de lo que serían las causas de No Detección y, por lo tanto, las acciones que se definirán podrán evitar el problema, pero no lo erradicarán desde su causa raíz, con los consiguientes perjuicios que se pudieran dar a nivel de costes, no calidad, eficiencia, etc.

d. Histogramas y seguimiento de acciones

El Ciclo PDCA, en sus siglas en inglés Plan-Do-Check-Act, consiste en definir y realizar una serie de acciones las cuales deben de verificar su efectividad para, en caso de que no hubieran sido robustas, actuar inmediatamente para corregirlas. Este Ciclo, también llamado Ciclo de Deming, se trata de una metodología que tiene como objetivo la gestión de forma constante de los procesos, lo cual nos permite, además verificar la efectividad de las acciones implementadas para solucionar un problema, gestionar la convergencia del problema y evaluar la robustez de cada una de las acciones.

La “C”, referente al Check, puede ser evaluada mediante la utilización de Histogramas para el seguimiento de las acciones. Los histogramas, representan a través de una línea temporal, la evolución de la incidencia de un problema el cual se está siguiendo, mediante el cual se pueden valorar si las acciones son efectivas o no a través de unos KPI (Key Performance Indicator) definidos para el seguimiento. En el sector industrial, el seguimiento que se le hace a los histogramas debe realizarse no desde la fecha de detección del problema, si no desde la fecha de creación de este. De lo contrario, tendríamos una visión distorsionada, tanto de la incidencia como de la eficacia de las acciones realizadas.

Como vemos en la Ilustración 15, el Histograma representa la incidencia de un problema en dos puntos diferentes de Control, uno sería el Cliente y el otro el control interno. Vemos que, como dijimos anteriormente, la fecha de detección del problema no coincide con la de manufactura y, por lo tanto, tenemos una población potencialmente afectada, desde la fecha de detección hacia atrás. Como vemos, todos esos casos son detectados por el control en las instalaciones del Cliente, por lo que podemos considerar el control como efectivo. Sin embargo, si vamos a la segunda gráfica, vemos que tras la fecha de las acciones de contención el Punto de Control no son efectivas ya que se siguen detectando piezas NOK, sin embargo, vemos que una vez implementadas las acciones de corrección, no se vuelve a detectar ningún caso en adelante. Con esta valoración podemos concluir que, las acciones de protección fueron eficaces desde que se implementaron ya que no dejaron pasar ningún caso al Cliente final, sin embargo, las acciones de contención no fueron lo suficientemente robustas como para dejar de detectar casos tras su aplicación.

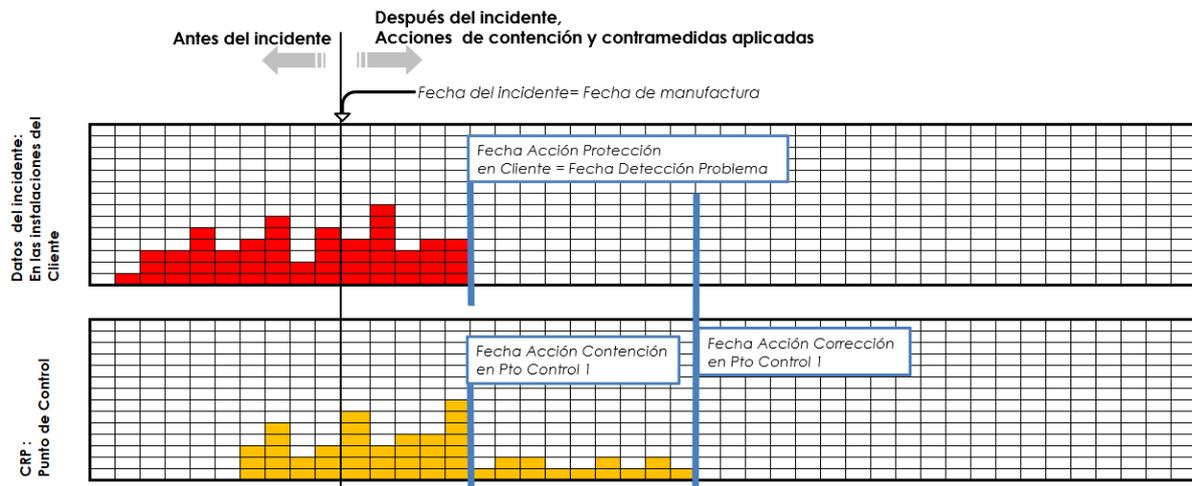


Ilustración 15. Histograma de ocurrencia del problema según el punto de control.

Se hace por lo tanto imprescindible hacer un seguimiento graficado de todos los eventos y cambios que se puedan dar para ayudar a realizar el análisis y confirmar la eficacia de las acciones. Así mismo, es básico considerar ciertos aspectos que puedan haberse dado antes de incidente:

- Incidentes específicos relacionados con el producto (modos degradado, paradas de línea...)
- Cambios en el producto o en el proceso
- Problemas sociales

Por lo tanto, una vez definidas las acciones correctivas, el seguimiento de la efectividad debe realizarse a partir de los KPI obtenidos, de forma que se evaluará la efectividad de las acciones como robustas cuando tras la implementación de estas, la incidencia desaparezca.

Sin embargo, existen otro tipo de histogramas que son ampliamente utilizados para realizar seguimientos, evoluciones y medir indicadores. En el sector industrial, y más concretamente en el sector de la automoción donde llevo trabajando ya desde hace casi 10 años, la evolución y los Planes de Convergencia se basan en el análisis de este tipo de histogramas. Incluso, se pueden llegar a prever ciertos indicadores si se lleva un correcto control de la incidencia. La Ilustración 16 representa un caso real del monitoreo realizado para la convergencia, en este caso, de las reclamaciones de garantía de un cierto perímetro:

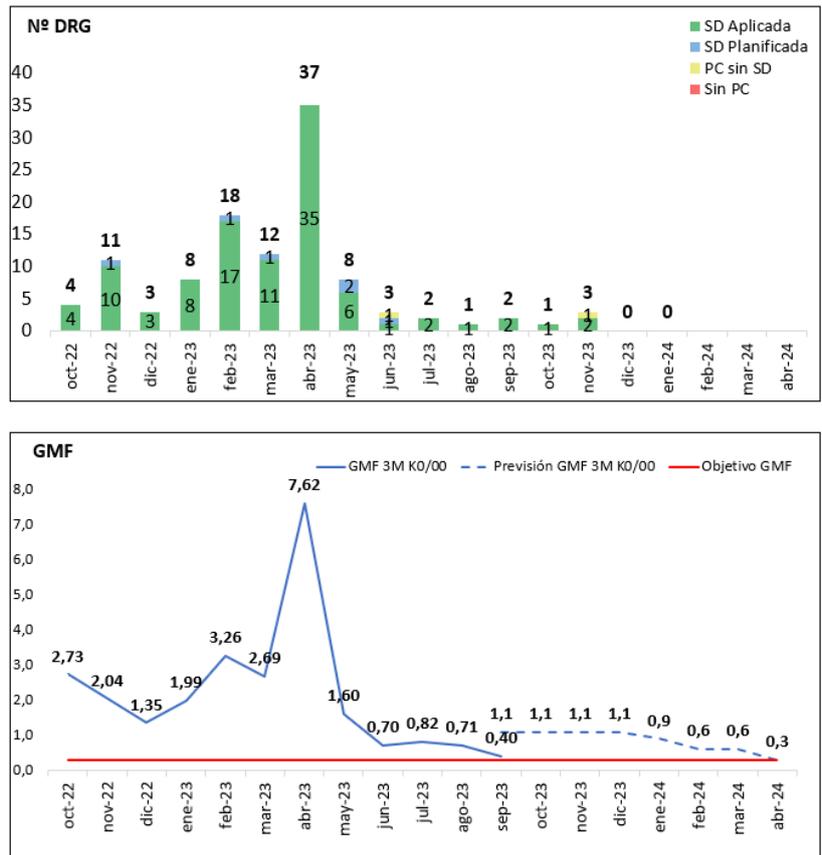


Ilustración 16. Convergencia, seguimiento y previsión de incidencias.

Como podemos ver, el primer histograma representa los casos reales declarados y su evolución en el tiempo, todos ellos identificados y en correspondencia con las acciones implementadas para su erradicación según la leyenda. Como básico, no deberían aparecer modos de fallo o incidencias sin una protección cliente pasadas 24 horas de su puesta en conocimiento, teniendo por lo tanto que estar todas, al menos, protegidas, es decir, con acciones de que eviten que el efecto cliente sea percibido.

En toda empresa, se utilizan diversos tipos de indicadores que nos permiten monitorizar e identificar, a partir de cierta información, la evolución de aspectos que la empresa han considerado claves para la viabilidad o mejora de la misma. Actualmente, los indicadores son un dato clave para todas las empresas ya que les permite a sus gestores de forma rápida y fácil conocer si se están produciendo desviaciones y, por consiguiente, actuar para que los resultados y objetivos marcados no se vean perjudicados. En este caso, lo que se representa es la incidencia por número de piezas fabricadas en casos por cada mil:

$$\text{Indicador} = \frac{\text{Número de casos}}{\text{Número de piezas}} \times 1.000$$

En el caso del segundo histograma de la Ilustración 16, la publicación del resultado se hace un con un retraso de 6 meses de cara a consolidar los resultados, pero como vemos,

la previa evaluación y seguimiento de los casos, nos permite poder obtener un provisional y conocer si nos desviaremos de la trayectoria marcada o no.

3.3.5. Confirmación de la Causa raíz

La verificación de la Causa Raíz no es una de las etapas de la metodología 8D, sin embargo, bien merece un apartado ya que, en caso de que erremos en la definición de la causa raíz, el trabajo realizado a posteriori será en vano.

No existe un método o una herramienta de calidad para verificar o confirmar la causa raíz de un problema más allá que el seguimiento y confirmación de las acciones mediante los histogramas que hemos visto en el apartado anterior, sin embargo, ciertas empresas tratan de verificar y comprobar que han llegado a la verdadera causa raíz a partir de una serie de comprobaciones y preguntas haciendo un análisis de su propio estándar, de cuál es la situación real y cuáles han sido las acciones de investigación, desde el punto de vista Técnico, para corroborar que la causa raíz potencial del problema ha sido confirmada.

En la siguiente Ilustración 17, vemos un ejemplo de cómo llevar a cabo esta verificación:

Causa Raíz	Causa raíz potencial		Punto de control	STD ?	Estándar	Situación real		STD vs OK?	Plan de Investigación para validar / eliminar una Causa Raíz Potencial - Punto de vista Técnico				Validada?
	Nº	Causa raíz potencial del diagrama de bloques	Cómo medir / caracterizar la Causa Raíz Potencial	SI (O) NO (X)	¿Cuál es el criterio OK del estándar existente?	NOK (Datos)	OK (Datos)	OK (O) NOK (X)	Acciones de Investigación	Resp.	¿Se Resolvió?	Resultado	
Causa Raíz													SI
													No
Causa Raíz													SI
													No

Ilustración 17. Confirmación Causa Raíz.

Como he comentado anteriormente, no existe una herramienta de Calidad estandarizada para validar las causas raíz, sin embargo, esta es la que, en mi opinión, me ha parecido la más adecuada para certificar la misma. A continuación veremos en qué consiste y cómo aplicarla:

1. En primer lugar, del diagrama de bloques realizado previamente, obtendremos las diferentes causas raíces potenciales y las cuales vamos a verificar.
2. Para poder caracterizar o medir esas causas, debemos identificar, en un punto de control, un método con el cual verifiquemos la incidencia de la causa. Es decir, Por volver al primer ejemplo que se ha puesto en capítulos anteriores, en el que un cliente tenía problemas en la línea porque no podía leer las etiquetas de un componente (efecto cliente) debido a que las etiquetas estaban movidas de su ubicación definida (causa raíz potencial), debemos tener un punto de control anterior al cliente en el cual verifiquemos que el problema es que las etiquetas están desplazadas de la ubicación definida.

3. En tercer lugar, se debe comprobar si existe o no un estándar o definición por el cual la causa raíz esté caracterizada o no.
4. En el caso de que exista, cuál es el criterio que debería cumplir. En nuestro ejemplo, deberíamos comprobar si existe una definición técnica, nominal y tolerancias, de la ubicación de la etiqueta sobre la pieza.
5. Una comparación OK/NOK de la situación, nos va a permitir conocer en el siguiente paso si, en el caso de que exista definición o estándar, es lo suficientemente robusto para evitar generar el problema o no.
6. Por lo tanto, si la definición técnica permite la generación del problema, debemos poner en duda esa definición técnica.

Todos estos pasos, previos a la investigación técnica, podemos procedimentarlos mediante el sinóptico de la Ilustración 18 el cual nos facilitará la toma en consideración de todas las preguntas preliminares:

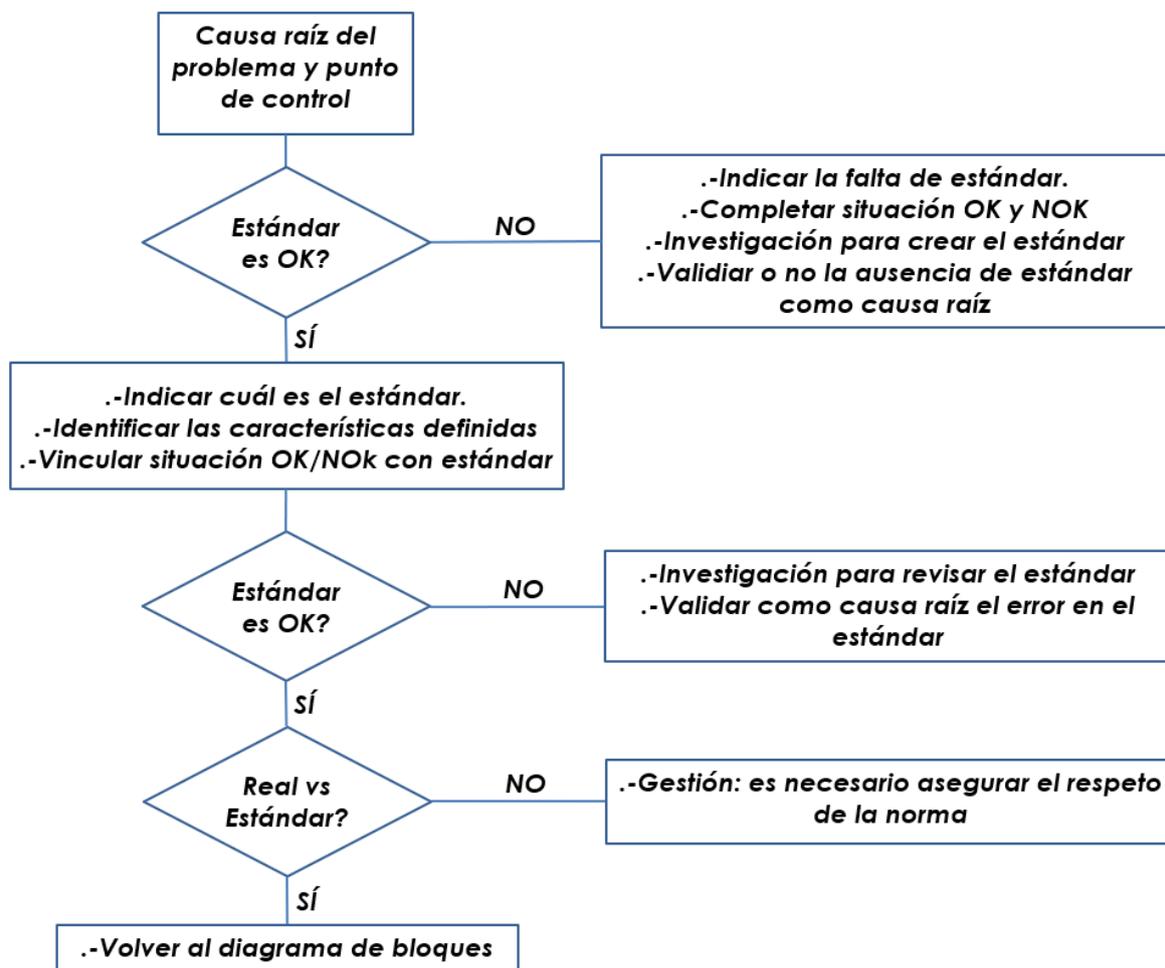


Ilustración 18. Sinóptico de análisis.

Una vez realizadas todas estas investigaciones preliminares, podemos pasar a caracterizar las investigaciones técnicas del problema que nos permitan analizar de forma rápida si estas son robustas o no.

7. Las acciones de investigación deben de estar encaminadas a la resolución del problema tras el análisis previo de la situación (puntos 1 a 6), analizando los resultados con las evidencias de las pruebas realizadas podremos confirmar la causa raíz o no. Otro de los puntos clave en la investigación será la posibilidad de reproducir el defecto o el problema y en qué circunstancias, de forma que confirmemos si se puede dar o no.

3.4. Etapas 5-6: Definición del Plan de Acción

Una vez se han completado las etapas iniciales de contención y análisis es necesario que el equipo de trabajo comience a trabajar en la generación del Plan de Acción. Antes de llegar a esta etapa, es crucial que el análisis del problema sea concluyente, de lo contrario las acciones que se implementarán no estarán enfocadas a erradicar directamente la causa raíz del problema. De forma que, implementar acciones en ámbitos o procesos los cuales no son exactamente los causantes del problema hará que, muy probablemente, exista una recurrencia del problema.

En estas etapas, aparecerán otras herramientas que nos permitirán que el Plan de Acción y su verificación sea robusto, por lo que nos podremos apoyar en **el ciclo PDCA** (Plan-Do-Check-Act) o **Ciclo de Deming**. Esta metodología, ideada por William Edwards Deming considerado padre de la Revolución de la Calidad, se trata de una parte de la metodología para la resolución de problemas en las empresas que se compone de los cuatro puntos básicos de cada una de las siglas que le dan nombre:

- **Planificar (Plan):** en nuestro caso para la resolución de problemas, se han de planificar las acciones correctivas a implementar en el proceso o producto para evitar que el problema vuelva a generarse. De forma que se establecen unos objetivos de mejora ya sea de proceso o de producto, los cuales, el equipo de trabajo generado para la aplicación de la metodología 8D, debe obtener.
- **Hacer (Do):** una vez el equipo de trabajo ha acordado qué es lo que se debe de hacer para solucionar el problema, es la hora de llevarlo a la práctica, es decir, implementar las mejoras a través de una serie de actividades planificadas y con un responsable definido. Es importante que todas las actividades tengan una planificación y un responsable ya que, de esa forma, el piloto de la acción podrá perseguir y mover a la organización para que los objetivos en cuanto a plazo se respeten.
- **Verificar (Check):** una vez implementadas las acciones o mejoras, la verificación se debe de hacer, como hemos comentado en apartados anteriores, a partir de la toma en cuenta de los datos de control de los que contamos, es decir, apoyándonos de histogramas, parámetros de máquina, indicadores, etc. Como vemos, en este punto es crucial el haber definido unos objetivos, de cara a comparar si, tras las acciones implementadas se han conseguido o no. En caso de que no se hayan conseguido, se debe de hacer una revisión las acciones tomadas

para poder implementar nuevas acciones o verificar si la causa raíz sobre la que estamos actuando es efectivamente la causante del problema o no.

- **Actuar (Act):** Al comprobar los resultados antes y después de la mejora, vamos a ser capaces de definir si es necesario aplicar nuevas mejoras y, por lo tanto, volver a punto uno del ciclo.

Como vemos, a esta metodología se le da el nombre de Ciclo PDCA ya que nos permite volver al primer paso siempre y cuando los objetivos definidos no sean los esperados o, siempre y cuando, aun alcanzando los objetivos esperados, la organización defina que existe margen de mejora.

Hoy en día, el Ciclo de Deming o PDCA, es una de las metodologías más utilizadas en las empresas de cara a aplicar la mejora continua, no solo en calidad si no también en los procesos de producción, mantenimiento, logística, etc. Lo cual ha hecho que haya sido también incorporada en las normas ISO como una herramienta clave para las empresas. La implementación de este método en las diferentes organizaciones ha supuesto una gran mejora de la competitividad y productividad, con la consiguiente reducción de costes y por lo tanto aumento de la rentabilidad.

Por lo tanto y cómo podemos intuir, la etapa 5, definir las acciones correctivas, y la etapa 6, verificación de la eficacia de las acciones, de la metodología 8D se van a basar en la aplicación del Ciclo PDCA.

3.4.1. Etapa 5: Definir acciones correctivas.

Como hemos venido comentando, las acciones correctivas serán las acciones, no ya que evitan el efecto cliente, si no las acciones que van a evitar la creación o generación de la causa raíz, es decir, son acciones encaminadas al No Producir el problema. Como veíamos en el ciclo de Deming, esta etapa cinco consistirá en planificar las actividades a realizar, las cuales deben de estar al menos decididas en función de los plazos requeridos por el Cliente o, en caso de un problema identificado dentro de la organización, en los plazos definidos por la misma. A modo general, una vez realizadas las etapas de la uno a la cuatro de la dinámica 8D, se suele dar un plazo de 10 días para elaborar el plan de acción a implementar. En estos 10 días, el equipo de trabajo deberá ser capaz de:

- Definir las acciones a implementar para evitar las diferentes causas raíz tanto de ocurrencia como de detección que hayamos obtenido del análisis anterior.
- Comprobar la factibilidad de las acciones a implementar.
- Verificar la efectividad de estas, lo cual veremos en el siguiente apartado.
- Identificar los responsables de cada una de las actividades a realizar y el plazo de implementación.

Como norma general, toda causa raíz identificada debe tener una acción definida, priorizando las cuales, en el diagrama de Pareto, resultan ser las causas más penalizantes ante el problema.

Plan de Acciones correctivas					
Causa raíz validada N°	Acciones TÉCNICAS	Resp.	Plazo / Realizado	¿Efectiva? (S/N)	¿Nuevo riesgo detectado? (S/N)

Ilustración 19. Listado Plan de Acciones.

El Plan de Acciones por definir (Ilustración 19), debe constar de acciones encaminadas a erradicar cada una de las causas raíz de ocurrencia y de no detección. Como analizamos en el apartado 3.3.4-c, cuando se exponía la metodología de los 5 Por qué's, pueden existir diferentes causas raíz por lo que, en la tabla de seguimiento de acciones, deberemos identificar, al menos, tantas acciones como causas raíz hayamos obtenido del análisis de cada uno de los 5 por qué's.

Por otro lado, se hace indispensable que todas las acciones estén validadas por la dirección de la organización ya que, todas y cada una de ellas tendrán un coste asociado, un impacto en la carga de trabajo o un desarrollo determinado.

3.4.2. Verificar la eficacia de las acciones

Tras la implementación de las acciones técnicas, que al igual que el resto de las etapas tendrán que estar finalizadas antes de los plazos estipulados, normalmente en torno a sesenta días, comenzaría la etapa de seguimiento de la eficacia de las acciones. De forma general, si se ha realizado un correcto análisis de todas las causas raíz el problema, la incidencia de este tras las acciones debería erradicarse por completo, de lo contrario la incidencia estará presente en mayor o menor medida.

Como vimos en el apartado 3.3.4-d, el histograma es una de las herramientas clave para la verificación de la efectividad de las acciones, sin embargo, existen muchas otras que en función de qué parámetro o característica se esté siguiendo, nos permite verificar la efectividad de las acciones. Existen por lo tanto, herramientas como los Diagramas de Pareto, el seguimiento mediante el control estadístico de procesos (SPC), las paradas de línea, etc. Toda esta eficacia, como decíamos va a depender de que el indicador el cual estemos siguiendo, entre dentro de objetivo o no.

Así mismo, a la vez de valorar la eficacia de las acciones, e incluso en etapas anteriores, se debe evaluar los posibles nuevos riesgos que se puedan haber dado al haber implementado estas acciones. En ciertas ocasiones, implementar ciertas actividades, realizar cambios de proceso o producto, pueden derivar en nuevos riesgos que deben ser correctamente evaluados para evitar que, la solución de un problema lleve consigo la generación de otro nuevo que pudiera ser más perjudicial.

3.5. Etapas 7-8: Lecciones aprendidas y Capitalización

El equipo de trabajo llegar por lo tanto la última etapa de la metodología 8D, dónde todas las causas raíz han sido identificadas, la investigación ha llevado a implementar todo tipo de actividades y, por consiguiente, únicamente queda evaluar cual cuales han sido las Lecciones Aprendidas sobre el problema y definir las posibles capitalizaciones a realizar.

3.5.1. Prevenir la recurrencia

Uno de los aspectos más importantes de cara a la finalización del 8D, se trata de prevenir la recurrencia, es decir, que el problema no vuelva a darse. Para evitar la recurrencia es necesario que todas las actividades realizadas en la aplicación del 8D sean tomadas en consideración de forma que, ya sea tanto una actualización de un estándar de trabajo como una implementación de un nuevo medio de control, deben quedar correctamente definidos en la documentación de la organización.

El piloto del problema debe garantizar que toda esta documentación está actualizada y ha sido revisada conforme a las actividades implementadas. Como parte de esta documentación tendremos que valorar la actualización tanto de documentación de procesos como de producto, en el caso de que se haya dado, como procedimientos... la documentación revisar y actualizar en caso necesario será:

- AMDEC o FMEA: se trata del Análisis Modal de Fallos y Efectos. Toda organización debe contar con este análisis, el cual, no es un documento que deba realizarse en la fase proyecto y quede inamovible, si no que, este documento debe ser revisado periódicamente por la organización, más aún si existe un cambio respecto al estado definido. Cualquier cambio conllevará un nuevo análisis de riesgos mediante el cual se definirán las acciones a implementar.
- Plano / Datos CAD: la actualización de planos ha de darse siempre y cuando se haya acordado con el Cliente la modificación del producto o de los requisitos.
- Plan de control: este documento debe ser revisado, al igual que el FMEA, de forma periódica y actualizado siempre y cuando exista una incidencia o reclamación del cliente. El Plan de Control es el documento que recoge y define todos los controles tanto de producto como de proceso que han de realizarse durante toda la vida serie de un producto y en el cual, se incluirá qué se controla, cómo, quién debe hacerlo con qué frecuencia y qué hacer en caso de que se detecte una no conformidad.
- Diagrama de flujo del proceso
- Hoja de instrucciones internas / Descripción del trabajo
- Seguimiento de proveedores de rango N

Como vemos, toda la actualización de esta documentación nos va a servir para poder capitalizar las acciones a otros productos y procesos. La capitalización consiste en analizar cuáles han sido las actividades implementadas en un cierto producto o proceso, y por tanto si pueden transversalizarse a otro el cual pudiera estar potencialmente afectado por el mismo problema. De esta forma, la capitalización nos ayudaría a prevenir en otros productos y procesos los problemas ya acaecidos con anterioridad.

Acción	Resp.	Deadl. / Realizado
Instrucciones de trabajo (Especificaciones, planos, procedimientos, ...)		
AMDEC / Risk Assessment		
Plan de Control		
Implementación de las acciones técnicas		
Lecciones aprendidas		

Ilustración 20. Documentación a revisar.

La capitalización de problemas es un hecho importante y para tener en cuenta a la hora de definir nuevos procesos o productos ya que todo el conocimiento anterior nos va a ayudar a poder prevenir problemas futuros, los cuales pueden ser atajados desde el inicio.

3.5.2. Reconocer al equipo

Finalizar con éxito la resolución de un problema bajo la metodología 8D puede llegar a ser extremadamente tedioso para los componentes del equipo de trabajo, sin embargo, el esfuerzo debe ser reconocido por la organización, más aún si se ha finalizado y se ha conseguido el fin último que es solventar el problema y evitar la recurrencia. Como ingenieros, no debemos olvidarnos nunca que por muy técnicos que podamos llegar a ser, el trabajo en equipo es indispensable para obtener los objetivos, tanto grupales de la organización como personales. Es importante reconocer la labor de todos y cada uno de los miembros del equipo de trabajo que, dentro de su ámbito de conocimiento, ya sea de forma operacional, técnica, de seguridad, etc, han aportado para conseguir concluir con la metodología.

3.6. Auditorías Cliente 8D.

Siguiendo las normativas ISO e IATF, las empresas certificadas bajo estas normas deben de tener implementado un sistema de auditorías a sus proveedores las cuales deben englobar también, las auditorías 8D:

“8.4.2.5 Desarrollo del proveedor: *La organización determinará la prioridad, tipo, alcance y plazo de las acciones requeridas de desarrollo de proveedores, pasar sus proveedores activos. Los datos de entrada para determinar dichas acciones contemplarán, aunque no de forma limitada, lo siguiente:*

- a) *problemas de desempeño detectados en seguimiento del proveedor*
- b) *resultados de auditoría*
- c) *estado de certificación del sistema de calidad*
- d) *análisis de riesgos*

La organización debe implementar las acciones que sean necesarias para resolver los problemas de desempeño abiertos (insatisfactorios) y para detectar oportunidades de mejora.”

En el sector de la automoción, las OEM's realizan auditorías a sus proveedores en función de los criterios establecidos por las mismas. Estas auditorías son de gran importancia de cara a visualizar y evidenciar al Cliente cuales han sido las mejoras realizadas en el proceso y producto, así como, dar una explicación del porqué de esas acciones.

4. Escuela Lean

Uno de los objetivos del presente Trabajo Fin de Máster es tratar de explicar mediante la aplicación en un caso práctico la metodología de resolución de problemas en la Escuela Lean que, la Universidad de Valladolid tiene incorporada desde hace años en las instalaciones de la universidad, actualmente ubicada en la Escuela de Ingenierías Industriales del Paseo del Cauce. Para ello, comenzaremos comprendiendo qué es la Escuela Lean, cuáles son sus actividades y objetivos, y cómo podemos aplicar la resolución de problemas al proceso y producto con el cual realizan los casos prácticos en sus instalaciones.

4.1. Learn by doing

Antes de comenzar en la exposición de qué es y de qué se compone la Escuela Lean, tenemos que entender cuál es el concepto en el que se basa. El “Learn by doing”, en su traducción al castellano “aprender haciendo”, es una técnica de aprendizaje por la cual las personas o animales adquieren conocimientos y/o conceptos realizando actividades, en las cuales se tomen experiencias, se comentan errores y se razone de forma práctica cómo resolverlo (Learning by Doing: A Handbook for Professional Learning Communities at Work, Tercera Ed).

El principal exponente de esta técnica de aprendizaje es el investigador estadounidense Cody Blair, el cual, a través de su pirámide de aprendizaje, expone el porcentaje o nivel de aprendizaje que una persona es capaz de llegar a obtener a partir del tipo de enseñanza que se le da al alumnado. De modo que, mediante una actividad pura en la que decidimos y hacemos, como sería el caso de las actividades realizadas en la escuela Lean, obtendríamos un porcentaje de aprendizaje, comprensión y/o memorización de cerca del 90%. Sin embargo, mediante un tipo de aprendizaje pasivo, como puede ser una lectura o una actividad verbal como, por ejemplo, una exposición teórica, la capacidad de recordar o interiorizar el texto leído o la explicación dada por la persona encargada de dar la exposición, se traduce en una retención de, tan sólo, entre el 10% y el 20% de los conceptos expuestos.

Este hecho, debería llevarnos a reflexionar el tipo de aprendizaje que se debería de llevar a cabo en los diferentes centros formativos, principalmente, los públicos, en los que gran parte de las horas lectivas se emplean en la exposición de las llamadas clases magistrales, que como podemos ver en la Ilustración 21, suponen una fijación de conocimientos para el alumnado de entre el 10% y el 20%, mientras que los centros privados, aportan un mayor porcentaje de horas lectivas a la generación de dinámicas de trabajo.



Ilustración 21. Pirámide de aprendizaje de Cody Blair. Fuente: Vidal (2007)

Por lo tanto, y como podemos ver en la Ilustración anterior haciendo referencia a la pirámide de aprendizaje desarrollada por Cody Blair, los conocimientos, o mejor dicho, el método de aprendizaje por el que ha optado la Escuela Lean, se situaría en el eslabón inferior como una actividad pura, por la cual se experimentan situaciones reales, con problemáticas reales y, por la cual, la fijación de conocimientos se fija en torno al 90%.

4.2. ¿Qué es la Escuela Lean?

La Escuela Lean se basa en el concepto formativo de aprender haciendo, es decir, que el alumno o alumna adquiera los conocimientos teóricos a partir de la aplicación de estos, en este caso, recreando un entorno productivo mediante un proceso de fabricación de unos determinados productos para los cuales se deberán de aplicar las diferentes técnicas utilizadas en la cultura Lean Manufacturing. Esta Escuela Lean se creó en enero de 2014, de la mano del Departamento de Organización de Empresas de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid y, por aquel entonces, con la colaboración de Renault-Nissan Consulting.

Los objetivos de la Escuela Lean se basan en la formación de profesionales, no solo alumnos de la Universidad, si no también profesionales en activo a partir de los siguientes propósitos principales (Presentación Escuela Lean curso 2023/24):

- *Aumentar la productividad través de la mejora de los flujos de producción.*
- *Realizar el diagnóstico del Sistema Industrial vía los flujos e identificar el despilfarro.*

- *Poner en práctica las principales palancas de un sistema industrial pilotado por los flujos.*
- *Aprender a organizar de forma eficiente los factores fundamentales del subsistema real de la empresa materiales, medios de fabricación, método de trabajo y recursos humanos.*
- *Gestionar la puesta en práctica de las acciones que contribuyen a disminuir los stocks y así contribuir al aumento del free cash Flow.*

Como vemos, todos estos objetivos están encaminados a la mejora de la operacional, lo cual se consigue mediante la aplicación de la metodología Lean y el análisis de la producción y los despilfarros. Sin embargo, sin entrar en detalle de todos los despilfarros que son analizados y, tras las diferentes sesiones, subsanados, existen otro tipo de ineficiencias que no pueden ser atacadas desde el punto de vista de la mejora operacional de la producción. Esos problemas, ineficiencias o despilfarros que no están ligados directamente a la operacionalidad, como pueden ser los de Calidad, son los que intentaremos atajar con la aplicación de la metodología 8D de resolución de problemas.

Para ello, y con la intención de ofrecer un correcto aprendizaje a todas aquellas personas que pasan por la Escuela Lean, esta cuenta con toda cantidad de medios, técnicos y pedagógicos para llevar a cabo la práctica a realizar. Esta práctica, en función del programa ofertado, consiste en la aplicación de los conceptos aprendidos (conceptos Lean) para fabricar un producto concreto bajo unos requisitos establecidos, no solo de producción, sino que también de calidad. Para ello, y de cara a observar la mejora y evolución en cada una de las consiguientes prácticas, los alumnos deberán de realizar modificaciones en el proceso de cara a optimizar el mismo y reducir cualquier tipo de incidencia que se pudiera dar en el desarrollo de la producción.

Actualmente, en la Escuela Lean se puede realizar la producción de dos tipos de productos:

- prototipos de vehículos con sus diferentes versiones:
 - Monovolumen:



Ilustración 22. Modelo monovolumen producido en la Escuela Lean.

- Pick-Up:



Ilustración 23. Modelo de Pick-Up Producido en la Escuela Lean.

- Solectrón, sobre el cual, en los siguientes capítulos, aplicaremos la metodología 8D para resolver problemas de Calidad.



Ilustración 24. Solectrón producido en la Escuela Lean.

4.3. Escuela Lean: situación actual y distribución

En un primer momento, la Escuela Lean estuvo ubicada en la antigua sede de la Escuela de Ingenierías Industriales Francisco Mendizábal, sin embargo, con la ampliación de las instalaciones gracias remodelación de la antigua facultada de Ciencias, transformándola en el actual IndUVA, edificio el cual acoge las clases magistrales de los Grados, despachos y ciertos laboratorios, en el año 2022, la Escuela Lean pudo trasladarse a la primera planta de la sede del Paseo del Cauce con unas instalaciones renovadas.

La distribución actual de la Escuela Lean, Ilustración 25, cuenta con una zona de reunión de Equipo de trabajo de forma que se puedan exponer los conceptos previos al comienzo de la actividad, la zona de trabajo la cual varía en función de la didáctica a realizar y una zona de despachos.

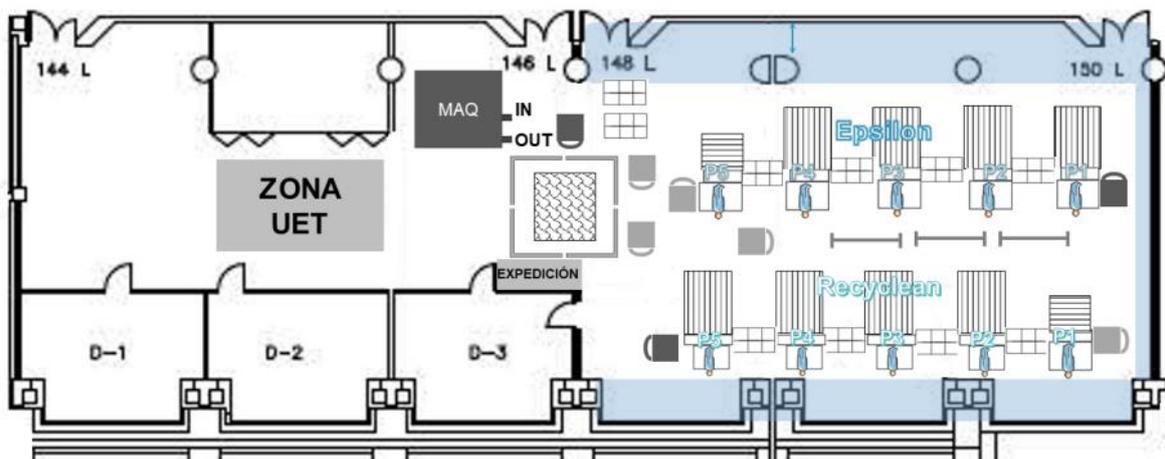


Ilustración 25. Distribución actual Escuela Lean. Empresa Epsilon.

Para el caso concreto de la producción del Solectrón, la didáctica, de cara a hacerlo lo más real posible, se ha dividido en dos empresas.

Por una parte, tendremos la empresa encargada de la fabricación, Epsilon, montaje de los solectrones, producto el cual se va a fabricar, y, por otra parte, la empresa de reciclaje de los solectrones los cuales llegan tras su uso por parte del Cliente final, Recyc'Lean. Existen otro tipo de procesos intermedios, refiriéndonos como flujos intermedios a los procesos de Mecanizado, Almacén y lavado, Recepción de Materiales a reciclar, los cuales son indispensables para el funcionamiento del proceso completo y que no pueden ser eliminados. Por lo tanto, tendremos:

- Mecanizado (proceso supuesto) de las bases de los solectrones, a partir del cual se suministran piezas a la línea de montaje
- Montaje, proceso realizado por la empresa Epsilon Manufacturing, con 5 puestos de montaje y calidad.
- Expedición a Cliente según las peticiones.
- Recepción de materiales a reciclar

- Reciclaje, proceso de desmontaje de los solectrones en el cual se tienen que expedir las diferentes piezas a sus correspondientes puntos del proceso.
 - En el caso de los sectores se expedirán al proceso de Lavado y posterior Almacén, de donde posteriormente se suministrará la materia prima a la línea de montaje.
 - En el caso de las bases, se expedirán a la máquina de mecanizado para que se realice el proceso mismo.

El flujo y esquema global del proceso completo se muestra en la Ilustración 26:

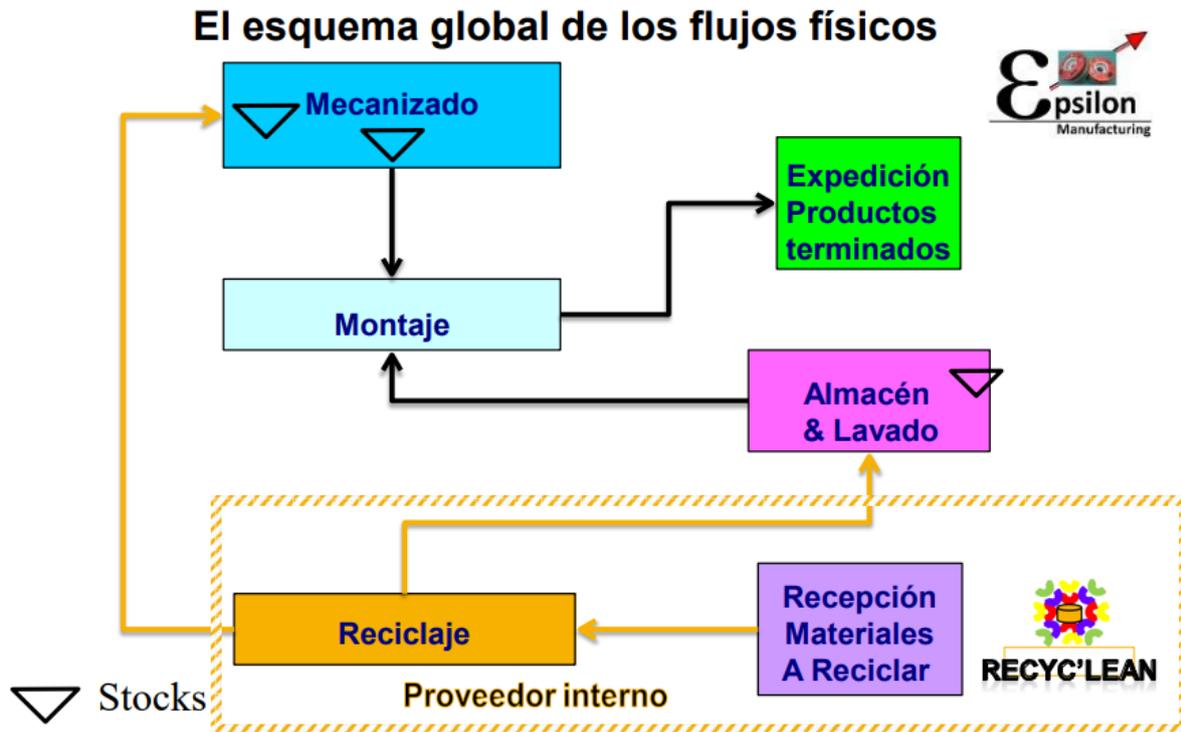


Ilustración 26. Esquema global de flujos logísticos. Fuente: Presentación Escuela Lean 23/24.

Así mismo, los flujos logísticos son realizados por un equipo Logístico que se encarga, tanto de retirar los sectores desmontados del proceso correspondiente a Recyc'Lean, como de suministrar los mismos a la empresa Epsilon para su utilización, previo paso por los procesos correspondientes anteriormente indicados.

4.3.1. Epsilon: Proceso de fabricación

Como veníamos diciendo, Epsilon será la empresa encargada del ensamblaje del solectrón. En su situación inicial, sin haber realizado ninguna mejora o modificación de proceso, el proceso de montaje, que más adelante detallaremos, cuenta con 5 puestos de montaje, en el que, del primero al cuarto, se van montando cada una de los niveles correspondientes, siendo el quinto puesto el de control de calidad y expedición, como podemos ver en la Ilustración 27:

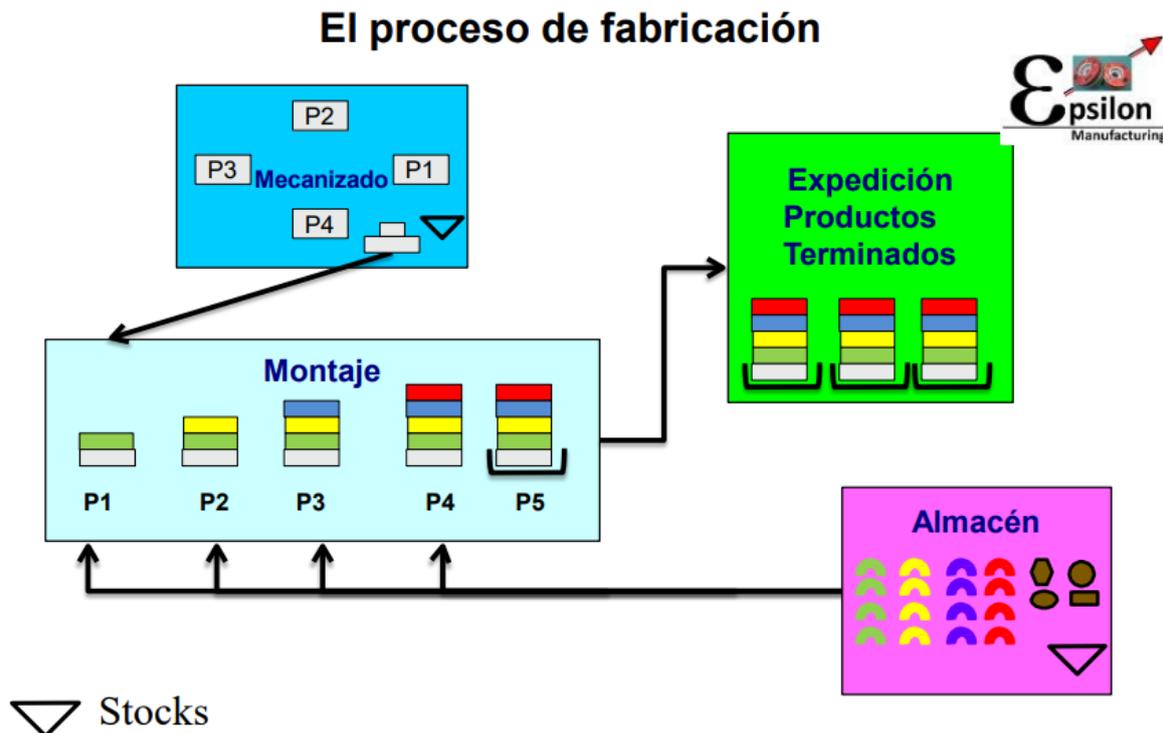


Ilustración 27. Esquema proceso de Fabricación. Epsilon.. Fuente: Presentación Escuela Lean 23/24.

En función de las producciones, del equipo de trabajo y de los problemas que puedan llegarse a dar, este flujo de fabricación podría llegar a cambiar, principalmente en el proceso de montaje en el caso de que el equipo decidiera variar la metodología o la combinación de tareas, o incluso el tipo de packs de sectores a enviar al almacén. Para ello, deberá de haber un acuerdo entre ambas empresas de cara a evitar problemas de fabricación por la confusión de piezas ya sea en el proceso de desmontaje al introducirlas en los packs como en el proceso de montaje al proveerse de los sectores.

Será en el proceso de montaje en el cual haremos más hincapié ya que, será, a primera vista, el proceso en el cual se generen o no se detecten los problemas de calidad, sin embargo, veremos más adelante que, estos problemas de calidad pueden también tener origen en el proceso realizado por Recyc'Lean.

4.3.2. Recyc'Lean: Proceso de desmontaje

El proceso de desmontaje (Ilustración 28) de los solectrones es realizado por la empresa Epsilon, que, tras su recepción, comienza el proceso desmontando nivel a nivel a nivel los sectores hasta dejar libre la base de este.

Los sectores son introducidos en los packs de materia prima que deberán de pasar por el proceso, ficticio y obligatorio de Lavado, y tras ello, almacenaje. Por su parte, las bases completamente independientes, pasan a la máquina de mecanizado que llegará de forma directa a la empresa Epsilon para su utilización en el montaje.

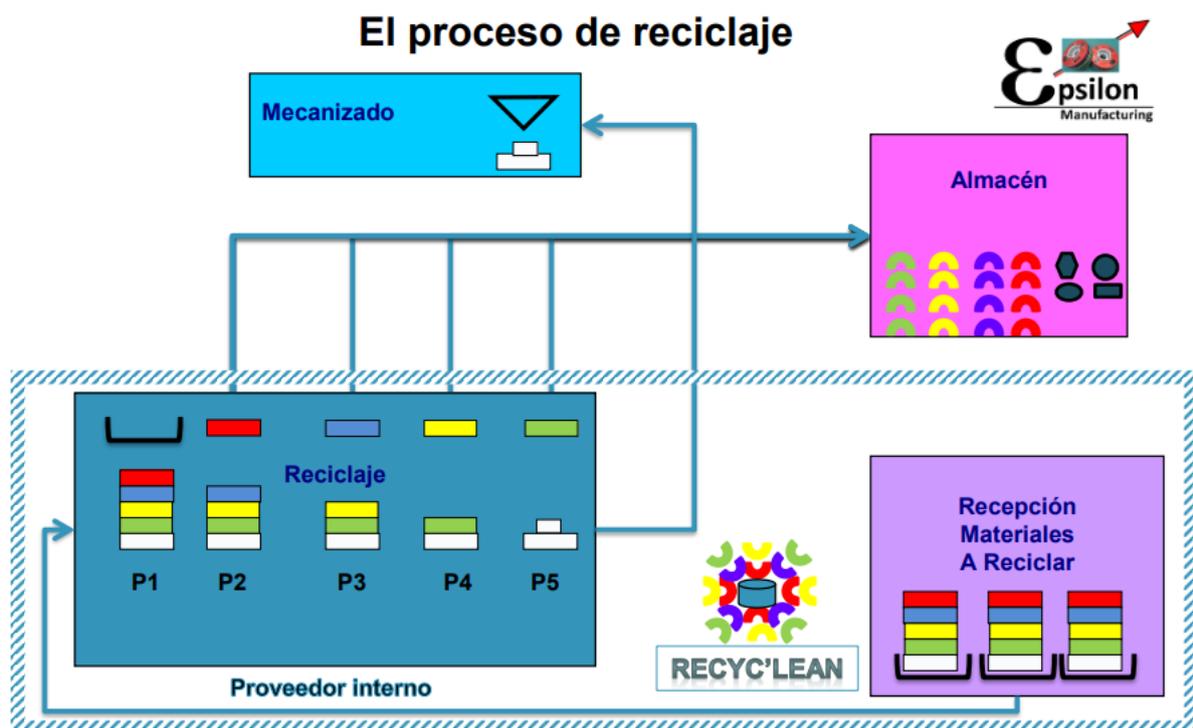


Ilustración 28. Esquema proceso de Reciclaje. Recyc'Lean. Fuente: Presentación Escuela Lean 23/24.

De forma general, el proceso de reciclaje es más esbelto que el proceso de fabricación, sin embargo, es importante definir correctamente las pautas a seguir para evitar que cualquier tipo de incidencia o error penalice, ya no sólo al puesto siguiente, sino también proceso de montaje, evitando, por lo tanto, flujos logísticos tensos y/o con piezas confundidas.

4.4. Solectrón: producto y producción

Antes de comenzar con la aplicación de la metodología 8D, uno de los básicos para su aplicación es el conocimiento del producto y del proceso sobre el cual vamos a trabajar. El solectrón se trata de un producto mecanizado de aluminio que consta de cuarenta y nueve componentes:

- 1 base
- 8 sectores sin inserto
- 16 tornillos de ensamblaje
- 8 sectores con inserto y tornillo prisionero
- 8 insertos, 2 de cada uno de los cuatro tipos diferentes (ovalado, redondo, rectangular y hexagonal)

Podemos ver la descomposición de la pieza en la Ilustración 29:

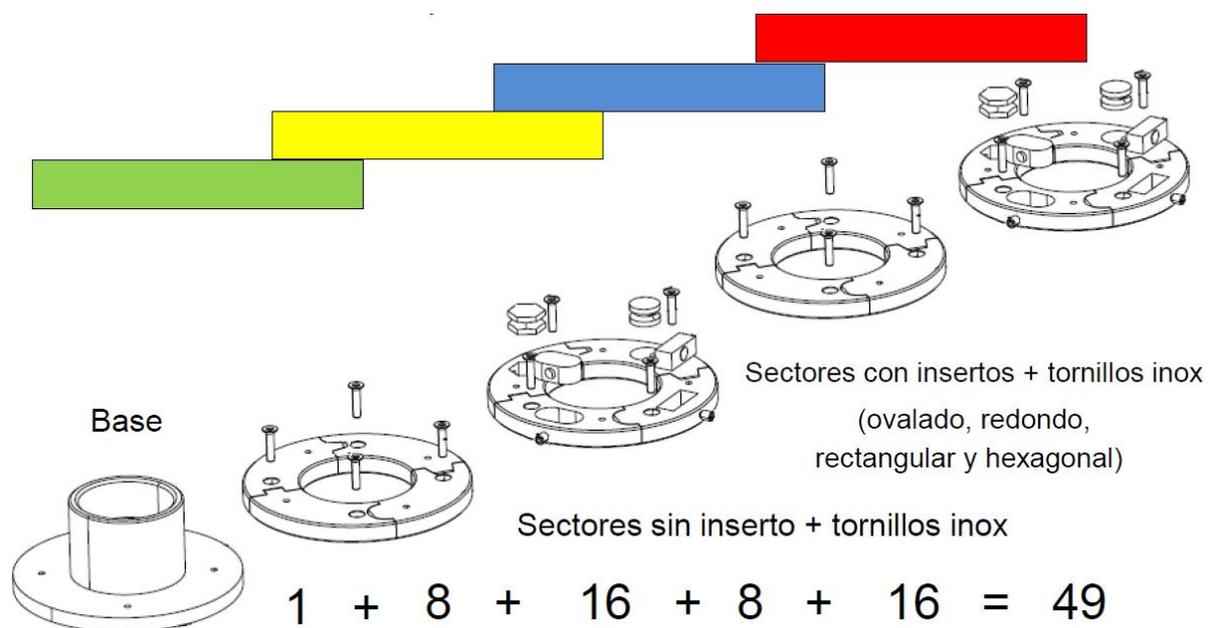


Ilustración 29. Descomposición solectrón.

La base, se trata de una pieza mecanizada sobre la cual se ensamblan el resto de los componentes. Los sectores se van incorporando a la base del solectrón de forma que, como vemos en la Ilustración anterior, el primer nivel del solectrón se deben montar los sectores de color verde, posteriormente los amarillos, en tercer lugar, los sectores azules y finalmente los rojos. Como vemos en la Ilustración 30, los sectores verde y azul, no cuentan con insertos, mientras que los sectores amarillo y rojo, cuentan con insertos que deben ser ensamblados correctamente:

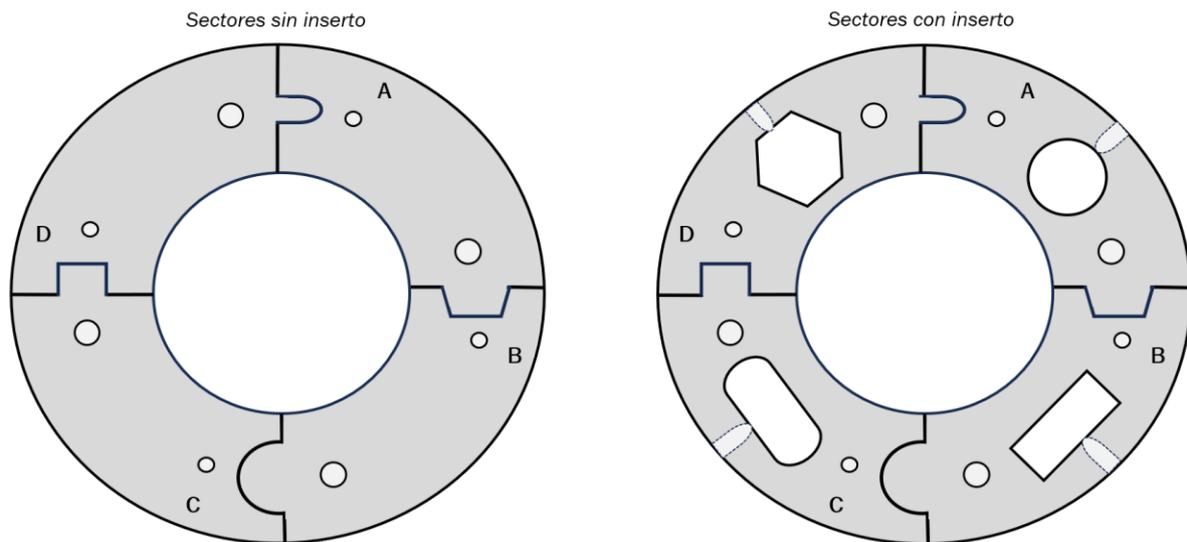


Ilustración 30. Planta diferentes niveles solectrón.

De la propia concepción del producto y analizando la pieza en detalle, se observan ya algunos de los problemas que pueden darse de cara a la fabricación de la pieza, los cuales dentro de los básicos de Diseño de Producto deberían haberse recogido en el Análisis Modal de Fallos y Efectos de Diseño (FMEA-D). Sin embargo, esto lo vamos a ver más adelante ya que, en función de las diferentes producciones, se podrán dar una u otra solución a los diferentes problemas.

El proceso general de producción del solectrón es el siguiente:

1. Las bases del solectrón, proceden de una “máquina” de mecanizado que se abastece de bases recicladas, suministradas a la línea de montaje de forma continua.
2. Los diferentes sectores son suministrados desde el almacén una vez lavados ya que, de la misma forma que las bases, son sectores re-utilizados.
3. El proceso de montaje, en función del equilibrado definido, ensambla solectrones que son expedidos en lotes de cantidades en función de lo demandado por el cliente.
4. Una vez son entregados al cliente, utilizados y han llegado al fin de su vida útil, los solectrones llegan al proceso de reciclado.
5. En el proceso de reciclado, los solectrones son desmontados en función del equilibrado definido.
6. Desmontados, los sectores pasan a proceso de lavado y almacenaje pudiendo ser posteriormente para la fabricación de nuevos solectrones.

En este Trabajo Fin de Máster, nos centraremos y analizaremos el proceso de montaje, ya que como definimos en los objetivos, se analizarán mediante la aplicación de la 8D, la resolución de problemas y la mejora de Calidad mediante la aplicación de acciones correctivas. Aun así, es importante analizar el equilibrado de las diferentes producciones ya que, en función de ello, podremos tener o no unos defectos u otros.

El objetivo de las diferentes producciones del solectrón en la Escuela Lean, es mejorar la productividad de la línea de fabricación. Para ello, en la primera producción se dispone de una línea de ensamblado que podríamos definir como de “capa a capa, es decir, se va a montar primero el primer nivel de sectores en el primer puesto, el segundo nivel en el segundo puesto, etc. Tras realizar esta producción se puede comprobar que, los tiempos de ciclo obtenidos son excesivamente altos, sin obtener la cadencia requerida por el Cliente debido a varios motivos, entre los que se encuentran:

- La aparición de cuellos de botella en los procesos con más carga de trabajo.
- La falta de piezas
- La No Calidad por el alto índice de piezas rechazadas en el Control de Calidad.

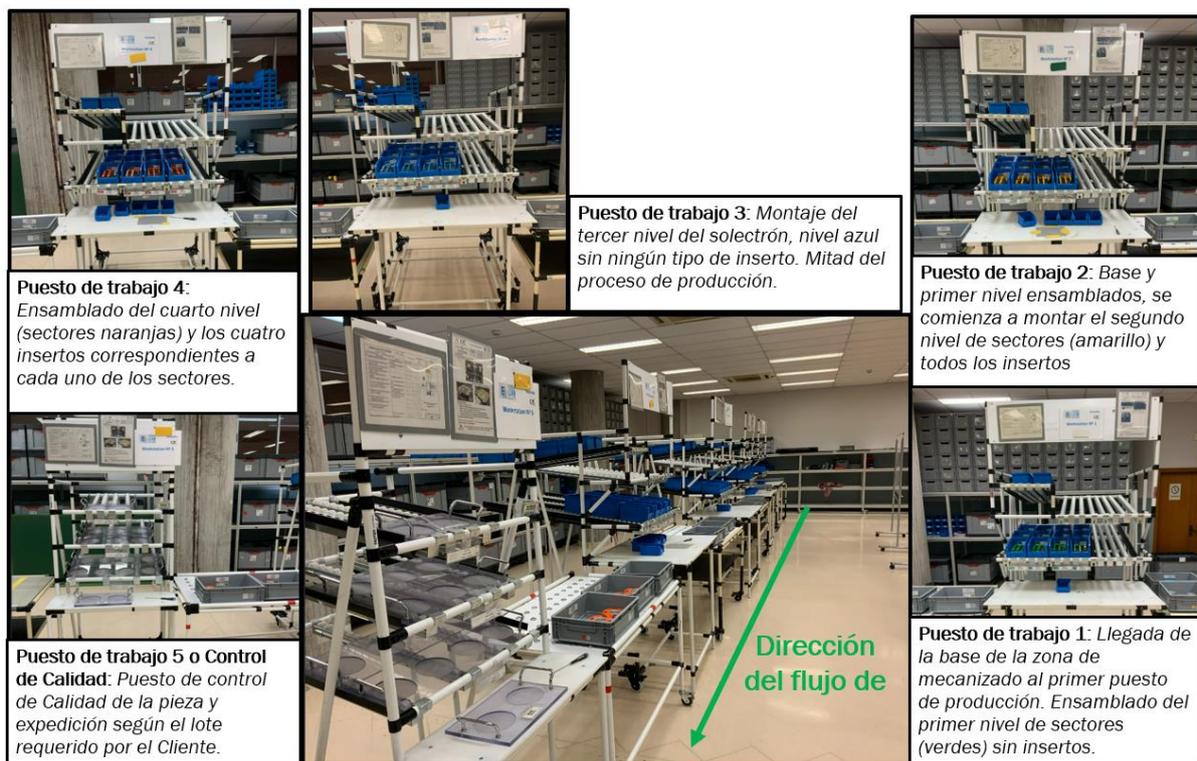


Ilustración 31. Puestos de Trabajo Escuela Lean.

Dejando a un lado el estudio de los flujos de producción, vamos a comenzar el desarrollo de la resolución de problemas, en este caso, de Calidad, con el equilibrado de esta primera producción, aunque, posteriormente, tras analizar la problemática en las etapas 5-6 y definir las acciones correctivas, veremos que ciertas acciones podrían ir encaminadas a modificaciones en el equilibrado de los puestos de producción, y, por tanto, a la mejora de la eficiencia y no solo de la calidad del producto. Veremos que, la mejora de los procesos productivos tiene que ir ligado indispensablemente con la mejora de la calidad del producto ya que, de nada vale ser capaz de producir muchas piezas si la tasa de rechazo es elevada.

En ningún sistema productivo podremos llegar a hablar de la excelencia operacional si tenemos una alta tasa de rechazo por No Calidad. Como sabemos de los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas del Máster o el Grado, el rendimiento operacional, conocido por las siglas OEE (Overall Equipment Effectiveness), mide la eficiencia de un

proceso productivo evaluando la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del proceso, como podemos ver en el siguiente Esquema 25, el cual es bastante representativo:

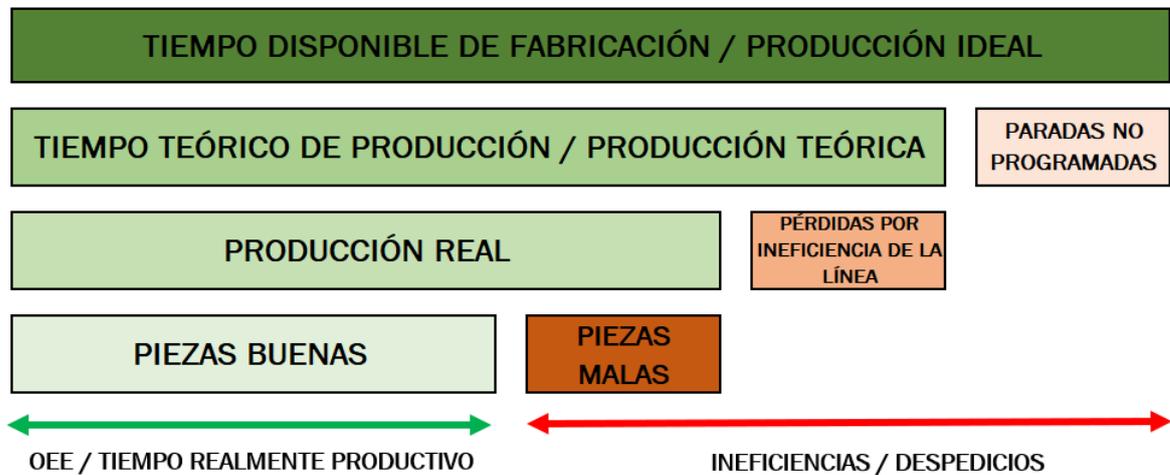


Ilustración 32. Rendimiento real del proceso.

De forma teórica, la OEE se calcula de la siguiente manera:

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Por lo que, claramente, la Calidad es un concepto que no se puede dejar de lado.

En el siguiente apartado comenzaremos la aplicación de la metodología de la resolución de problemas para un problema de Calidad real y específico que se da en la producción de los solectrones y, por el cual, el Control de Calidad o directamente el Cliente Final, rechaza una serie de piezas como No Conformes.

4.5. Herramientas utilizadas en la Escuela Lean: Value Stream Mapping

Una de las herramientas más potentes dentro de la metodología Lean Manufacturing y, por tanto, también del Lean Six Sigma, es el Value Stream Mapping (VSM). El VSM se trata de una herramienta de análisis el cual, mediante un diagnóstico visual de la situación del proceso productivo, es capaz de identificar los despilfarros existentes a lo largo de toda la cadena de valor del producto y, por lo tanto, con el objetivo de:

- Ajustar la producción a las demandas del Cliente, pasando de una producción por lotes a una producción Just In Time.
- Identificar cuellos de botella dentro del proceso productivo de cara a evitar paradas de producción debido a puestos de trabajo con una carga de trabajo mayor al Tack Time de la línea.

- Reducir el Work in Process (WIP) de forma que se reduzca el capital inmovilizado y reduciendo, por tanto, los riesgos económicos para la empresa. Esto se obtiene pasando de un sistema, como se conoce en ámbitos de la ingeniería de organización industrial, push, es decir, fabricando un producto con antelación a la demanda mediante un sistema predictivo, a un sistema pull, donde se adapta la producción a la demanda.
- Reducir los costes de No Calidad de los cuales hablaremos en los siguientes apartados.
- Reducir el Lead time del proceso, es decir, volviendo al ámbito y terminología de la organización industrial, reducir el tiempo el cual un producto tarda en producirse desde que se genera la orden de pedido hasta que se entrega el mismo. O desde un punto de vista productivo, tiempo que tarda un producto desde que se lanza la orden hasta que se termina de producir, diferenciándose del anterior por no considerar el tiempo de entrega a Cliente.

Como es de suponer, la aplicación de esta herramienta conlleva, principalmente, una mejora en los procesos productivos para adaptarlos hacia conceptos más Lean, hecho que hará que el proceso productivo sea mucho más “limpio” evitando por lo tanto incidencias en el proceso de producción (paradas, cuellos de botella, saturaciones...), aspectos por los que, en gran parte de las ocasiones, surgen los problemas de Calidad. Por lo tanto, es de vital importancia para obtener unos objetivos de Calidad acordes a lo esperado por el Cliente, es decir, no enviar defectos. No haremos más hincapié en el VSM ya que es un concepto ampliamente trabajado durante las diferentes sesiones dentro de la Escuela Lean a través de la aplicación práctica en la que, sesión tras sesión, se van observando los fallos y los puntos de mejora a trabajar bajo los objetivos de demanda definidos por el Cliente.

5. Aplicación 8D para la resolución de problemas de ruido en la fabricación del Solectrón.

Para la aplicación práctica de la metodología 8D para la resolución de problemas en la producción del Solectrón, he elegido un problema de Calidad que se da en el 100% de las producciones y los grupos de trabajo que han pasado por la Escuela Lean a lo largo de los años en los que este producto se está elaborando: **presencia de ruido en la pieza.**

Debido a diferentes circunstancias que a lo largo del desarrollo de la metodología veremos, la pieza puede presentar problemas de ruido al ser utilizada, hecho que no debería darse. El ruido es un síntoma, en la mayoría de los casos, molesto y no deseado por un cliente que compra un producto el cual no debería tenerlo, por lo que las empresas realizan multitud de ensayos de ruido en sus productos para evitar este efecto. Por lo tanto, para comenzar con el caso práctico, consideramos con la reclamación que le ha llegado a la empresa Epsilon, fabricante del solectrón, es la siguiente:

***“La pieza 2 del pedido N°0017 presenta un ruido anormal en su funcionamiento.
Detectado el 04/03/2024”***

Como hemos visto en capítulos anteriores cuando se ha explicado la metodología de la 8D, esta herramienta se puede aplicar ya sea para reclamaciones del Cliente o para mejorar un indicador que la empresa considera que no está cumpliendo con los objetivos. Sea cualquiera de las dos opciones, contamos ya con una Visión Cliente a partir de la cual comenzaremos a aplicar la metodología 8D.

5.1. Formación de un equipo multidisciplinar.

Durante el desarrollo de la actividad en la Escuela Lean, tenemos varios equipos y posiciones dentro de ellos:

- Equipo de montaje del solectrón donde se encuentran:
 - Operarios de montaje
 - Jefe de Taller de montaje
- Equipo de desmontaje (Reci'Lean) donde se encuentran:
 - Operarios de desmontaje
 - Jefe Taller de desmontaje
- Equipo de Logística con expediciones y logística interna
 - Operarios de logística
 - Jefe Taller de Logística

Considerando el problema un problema de No Calidad en la expedición al Cliente Final, podemos considerar que el Piloto del problema fuera el Jefe Taller de montaje, como responsable de que las piezas sean expedidas de forma conforme al Cliente, sin embargo, debido a esa responsabilidad, esa figura ya va a buscar por sí mismo que se resuelva el problema, por lo que se debe considerar si el piloto pudiera ser otra figura de la organización a la que se le encomiende esta tarea.

En todo caso, sea el piloto quien sea, debemos contar, como indica el primer básico de la metodología, con un equipo multidisciplinar capaz de identificar todos los riesgos y

obtener un resultado que cumpla con los objetivos marcados. A modo de ejemplo, vamos a escoger el siguiente equipo:

<p>Piloto: <i>Jefe Dpt Montaje</i></p> <p>Equipo: <i>Operario montaje puesto 2, J. Dpt Logística, Operario desmontaje puesto 4</i></p>
--

Ilustración 33. Equipo de Trabajo Escuela Lean.

5.2. Realizar una correcta definición del problema.

Como se ha indicado en la introducción del capítulo, la metodología 8D a realizar se va a hacer sobre una reclamación del Cliente Final por un problema de ruido. En este punto, lo que tenemos que hacer es intentar tener toda la información posible en cuanto a la reclamación que nos llega, en este caso, aunque no especifica de dónde viene el ruido o qué tipo de ruido se produce, nos dan información acerca del lote y la pieza en cuestión que porta el problema.

<p>¿Cuál es el síntoma o Visión del Cliente?</p>
<p><i>La pieza 2 del pedido N°0017 presenta un ruido anormal en su funcionamiento.</i></p> <p><i>Detectado el 04/03/2024.</i></p>

Ilustración 34. Visión Cliente ejemplo Escuela Lean.

La información en cuanto a trazabilidad es especialmente importante en estos casos ya que podemos llegar a saber ciertos datos que nos podrán guiar para encontrar la causa raíz del problema. En el caso de la Escuela Lean, la trazabilidad de la pieza es limitada, por lo que, en el caso de que no se retorne la pieza para que sea analizada, el análisis se va a complicar con creces. Para el desarrollo de este caso, vamos a considerar todas las hipótesis que se puedan dar de ruido en el solectrón.

En cuanto al primer análisis de no detección del efecto cliente, debemos analizar si en algún punto del proceso, este efecto cliente podría ser detectado según el estándar de trabajo definido.

En la siguiente imagen 28 vemos la Hoja de Operación Estándar con las diferentes operaciones que el operario del puesto debe realizar.

Hoja de Operación Estándar				Plazo de aprendizaje	Tiempo de ciclo de producción	Fecha de modificación	
(ENGAGEMENT OPERARIO)				1 H	5 min	02/01/2014	
Mes N°	Nombre del proceso	P4 Montaje Nivel 4	Etapa principal	Punto clave	Operario	Jefe de UET	Jefe de Taller
M I O	Poner una base de aluminio sobre la alfombrilla					A	A
1.	Poner los sectores A B C y D y los insertos (a) (b) (c) y (d) en la base					B	B
2.	Atornillar los sectores A B C y D a la base	1) - con la mano 2) - empujando los sectores hacia el centro de la base				C	C
3.	Bloquear los insertos a b c y d en los sectores	1) - con la mano 2) - con la mano					
M I O	Poner una base en el embalaje de salida						
OA	Desplazarse de vuelta hacia el carro						
OA	Intercambiar los embalajes llenos y vacíos antes y después del puesto.				5cmin / 5ciclos + 5cmin / 3ciclos		
OA	Vaciar los embalajes B 2133 y 2132				10cmin / 6ciclos		
				Tiempo total de operaciones asociadas	6		
				Tiempo objetivo total	111		

Ilustración 35. Hoja de Operación Estándar o Tabla de Combinación de Tareas..

Aparentemente, no aparecen operaciones identificadas como de Calidad, tampoco puntos clave dentro de la operativa que hagan hincapié en operaciones que, su no realización, puedan conllevar a un problema de Calidad en la pieza. Lo mismo ocurre con la operativa de los puestos dos, tres y cuatro, en los cuales no aparece ningún tipo de referencia a aspectos relacionados con la Calidad, controles o autocontroles.

Sin embargo, ya en el puesto 5, puesto referente al Control de Calidad, podemos encontrar dos operaciones referidas a controles de Calidad, tanto de aspecto como de funcionalidad (ruido):

Hoja de Operación Estándar			Plazo de aprendizaje	Tiempo de ciclo de producción	Fecha de modificación					
(ENGAGEMENT OPERARIO)			1 H	100 cmin	02/01/2014					
Mes	Nombre del proceso	P5 Acondicionamiento en bandeja	Tiempo por modelo			Operario	A	A	DD	Jefe de Taller
N°	Etapa principal	Punto clave	PI2	PI3	PI4		B	B	GL	VL
							C	C	PL	
1.	Coger una ficha de acondicionamiento	1) - respetando el número de secuencia	5	5	5					
2.	Colocar la bandeja correspondiente en el puesto de trabajo	1) - respetando la cantidad de solectrones	8	8	8					
3.	Introducir la ficha de acondicionamiento en el soporte de la etiqueta		5	5	5					
4.	Coger un solectron de la zona de WIP anterior al puesto		3	3	3					
5.	Controlar la ausencia de ruido (los aprietes)	1) - agitando el solectron	3	3	3					
6.	Controlar el aspecto del anillo superior,	1) - con el dedo guiado por la vista	4	4	4					
7.	Controlar los 4 juegos entre los sectores en los 4 niveles del solectron	1) - con el dedo guiado por la vista	12	12	12					
8.	Dejar el solectron en la bandeja	1) - respetando el orden de carga de la bandeja	5	5	5					
9.	Repetir las etapas de 4 a 8 para el 2ndo, 3ero y 4to solectron	1) - en función de la cantidad de solectrones en la ficha de acondicionamiento	27	54	81					
10.	Vaciar la bandeja completa (2, 3 o 4 solectrones) en el carro		8	8	8					
OA	Desplazarse de vuelta hacia el carro		1	1	1					
OA	Intercambiar los embalajes llenos y vacios antes del puesto.		2	2	2					5cmin / 3ciclos
Tiempo total de operaciones asociadas			3	3	3					
Tiempo objetivo total			83	110	137					

WIP antes P5

1 paso

Puestos 1 a 4

Puestos 5

Carro expedición

Tiempo total de 107 cmin para una bandeja media de 3 solectrones.
O 36 segundos por ciclo

seguridad Stock Control Operación

Ilustración 36. Controles puesto de trabajo 5.

A priori, existe un control de ruidos del solectrón en el puesto de Calidad en el que debería haberse detectado el ruido, sin embargo, no ha sido detectado, por lo que el análisis debe profundizarse con el diagrama de Ishikawa de la No Detección que veremos en los siguientes apartados:

¿Por qué no se detectó?

El estandar de trabajo definido para los puestos de montaje del 1 al 4 no indica la verificación de ruido en la Tabla de Combinación de Tareas del puesto. En cuanto al puesto de Control de Calidad, el método de trabajo no define correctamente el método de control para detectar el ruido.

Ilustración 37. No detección inicial ejemplo Escuela Lean.

Tenemos por lo tanto una buena definición del problema y las primeras hipótesis sobre las causas de no detección sobre las cuales habrá que implementar acciones de contención dirigidas a eliminarlas.

En ciertas ocasiones, más aún cuando no se retorna una pieza para que sea analizada o no se ha tenido la oportunidad de ver la pieza en causa, la Visión del Cliente o el Efecto es la misma que la Visión de la Organización y no es hasta ya avanzado el análisis cuando se puede diferenciar entre ambas.

5.3. Contener o proteger al Cliente de problema.

Como vimos en los apartados de teoría, dentro de las 24-48 horas a partir de la denuncia del problema, se deben de implementar las acciones para contener el problema. En este caso, el equipo de trabajo tendrá que definir qué acciones implementar, dónde y bajo qué método de trabajo de cara a evitar un nuevo caso de ruido en las piezas que aún no han llegado al Cliente. Es importante la remarca de “toda pieza que no haya llegado al Cliente” ya que, no es el caso del proceso de producción del solectrón donde no hay stock de producto terminado, pero, en el caso de que exista stock de producto acabado en la empresa o en nodos intermedios, se deberán de definir acciones de contención también para esas piezas.

Por lo tanto, reunido el equipo de trabajo, se debe de comenzar a definir las acciones de contención y, prácticamente como norma, la primera acción de contención será la de incluir la alerta de Calidad para informar a los operarios del problema ocasionado en el Cliente y cómo detectarlo. En nuestro caso del solectrón, el cual podemos coger la pieza ya que no está fija a una línea automatizada de producción, esta alerta de Calidad se podrá poner en todos los puestos, sin embargo, habrá que evaluar qué puestos son los que se encargarán de la revisión para evitar sobrecargar el puesto y, tratando de evitar el problema de Calidad, se generen problemas de producción (cuellos de botella, saturación de puesto, etc).



Ilustración 38. Alerta de Calidad en puestos de Control.

La alerta de Calidad debe ser clara y contener toda la información necesaria y con la claridad oportuna para que el problema pueda ser fácilmente controlado y detectado. Así mismo, como vemos en la Ilustración 38, la alerta debe contener el método operatorio claramente definido y de forma indispensable, las reglas de reacción para cada uno de los casos.

Las reglas de reacción son de especial importancia ya que definen qué es lo que se debe de hacer ante la detección de una pieza No Conforme según el método operatorio. Así mismo, y como hemos indicado en capítulos anteriores, se debe de realizar el seguimiento de las piezas NOK de cara a comprobar la efectividad de las diferentes acciones.

ACCIONES INMEDIATAS PARA PROTEGER AL CLIENTE					
Acción	Resp.	Plazo/ Realizado	¿Efectiva? (S/N)	¿Nuevo riesgo detectado? (S/N)	Comentarios / Conclusiones / Resultados
<i>Alerta de Calidad en los puestos de montaje y Control Calidad.</i>	<i>J.Taller Montaje</i>	<i>5/10/32024 04/10/32</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>	<i>Alerta de Calidad agitando el solectrón. Primer lote securizado: Lote N° 0020 .-Casos NOK : _____</i>
<i>Revisión de los lotes N°0018 y N°0019 antes de entrega al Cliente</i>	<i>J.Taller Logística</i>	<i>5/10/32024 04/10/32</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>	<i>Revisión según Alerta de Calidad antes de la entrega a Cliente. .-Casos NOK : 0 casos NOK</i>

Ilustración 39. Acciones de protección implementadas.

A modo de ejemplo, hemos supuesto que entre la alerta realizada por el Cliente por la pieza No Conforme en el lote N°0017 y el inicio de la contención en la línea de producción en el lote N°0020, se han podido revisar las piezas de los lotes N°0018 y N°0019, potencialmente impactados por el problema.

En casos reales en la industria, cuando el lote expedido al Cliente se considera potencialmente impactado por el problema, existen empresas de selección encargadas de la revisión de problemas a demanda de las empresas en las localizaciones del Cliente. Estas empresas, de forma general y a petición de las empresas proveedoras, revisan los lotes expedidos de un producto bajo un método de selección proporcionado hasta la recepción del primer lote garantizado por parte del proveedor. Aunque sean las empresas de selección las encargadas de realizar la revisión en esas piezas ya expedidas, la responsabilidad de la selección y de que se realice de forma correcta es de la empresa solicitante, por lo que, en nuestro caso, el equipo de trabajo y, más concretamente, el jefe de Taller de Logística será el encargado de asegurar estas actividades.

Probablemente, y al no conocer la causa raíz, ciertas acciones de protección o contención pueden llegar a no ser efectivas, por múltiples causas: que la operativa no esté bien definida, que no sea la correcta o que el problema aparezca tras esa operativa ya sea debido a que la causa raíz es posterior a la actividad de protección o por la fatiga o utilización a la que pueda estar sometida la pieza.

5.4. Identificación de la causa raíz

A modo de ejercicio, vamos a intentar identificar en este apartado la causa raíz del problema. Como se ha indicado anteriormente, en función de la información que tengamos del problema o incluso si podemos llegar a tener la pieza demeritada, vamos a poder profundizar en mayor o menor medida y, por lo tanto, con mayor o menor certeza, en el análisis. En este caso, no nos vamos a centrar en un caso concreto de ruido, si no que se van a analizar varias de las hipótesis que pudieran generar ruido en la pieza, que es lo que se haría en el caso de que no fuéramos capaces de recibir la pieza para que fuera particularmente analizada.

Cuando se dan estos casos en los que no se cuenta con la pieza para que sea analizada, es importante tratar de llegar a reproducir el problema, dándonos lugar a un análisis mediante la reproducción del problema obteniendo todas las hipótesis posibles. Durante las diferentes producciones realizadas por los diferentes equipos de trabajo que han pasado por la Escuela Lean, han aparecido multitud de causas diferentes que pueden dar lugar a que las piezas fabricadas presenten o no ruido. En este caso, lo mejor es hacer un listado de cada una de las posibles causas raíz y trabajar sobre a cada una de ellas, esto es hecho por cada uno de los grupos de trabajo que acuden a la Escuela Lean, Ilustración 40:

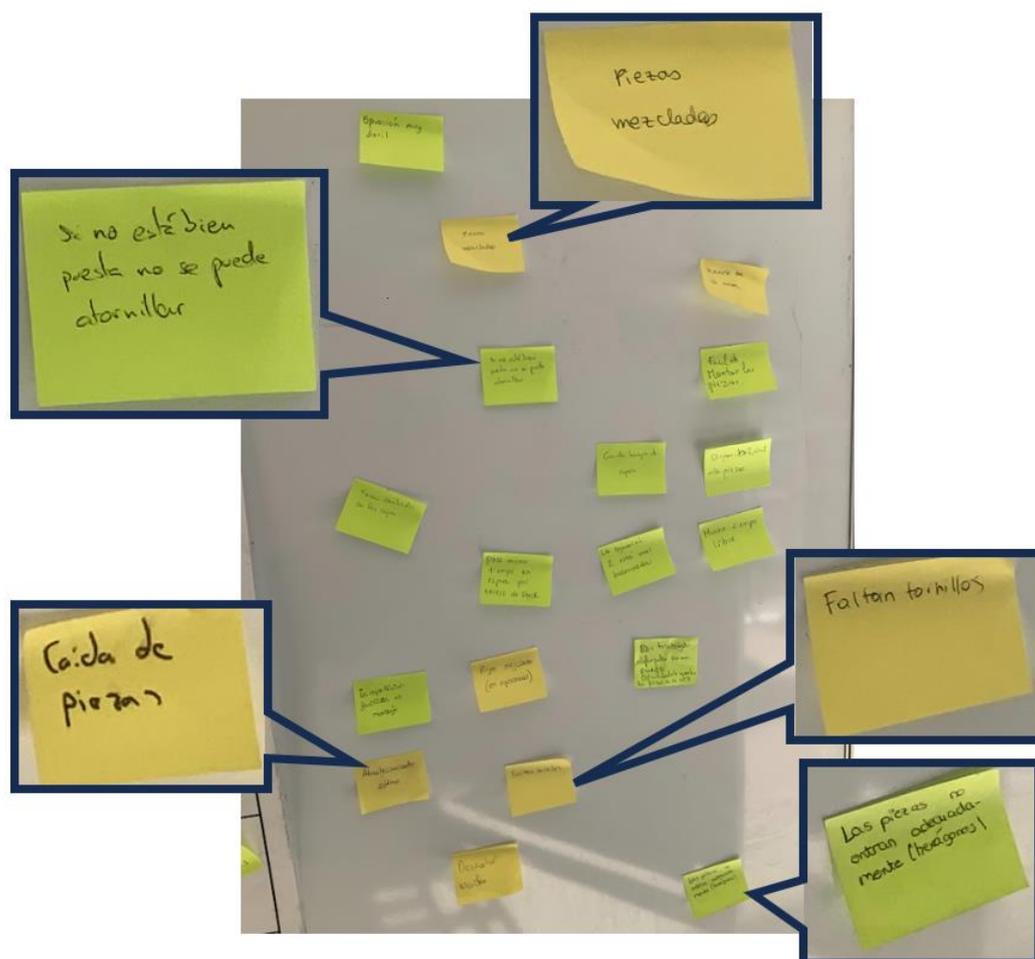


Ilustración 40. Brainstorming Escuela Lean.

Utilizando el Diagrama de Ishikawa somos capaces de listar todas o la mayoría de las posibles causas que pueden ser causantes del síntoma que estamos analizando, es decir, profundizamos en mayor medida en el análisis para poder llegar a la verdadera causa raíz. Es decir, vamos a poder listar la primera causa aparente del problema, Ilustración 41:

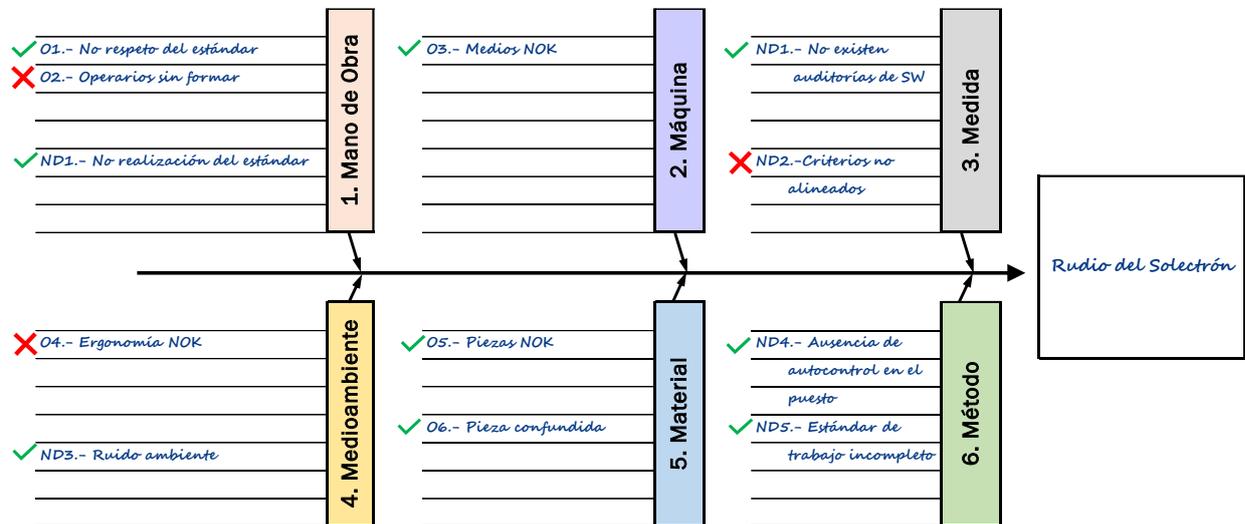


Ilustración 41. Diagrama de Ishikawa ejemplo Escuela Lean.

Una vez tenemos realizado el Diagrama de Ishikawa, pasaríamos a realizar el Diagrama de Bloques. Debemos tener en cuenta que este diagrama puede ir evolucionando según avanza el análisis con nuevas causas raíz no contempladas anteriormente o descartadas en un principio.

Como sabemos del apartado 3.3.4.c., el Diagrama de Bloques debe comenzar en su primer nivel por el Efecto Cliente o, en caso de haber profundizado en un primer análisis, en la Visión de la Organización, es decir, la visión que la organización, como experto del producto incriminado en el problema, ha profundizado en el problema. En el caso de estudio, efecto cliente y visión, van a coincidir, de cara a poder analizar toda la casuística por la que se pudiera dar el problema, lo cual, no debe ocurrir en todas las ocasiones en las que se realice este tipo de análisis ya que obteniendo o definiendo una visión de la organización, profundizaremos en mayor medida en el análisis.

Comenzamos por tanto el Diagrama de Bloques por el efecto: “Ruido del Solectrón”, considerando, en el segundo nivel del Diagrama, cada una de las causas potenciales, tanto de Ocurrencia (O) como de No Detección (ND) retenidas del Diagrama de Ishikawa:

- Mano de Obra:
 - ✓ 01.- No respeto del estándar de trabajo
 - ✓ ND1. - No realización del estándar
- Máquina:
 - ✓ 03.- Medios de trabajo NOK
- Medida:
 - ✓ ND2.- No existen auditorías de estándar
- Medioambiente:

- ✓ ND3. – Ruido ambiente
- Material
 - ✓ O5.- Piezas NOK
 - ✓ O6.- Piezas Confundidas
- Método:
 - ✓ ND4.- Ausencia de autocontrol en el puesto
 - ✓ ND5.- Estándar de trabajo incompleto.

Para cada uno de estos puntos deberemos de confirmar, analizar y retener o no, si pueden pasar de ser causas raíces potenciales a causas raíces confirmadas. Para ello veremos a continuación la sistemática para retener cada una de las causas y comenzar con la siguiente herramienta de análisis. Veremos, como ya adelantamos en el apartado 3.3.4.c., que, de cara a profundizar en el análisis, vamos a obtener nuevas causas de no detección a partir de las causas de ocurrencia confirmadas.

La dinámica de trabajo para retener o no cada una de las causas potenciales debemos analizar las siguientes situaciones:

- Situación OK: situación en la que se ha generado pieza OK.
- Situación NOK: situación en la que se ha generado pieza NOK
- Estándar (STD): situación definida por la organización

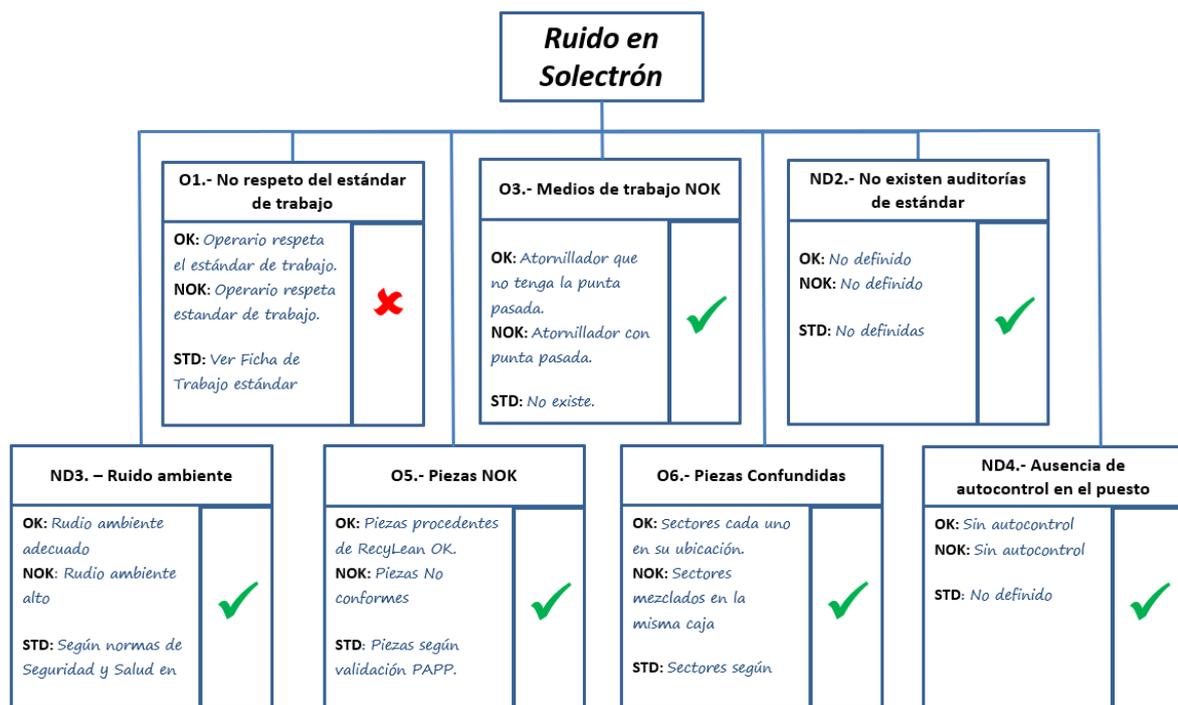


Ilustración 42. Diagrama de Bloques sobre el Ruido en el Solectrón.

Una vez retenidas las causas potenciales, se debe continuar con el análisis hasta llegar a la causa raíz, para ello, a partir de las causas potenciales, mediante un análisis de 5 por qué's. Como vemos en la siguiente ilustración 43, se ha desarrollado la herramienta analizando la causa de Medios de Trabajo NOK, es decir, ponemos en causa si los medios de trabajo con los que se están ensamblando las piezas son capaces o no de proporcionar piezas conformes.

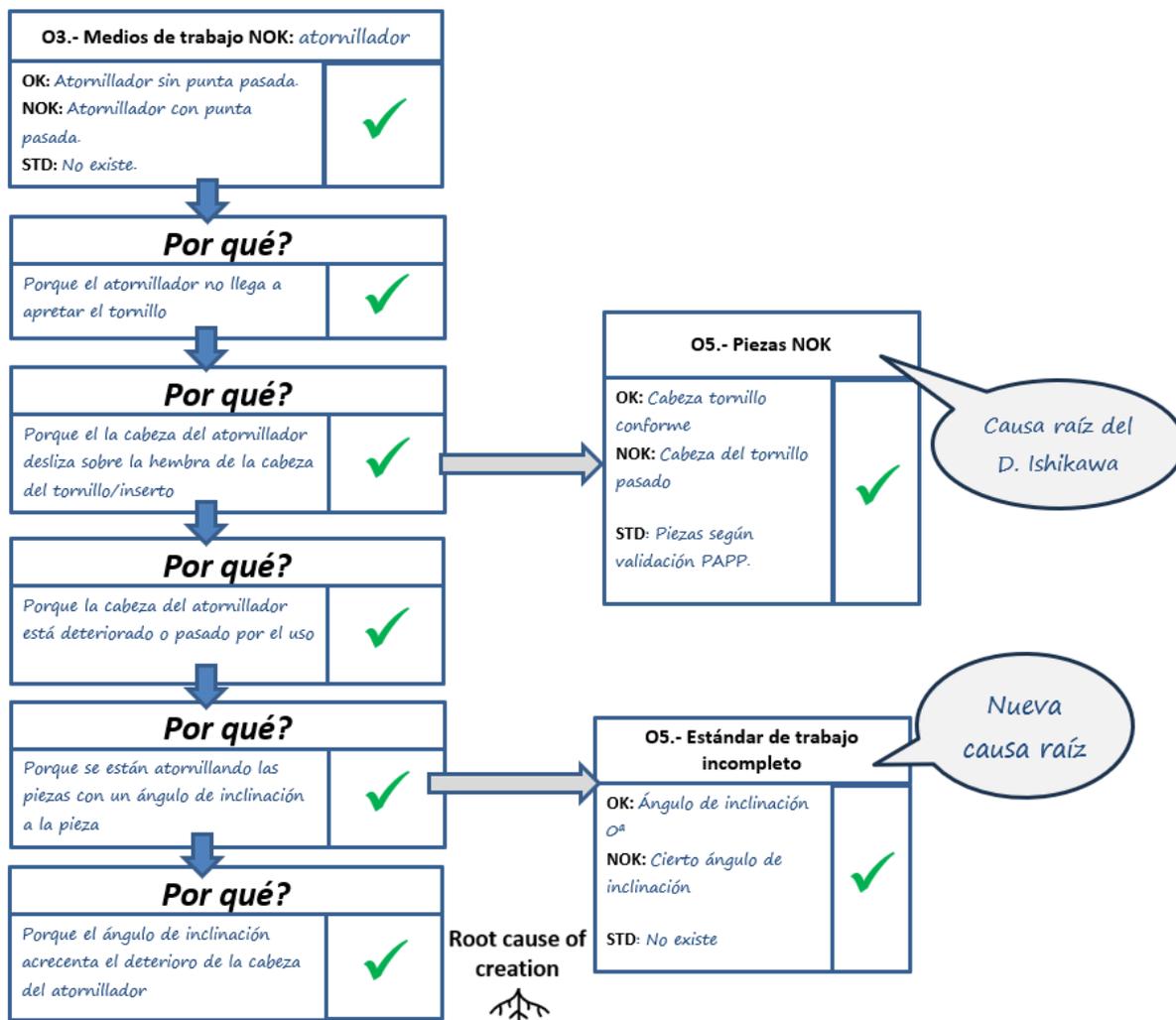


Ilustración 43. 5 Porqués para determinar la Causa de Ocurrencia.

Vemos que, del análisis, hemos podido comprobar que tras cuestionarnos en 5 ocasiones sobre la causa raíz potencial, hemos podido concluir que una de las causas de ocurrencia o creación del ruido se debe a que los medios de producción son NOK porque se está realizando un apriete con una inclinación no adecuada. También existe la posibilidad de que, en alguno de los pasos se divida el análisis, obteniendo de una misma causa raíz potencial dos o más causa raíz confirmadas. De este modo, por ejemplo, extraemos que:

- La posible causa raíz de que existan piezas NOK procedentes de proveedor
- Que el estándar de trabajo sea incompleto o esté poco especificado

Por supuesto, tenemos que comprobar y evidenciar que esta causa efectivamente lo es, para este caso del utillaje, comprobamos que ciertos atornilladores se encuentran pasados, como podemos ver en la Ilustración 44:



Ilustración 44. Causa constatada deterioro de la cabeza del atornillador.

Y que una de las causas a las que se debe ese deterioro es a la causa raíz de ocurrencia identificada y extraída, principalmente, por la observación del puesto de la inclinación con la que se atornillan los prisioneros:

Insertos atornillados con inclinación de la herramienta

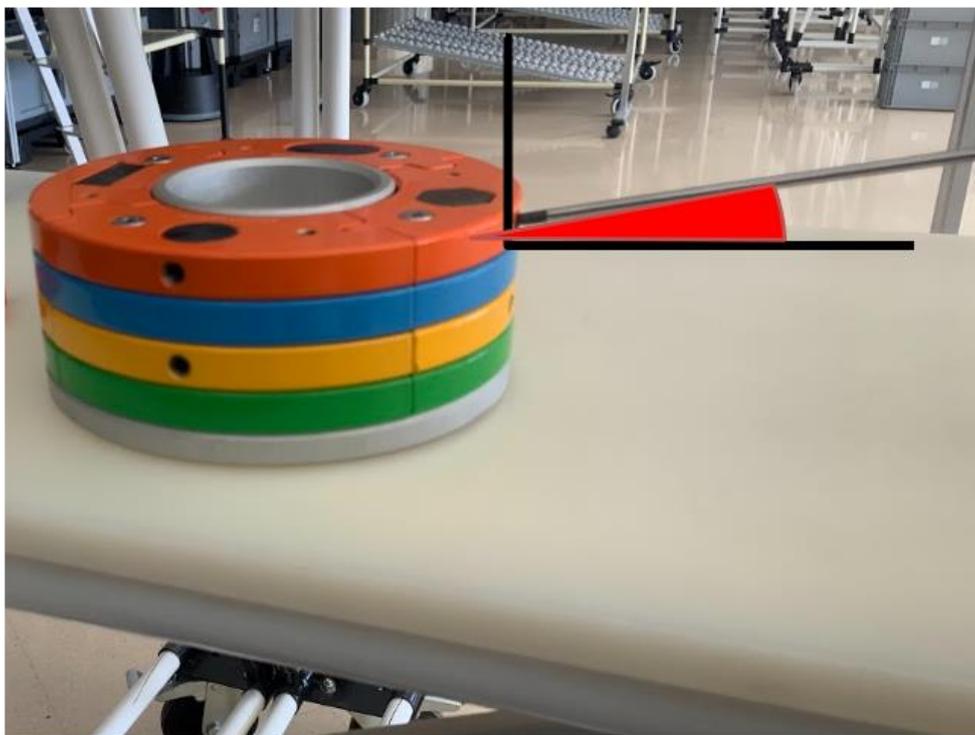


Ilustración 45. Causa constatada inclinación al atornillar.

Esta causa a su vez puede provocar otros modos de fallo, es decir, atornillar los prisioneros con una cierta inclinación puede provocar posibles trasroscados de los mismos, falsa sensación de apriete, o incluso deterioros y pérdida de utilidad.

Como he comentado en capítulos anteriores, aunque no es una práctica estandarizada en muchas de las organizaciones que utilizan la metodología 8D, en mi caso personal, busco profundizar en el análisis del problema obteniendo una nueva causa de No Detección a partir de la causa de Ocurrencia, de cara a no superficializar el análisis de No Detección. De este modo, vamos a profundizar en este análisis de este caso particular de la siguiente forma:

Hemos concluido que una de las causas raíz del problema es que los medios de trabajo, en este caso, el atornillador es NOK debido a que se están atornillando insertos con un ángulo de inclinación que deteriora la cabeza de los mismos, lo cual, puede llegar a producir que el par de apriete no sea lo suficiente como para retener correctamente las diferentes partes del Solectrón aun siguiendo el estándar, el cual indica lo siguiente:

“Atornillar los sectores/insertos a la base”

De este análisis y conclusión de los 5 porqué's de ocurrencia, podemos partir para obtener, de nuevo, utilizando los 5porqué's, la causa de No Detección, es decir, debemos de cambiar la pregunta del por qué ha ocurrido al por qué no se ha detectado esa causa de ocurrencia, como vemos claramente en el ejemplo de la Ilustración 46:

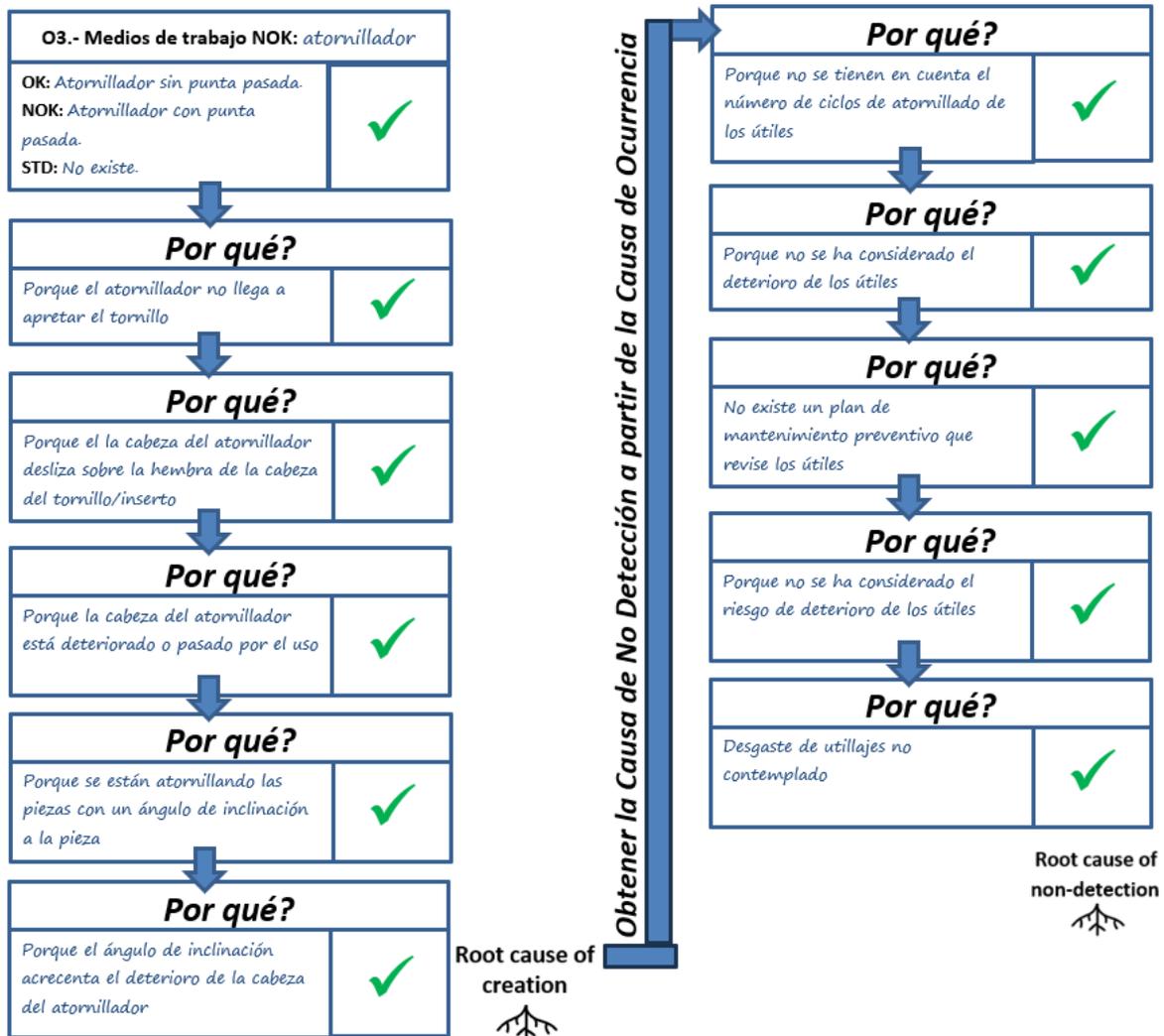


Ilustración 46. Determinación Causa de No Detección a partir de la Causa de Ocurrencia.

Vemos que, tras este análisis obtenemos una nueva causa de no detección procedente de la causa de ocurrencia, por lo tanto, causas de no detección que impactan directamente en la ocurrencia del problema, no quedándonos de este modo en las superficiales.

- Causa raíz de No detección de la ocurrencia → Desgaste de utillajes no contemplado en el proceso
- Causa raíz de No detección superficial → Falta de especificación del tipo de control a realizar para la detección del ruido.

Una vez detectadas las causas, y debido a que las acciones correctivas, generalmente, no son de aplicación inmediata, se deben de implementar o, mejor dicho, complementar las acciones de contención ya realizadas para reducir la ocurrencia o aumentar la detectabilidad. Como es lógico, comprobada la causa raíz, las nuevas acciones de contención irían encaminadas a:

1°. Incluir la consigna al operario de que el atornillado debe realizarse de forma perpendicular a la pieza.

2°. Sustituir los atornilladores desgastados por unos nuevos

Sin embargo, estas acciones no serán definidas como correctivas ya que, tanto los atornilladores volverán a tener un uso y desgaste a ciertos ciclos, como la consigna indicada a los operarios para que el atornillado se realice en perpendicular a la pieza, puede ser respetada o no por los mismos, bien por la repetibilidad de la operativa, temas ergonómicos o simplemente olvidos. Por ello, en el siguiente apartado veremos que las acciones correctivas están encaminadas a eliminar la causa raíz, valga la redundancia, de raíz. Esto se daría:

1° Evitando la posibilidad al operario de atornillar la pieza con un ángulo de inclinación distinto a la perpendicularidad.

2° Controlando el desgaste de los atornilladores a partir de los ciclos realizados.

Estas acciones las veremos con más detalle en el siguiente apartado.

Existen otras causas raíz que generan la aparición de ruidos las cuales han podido ser reproducidas en la Escuela Lean. En el siguiente apartado, listaré de forma rápida algunas de las mismas sin llegar a realizar el análisis detallado de las diferentes herramientas o desarrollando posibles acciones correctivas.

a) *Otras causas: Insertos confundidos*

Existe una posibilidad por la cual la definición del producto permite que el inserto circular pueda introducirse en el alojamiento del inserto hexagonal, como podemos ver en la ilustración 47:

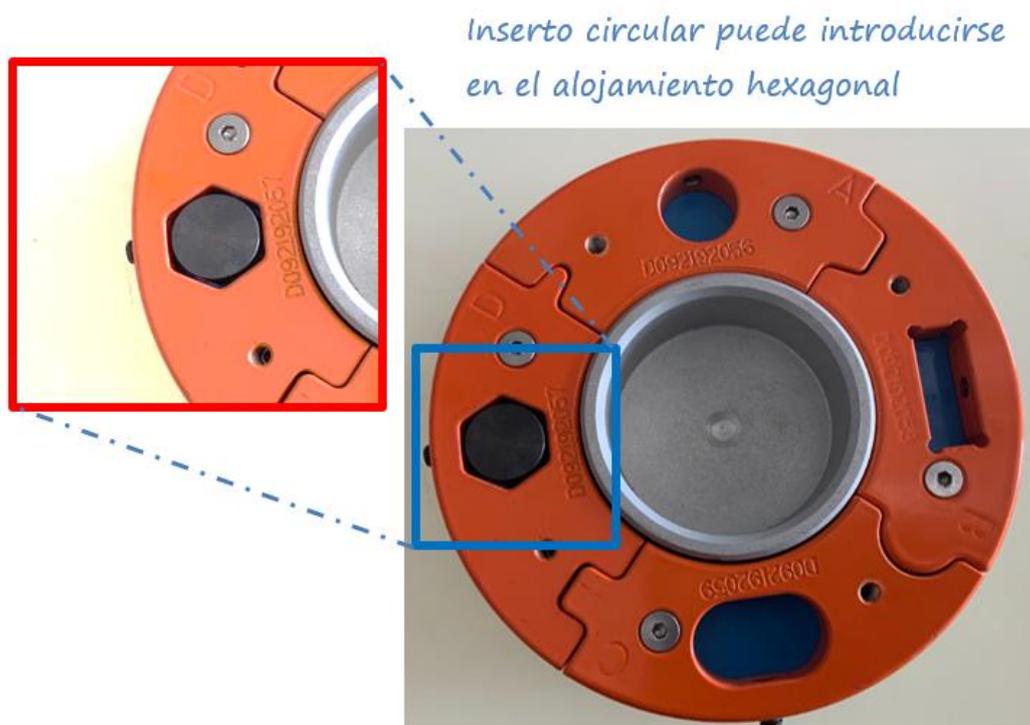


Ilustración 47. OTRAS CAUSAS: inserto confundido.

Esta posibilidad existe por igual, tanto en el segundo nivel (amarillo) como en el cuarto nivel (naranja), que, aunque claramente la detectabilidad del problema en el segundo nivel (amarillo) es mucho más difícil (al estar oculto por el resto de niveles) que en el cuarto nivel (naranja) al estar este oculto por las diferentes capas, el estándar tampoco define claramente qué se debe revisar en el nivel superior. Por lo tanto, tendremos diferentes causas raíz tanto de ocurrencia como de no detección:

- Ocurrencia:
 - Insertos confundidos en el packaging
 - No respeto del estándar
 - Confusión del operario...
- No Detección:
 - Ausencia del control en el estándar
 - No respeto



Ilustración 48. Otras causas: insertos mezclados.

La casuística es elevada con multitud de opciones, las cuales, deben de ser completamente atajadas siempre y cuando queramos hacer una 8D de forma correcta y completa ya que, de lo contrario, el efecto Cliente volverá a repetirse creando la consiguiente insatisfacción.

b) Otras causas: sectores duplicados, confundidos

Así mismo, estas carencias en la definición de producto debido a su intercambiabilidad procedente de la ausencia de lo que llamamos Poka-Yoke de producto. Pueden darse también en la combinación de diferentes sectores, como vemos en la siguiente Ilustración:

Sectores confundidos C duplicado en vez de sector A



Sectores confundidos C y B duplicados



Ilustración 49. Otras causas. sectores confundidos.

Los Poka-Yoke de producto son aspectos clave que deben de ser tenidos en cuenta a la hora de definir un producto, de modo que se trate de evitar cualquier posible confusión en el montaje de este. Es decir, en nuestro caso de estudio, evitando la posibilidad de montar sectores no correspondientes o en ubicaciones erróneas. No es el caso del Solectrón, por lo que se deben de hacer hincapié en evitar mediante acciones de proceso las diferentes causas.

Vemos en la siguiente imagen, obtenida de un ejercicio real realizado en la Escuela Lean, piezas mezcladas en el mismo packaging;



Ilustración 50. Otras causas: sectores confundidos en el área logística.

Sin embargo, existen técnicas y nuevos sistemas que evitan o, al menos reducen, la llegada de piezas no correspondientes al puesto de montaje donde se van a utilizar. Además llegar a ser una mejora a nivel de Calidad, sistemas como el picking (en el sector industrial y haciendo referencia al proceso productivo, consistiría en la técnica de coger y provisionar únicamente las piezas necesarias para la fabricación de una pieza) o el kitting (técnica por la cual se aprovisionarían todos los componentes necesarios para la fabricación de un único producto en un pack o embalaje), reducen el capital inmovilizado de las empresas.

La combinación y utilización de estas dos técnicas, picking y kitting, para la producción de piezas reducen, en gran medida, los indicadores referentes a la No Calidad de proceso.

c) Otras causas: Insertos atornillados sin estar alineados con el nivel

Una posible causa de ruido puede proceder de atornillar uno de los insertos sin que éste esté alineado con el sector, como podemos ver en la Ilustración 51. Llegar a atornillar de esta forma haría que, posiblemente con el uso o simplemente con la introducción del sector en el solectrón o el nivel superior, haría que el inserto pasar a su ubicación alineada con el sector, sin embargo, no estaría lo suficientemente apretado como para asegurar la correcta retención del inserto y de este modo, la no generación de ruido.

*Insertos atornillados no
alineados con los sectores*

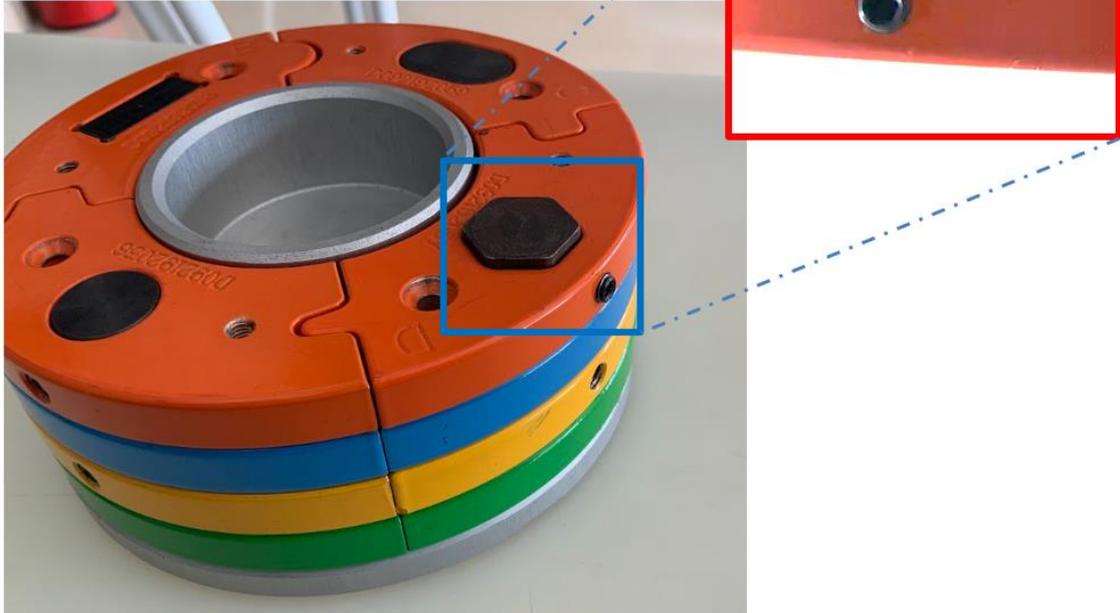


Ilustración 51. Otras causas: inserto no alineado con sector.

Es clave por lo tanto en estos procesos, definir un estándar de trabajo claro y conciso, el cual conste, no únicamente de la secuencia de operaciones, si no de los tres documentos clave que conforman el conjunto de documentación del estándar:

- Tabla de combinación de tareas: secuencia de operaciones la cual debe respetar el operario en la que incluirá, además, los tiempos definidos para cada una de las operaciones y el tiempo total del puesto.
- Hoja de Instrucciones: detalle de cada una de las operaciones por la cual se define y concreta cómo realizar cada una de las operaciones, incluyendo puntos referentes al aseguramiento de la Calidad, ergonomía...
- Lay-Out: con la descripción y ubicación de cada uno de los puntos del proceso.

d) Otras causas: Ausencia de tornillo en un nivel intermedio

En este caso, rápidamente asociaríamos la causa de ocurrencia a un olvido del operario o una falta de respeto del estándar de trabajo. La ausencia de tornillo en cualquiera de los niveles generaría una holgura y, por lo tanto, un ruido:

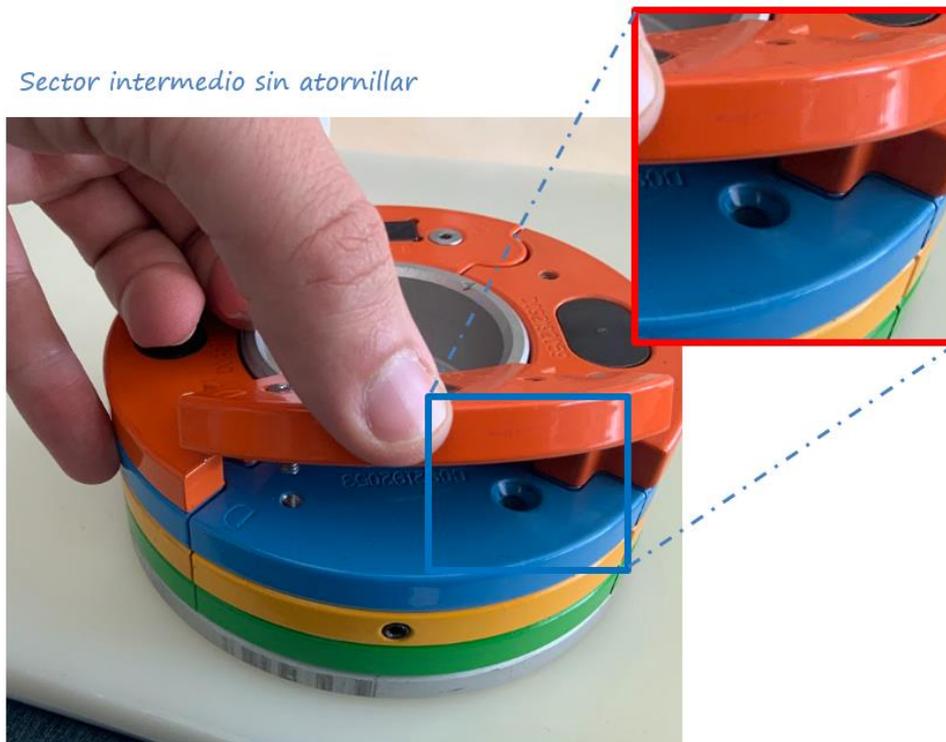


Ilustración 52. Otras causas: sector intermedio sin atornillar.

Debemos de tener en cuenta que, la Escuela Lean carece de automatización, por lo cual, se carece de controles de procesos que, con gran probabilidad y en base al estudio y desarrollo del AMFE-P (Análisis Modal de Fallos y Efectos de Proceso), incluiría sistemas capaces de detectar, por ejemplo:

- Contaje de número de atornillados por pieza
- Par y ángulo aplicados
- Correspondencia en cuanto a ubicación de los tornillos
- Evitar aplicar un doble atornillado en un mismo punto

Estos sistemas son actualmente ampliamente utilizados en el sector industrial de cara a asegurar el proceso de las empresas mediante la interconexión del PLC con la línea de fabricación.

e) Otras causas: sector no atornillado por par insuficiente

Obviando lo que acabamos de comentar en el apartado c) en cuanto a la carencia de automatización de la línea, la efectividad el par de apriete en la Escuela Lean es subjetiva al operario que esté realizando la tarea, por lo tanto, habrá ocasiones en el que el par de apriete sea elevado evitando de esta manera la ausencia de holguras y, por el contrario, otras ocasiones en el que la subjetividad de la operación haga que el par de apriete aplicado no sea suficiente como para evitar esa holgura de las piezas que conlleva al efecto cliente denunciado:

Tornillos no suficientemente atornillados a los sectores



Ilustración 53. Sectores no atornillados completamente.

Como es este caso, en las ocasiones en las que el proceso o el producto permita esa subjetividad, las organizaciones deben ser capaces de reducir la misma con una correcta y especificada definición del estándar, en donde claramente indique cómo debe de realizarse la operación para únicamente generar piezas conformes.

Haciendo una extracción de las indicaciones dadas en el estándar de trabajo:

2.	Atornillar los sectores A B C y D a la base	1) - con la mano 2) - empujando los sectores hacia el centro de la base
3.	Bloquear los insertos a b c y d en los sectores	1) - con la mano 2) - con la mano

Ilustración 54. Secuencia de operaciones de atornillado.

Vemos que pueden llegar a ser inconcretas dando lugar a una posible subjetividad y, por lo tanto, variabilidad en la producción de las piezas.

5.5. Definir acciones correctivas

Definimos acciones correctivas como las acciones implementadas por la organización para erradicar la ocurrencia de un defecto o, en caso de que el problema no pueda ser eliminado, que sea eficazmente detectado. Para ello, debemos de ser capaces de implementar acciones que engloben tanto las causas de ocurrencia obtenidas a partir del análisis realizado en el apartado anterior, como las de no detección.

Siguiendo el esquema utilizado en el Capítulo 3, cuando se explicaba el procedimiento para la correcta elaboración de las acciones correctivas, para el ejemplo utilizado, debemos considerar todas y a cada una de las causas definidas y analizar:

- Cuál es el punto de control o característica que nos determina la causa raíz. En nuestro caso, el estado en el que se encuentre el utillaje utilizado en el ensamblado de las piezas, es decir, el cabezal.
- Si existe un estándar en el cual se haga referencia a la situación, que como hemos podido comprobar en el análisis, carecemos del mismo.
- Cuál sería la situación que genera la pieza NOK y cuál sería la situación OK que genera la pieza OK
- Y una comparación entre la situación OK y el estándar definido ya que, si la situación OK y el estándar definido difieren o el estándar y la situación NOK son similares, debemos de realizar una revisión de este para ver dónde se encuentra el problema:

Causa raíz potencial		Punto de Control	STD?	Estándar	Real Situation		STD vs OK?
Nº	Causa raíz potencial del diagrama de bloques	Cómo medir / caracterizar la Causa Raíz Potencial	SI (O) NO (X)	¿Cuál es el criterio OK del estándar existente?	NOK (Datos)	OK (Datos)	OK (O) NOK (X)
03	<i>Medios de control NOK porque el ángulo de inclinación acrecenta el deterioro de la cabeza del atornillador</i>	<i>Cabezal del atornillador pasado</i>	X	<i>No existe estándar</i>	<i>Cabezal atornillador pasado</i> 	<i>Cabezal atornillador OK</i> 	X

Ilustración 55. Confirmación causa ejemplo Escuela Lean.

Este primer análisis nos ayuda a concretar o realizar una comparativa clara entre lo que tenemos definido en el caso de que lo haya, cómo se ha generado la pieza NOK y cómo se ha generado la pieza OK. Esta comparativa, aunque es un básico, es de gran utilidad, a la hora de definir o comenzar con las acciones de investigación, pudiendo encaminar en gran medida el análisis.

En este punto, cuando hablamos de estándar, no nos referimos únicamente a las operaciones que se tienen que realizar por parte de los operarios de que se encargan de la fabricación de las piezas, sino que también debemos de tener en cuenta todo tipo de procedimientos definidos y que impacten directamente al problema, donde nos podemos encontrar, por ejemplo, consignas de mantenimiento preventivo, localizaciones dentro del lay-out, controles, etc, es decir, cualquier tipo de actividad que esté estandarizada.

La definición de acciones correctivas debe estar basada en un análisis técnico que corrobore la causa raíz, por supuesto, este análisis técnico (Ilustración 56) debe darse con anterioridad a la implementación e incluso a la definición de las acciones correctivas:

Plan de investigación para validar / eliminar una Causa Raíz Ptencial - Punto de Vista Técnico			
Acciones de Investigación	Resp.	Plazo vs Realizado	Resultado
<p>.-Reproducción del problema inclinando el atornillado.</p> <p>.-Realización de ciclos para comprobar el desgaste según el número de ciclos en posición perpendicular para verificar el desgaste de la punta del atornillador.</p> <p>.-Realización de ciclos para comprobar el desgaste según el número de ciclos en posición inclinada para verificar el desgaste de la punta del atornillador.</p> <p>.-Verificar el material utilizado en el atornillador. <i>Compatibilidad entre materiales</i></p>	X. Izq	25/04/2024 22/04/2024	<p>.- Problema reproducido</p> <p>.- Ciclos realizados con inclinación, deterioro a los 50.000 ciclos.</p> <p>.- Ciclos realizados con inclinación, deterioro a los 20.000 ciclos.</p> <p>.- Acero S2 compatible con tornillos inoxidables.</p>

Ilustración 56. Acciones de investigación ejemplo ruido en solectrón.

Continuando con el ejemplo que estamos desarrollando, suponiendo el hecho, verificamos y confirmamos que la causa raíz obtenida es la correcta. Basándonos en análisis técnicos, realizados con los atornilladores y en la ficha de inspección técnica del producto, confirmamos que el deterioro de la herramienta se incrementa en más del doble cuando la utilización de la herramienta se hace de forma inclinada y no perpendicular a la pieza:

- Ciclos con atornillado perpendicular: 50.000 ciclos
- Ciclos con atornillado inclinado: 20.000 ciclos

Se observa una reducción de más de 50% de la vida útil de la herramienta. Esto por consiguiente es un problema, no solo de Calidad sino también de aumento del coste de mantenimiento al tener que sustituir las herramientas con mayor premura que con una utilización normal.

Observando estos hechos se ve claramente dos vías de trabajo claras en las que hacer hincapié:

- 1º. Evitar que se atornillen piezas de forma inclinada. → Actuando sobre la Ocurrencia.
- 2º. Evitar utilizar el útil desgastado de cara a no generar piezas No Conformes. → Actuando sobre la no detección.

Cada proceso es diferente y único, por lo que, la idoneidad de las acciones dependerá de si las mismas pueden ser realizables o no. Para este caso práctico, teniendo en cuenta el sistema de fabricación manual utilizado en la Escuela Lean y que el caso en estudio es un caso hipotético, vamos a suponer ciertas acciones que podrían llevarse a cabo. Por supuesto, en el ámbito industrial, existen infinidad de acciones a llevar a cabo, las cuales deben ser capaces de asegurar la conformidad de la producción con un coste de implementación de acuerdo con el producto y a la tasa de rechazo existente.

Aunque debemos implementar acciones tanto para la causa de ocurrencia como para la causa de no detección, siempre es más interesante que se realicen unas acciones ante la ocurrencia robustas, que eviten producir piezas No Conformes y evitar por tanto la generación de scrap o el riesgo de que una pieza No Conforme pase al Cliente final.

1°. Evitar que se atornillen piezas de forma inclinada. → Actuando sobre la Ocurrencia.

En nuestro caso, la ocurrencia la hemos definido como el desgaste producido en la cabeza del atornillador debido al uso de este de forma inclinada, por lo que sería lógico que las acciones fueran encaminadas a evitar que el operario tuviera la posibilidad de atornillar las piezas de forma diagonal. Los procesos manuales no son repetitivos, por lo tanto, debemos evitar que las personas que trabajan en la producción de las piezas tengan la posibilidad de equivocarse. Para ello, una de las propuestas realizadas, obtenidas del Brainstorming dentro de la Escuela Lean sería la implementación de un soporte rotacional que forzara al operario a atornillar la pieza de forma perpendicular, tanto para los prisioneros que cerrojan los insertos como para los tornillos que retienen los sectores. En las siguientes ilustraciones podemos ver un diseño prototipo:

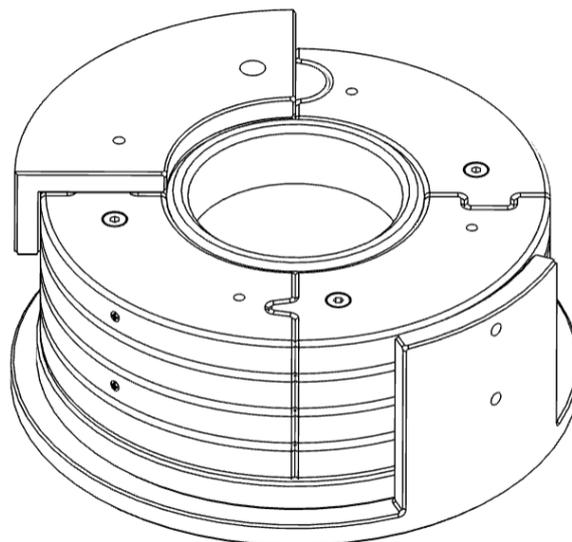


Ilustración 57. Diseño Poka-Yoke físico.

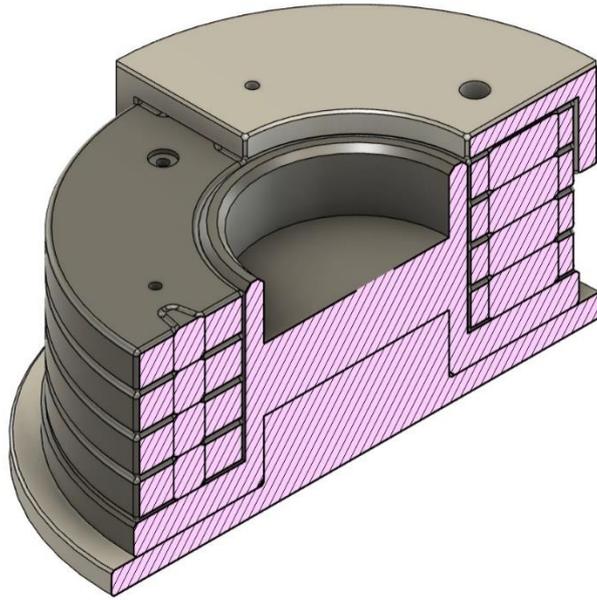


Ilustración 58. Sección diseño Poka-Yoke físico.

El cual puede ser de fácilmente industrializable mediante una máquina de impresión 3D:

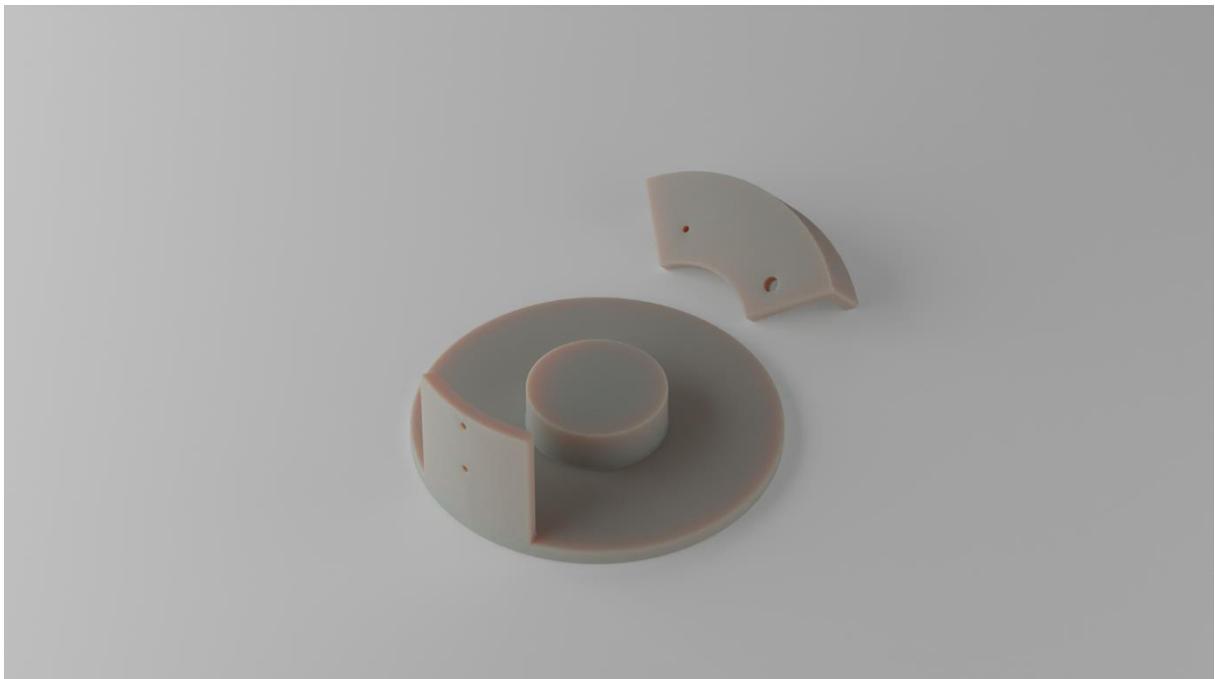


Ilustración 59. Impresión 3D solución Poka-Yoke físico.

Y utilizado a modo de Poka-Yoke físico de cara a evitar o, al menos, reducir el desgaste de la punta del atornillador por su uso indebido, ya sea atornillando los sectores:

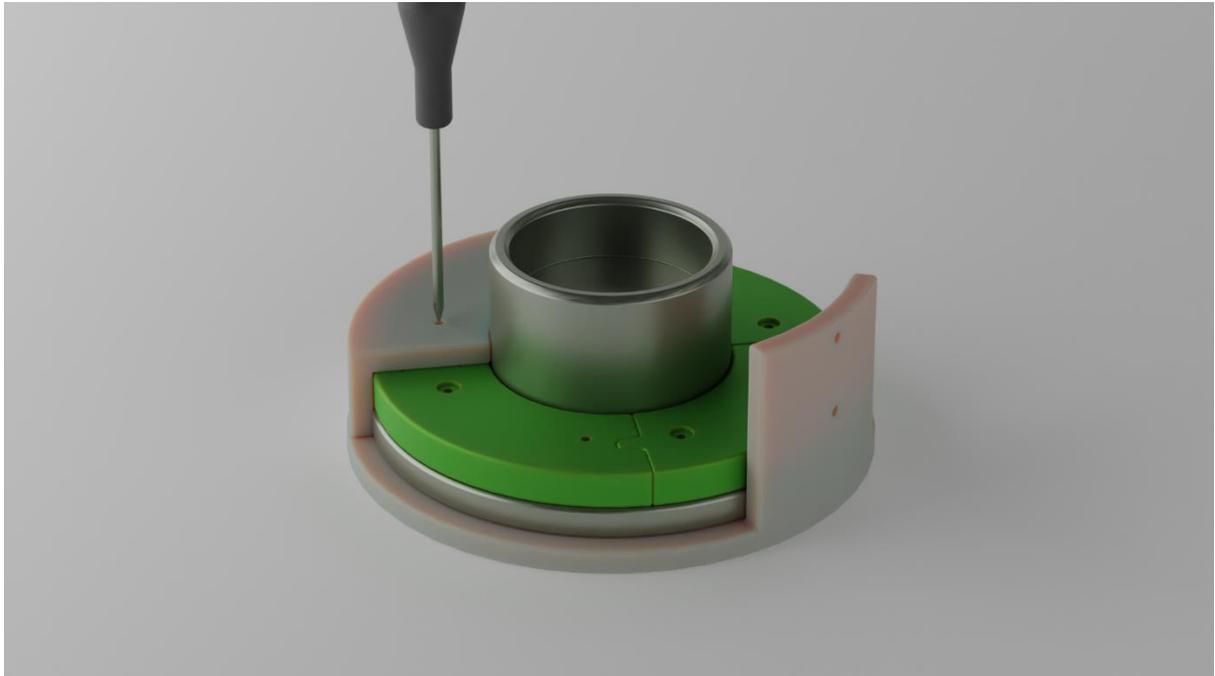


Ilustración 60. Atornillado sectores mediante Poka-Yoke físico.

Tanto como para atornillar los insertos con los prisioneros:

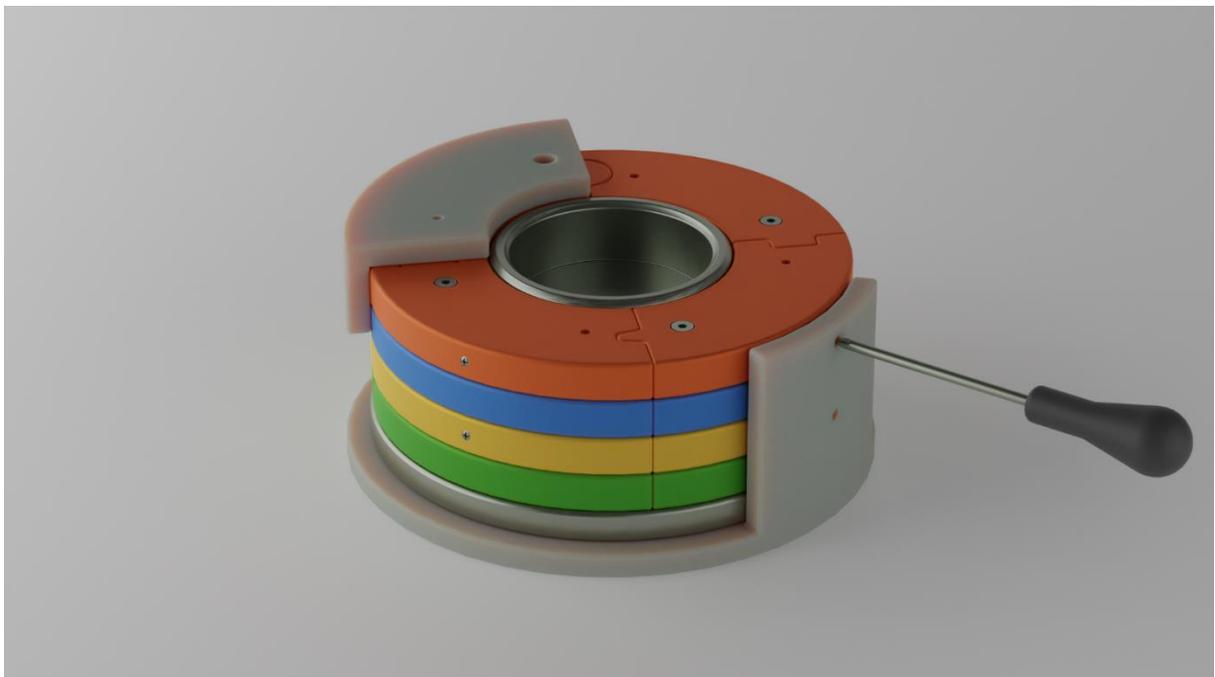


Ilustración 61. Atornillado sectores mediante Poka-Yoke físico.

2°. Evitar utilizar el útil desgastado de cara a no generar piezas No Conformes. → Actuando sobre la no detección.

Con respecto a las acciones de investigación realizadas, se ha podido concluir los ciclos de uso para los cuales las herramientas continúan en estado óptimo de utilización. Esto nos lleva a tener que definir un control sobre las herramientas a tipo de mantenimiento preventivo, también llamado TPM (Mantenimiento productivo total) e incluido dentro de la metodología Lean de cara a eliminar las pérdidas ligadas a paradas de producción, calidad o incluso accidentes los cuales reducen la eficiencia y por lo tanto aumentando los costes de los procesos de producción. Para ello, podemos seguir los siguientes pasos:

1. Identificar y listar todo equipo de utillaje. En el caso de la Escuela Lean, debemos identificar con un número de serie todos y cada uno de los atornilladores.
2. Establecer los intervalos de mantenimiento o revisión. Teniendo en cuenta las características del proceso, ciclos de atornillador de cada puesto, de cada solectrón, la vida útil de la herramienta... Podemos definir la frecuencia con la que debemos sustituir el utillaje.
 - a. Vida útil de los atornilladores: 50.000 ciclos.
 - b. Ciclos de atornillado por solectrón: 24 ciclos
 - i. 8 insertos
 - ii. 16 sectores
 - c. Ciclos por puesto, suponiendo que los mismos están equilibrados a nivel de atornillados: 6 ciclos

Conseguimos conocer cada cuantas piezas producidas se deberán de sustituir los atornilladores:

$$Frecuencia\ de\ Cambio = \frac{50.000\text{ciclos}}{\frac{24\text{ ciclos/pieza}}{6\text{ciclos/puesto}}} = 12.500\text{ piezas}$$

3. Determinación de las tareas a realizar que, para el caso de los atornilladores, al no tener capacidad de reparación, deben ser sustituidos.
4. Una vez definido el mantenimiento a realizar, se debe de llevar a cabo con una serie de pautas. Realizando el control necesario para poder programar el mismo y evidenciando la actividad realizada mediante registros.

El mantenimiento preventivo se es una inversión estratégica para mejorar la eficiencia de los equipos y sistemas de producción, garantizando una producción fluida y evitando por tanto costes a largo plazo o interrupciones de la producción no previstas. En resumen, el mantenimiento preventivo es una pieza fundamental en cualquier operación que busque la excelencia y la sostenibilidad.

Debemos de ser capaces de realizar un listado completo con todas las acciones a realizar (Ilustración 62) en el cual se incluya cuál es la acción, el responsable y el plazo para la realización de la acción:

Causa Raíz Validada	Acciones técnicas	Responsable	Deadline / Realizado	Efecto? (S/N)	Nuevo riesgo detectado? (Y/N)
03	Realización e industrialización del Poka-Yoke físico de atornillado	Ing	05/06/2024 02/10/2024	Y	N
03	Definición del mantenimiento preventivo	Mto	05/06/2024 02/10/2024	Y	N
03	Modificación del estándar de trabajo y formación a los operarios en el nuevo método operatorio	Prd	05/06/2024 02/10/2024	Y	N

Ilustración 62. Plan de acciones correctivas.

Definir plazo y responsable son dos de las cosas importante a la hora de crear el Plan de Acción, ya que hasta que estas acciones no se lleven a cabo, no se podrán eliminar las acciones de contención implementadas en el proceso de forma temporal.

5.6. Verificar la eficacia de las acciones

Una vez implementadas las acciones, no se debe confiar en que las mismas van a ser completamente efectivas, si no que, como indicamos en el capítulo cuarto, se debe de realizar un seguimiento de cada modo de fallo. Concretamente en el sector de la automoción, y debido a las expectativas de Satisfacción Cliente requeridas por las OEM's en búsqueda de la menor incidentología, una acción se considera no efectiva cuando existe tan solo una pieza que posee el defecto habiéndose implementado ya las diferentes acciones para su eliminación. En la siguiente ilustración observamos un Plan de Convergencia real de un proveedor del sector de la automoción en el que ciertas acciones implementadas no han sido completamente efectivas y por lo tanto se han debido implementar otro tipo de acciones para evitar la reocurrencia del problema.

Acción	Resp.	Deadl. / Realizado
Instrucciones de trabajo (Especificaciones, planos, procedimientos, ...)	Prod	15/06/2024 30/06/2024
AMDEC / Risk Assessment	Met	15/06/2024 30/06/2024
Plan de Control	Met	15/06/2024 30/06/2024
Implementación de las acciones técnicas	Ing	15/06/2024 30/06/2024
Lecciones aprendidas	Caldiad	15/06/2024 30/06/2024

Ilustración 64. Documentación para actualizar para evitar la reocurrencia del problema.

5.8. Reconocer al equipo

El reconocimiento al equipo por parte de la Dirección de la Empresa es uno de los aspectos fundamentales y que se debería de dar en todas y cada una de las Organizaciones. Hay que tener en cuenta que, en la actualidad vivimos inmersos en una industria que se está, cada vez más, automatizando y complejizando, donde los productos también cada vez son más sofisticados, con mayores prestaciones y por lo tanto complejidad, por lo que ciertos problemas se hacen a su vez mucho más complejos de resolver. Esto hace que el equipo de trabajo encargado de llevar a cabo la dinámica de resolución de problemas necesite un expertise y conocimientos cada vez mayor.

6. Estudio Económico

El presente Estudio Económico abarca únicamente los costes que se pudieran haber producido con la realización de la dinámica de resolución de problemas desarrollada para el ejemplo escogido en la Escuela Lean, es decir, los costes salariales de todo el personal inmerso en la dinámica desglosado en las diferentes etapas del proceso, así como las actividades realizadas e inversiones. La implementación de cualquier tipo de acción en el proceso sea del tipo de que sea, de realización continua, frecuencial o sobre los procedimientos previamente definidos, conllevan un sobrecoste económico que debe ser evaluado por parte de la Empresa.

Podemos definir un seguimiento de costes o estudio económico de las diferentes etapas dentro de la metodología de la resolución de problemas. Este seguimiento o estudio o estimación de costes puede llevarse a cabo de forma similar a un proyecto, ya que, habrá una serie de acciones que conllevarán unos costes en los que se incurrirán hasta la definición e implementación de las acciones definitivas.

6.1. Organigrama del Proyecto

Como indicado durante el desarrollo del Trabajo, la dinámica llevada a cabo por la empresa debe contar con todos los departamentos existentes en la organización, capaces de aportar todo tipo de visión respecto el tema a tratar. El organigrama se basaría en un Piloto del cual dependería el resto de los colaboradores, que en nuestro caso hemos supuesto de:

- Piloto: jefe Departamento Montaje
- Equipo:
 - Operario de Montaje
 - Jefe Departamento Logística
 - Operario desmontaje

6.2. Fases del Estudio económico

Las Fases del Estudio Económico van a coincidir con cada una de las etapas en las que está dividida la dinámica con la que estamos trabajando.

- En la Etapa 1-4, consideraremos el coste de implementación de todas y cada una de las actividades llevadas a cabo para garantizar que los lotes expedidos carecen del problema, además de la horas dedicadas para ello del personal que pilota cada una de las actividades.
- En la Etapa 5-6, incluiremos todos los costes relacionados con los análisis, estudios e implementaciones técnicas de cara a buscar la causa raíz del problema, así como las acciones de contención en la propia línea. Así mismo, si se ha

subcontratado alguna otra actividad, como puede ser el diseño y producción de Poka-Yoke de proceso, estos costes deben de estar incluidos.

- Concluiríamos con la etapa 7-8, donde la implementación de las acciones y actualización de toda la documentación nos daría lugar al nuevo precio o coste pieza. El objetivo siempre en estas dinámicas, no es únicamente solucionar el problema con acciones robustas, si no que estas acciones tengan una implementación que no sea costosa y con el mínimo impacto posible.

6.2.1. Estudio Económico Etapas 1-4

Como se ha comentado en la introducción del apartado, en el estudio económico de las Etapas 1-4 incluiremos todas las actividades de protección llevadas a cabo para securizar al cliente. Del ejemplo estudiado, a través del Plan de acciones, obtenemos las siguientes actividades:

Alerta de Calidad en los puestos de montaje y Control de Calidad. Alerta de Calidad agitando el solectrón, desde 03/05/2024. Esta acción supondría un aumento de la carga de trabajo de 3 segundos en cada uno de los 5 puestos de montaje, coste el cual deberemos de evaluar según la información obtenida de la siguiente tabla de costes laborales.

Revisión de dos lotes antes de la entrega al cliente.

Además, de las acciones, tendremos que incluir una serie de costes que la empresa tendrá que soportar, como pueden ser reuniones de equipo, incremento de precio pieza por actividades a mayores, etc. Para su cálculo, nos basaremos en un convenio obtenido de una de las empresas vallisoletanas del sector del metal, de donde obtenemos los siguientes costes laborales internos:

Tabla 2. Costes laborales según convenio colectivo.

Concepto	Resp. Producción	Resp. Producción	Supervisor 1	Supervisor 2
Clasif. Prof.	Grupo 1 Ing. Y Licen.	Grupo 1 Ing. Y Licen.	Grupo 4 Encargado	Grupo 4 Encargado
Sueldo	30.886,94€	30.886,94€	23.116,66€	23.116,66€
S.Social (35%)	10.810,43€	10.810,43€	8.090,83€	8.090,83€
Total:	41.697,37€	41.697,37	31.207,49€	31.207,49€
Coste Hora	25,8€	25,8€	19,31€	19,31€
Coste Semanal	947,66€	947,66€	709,26€	709,26€

Por otro lado, supondremos una tasa horaria para la empresa de selección encargada de la securización del stock enviado de 28€/hora. Así mismo, obtenemos un incremento de precio pieza de:

$$\Delta \text{precio pieza} = \Delta \text{tiempo} \times n^{\circ} \text{puestos} \times \text{tasa horaria}$$

$$= 3 \text{ seg} \times 5 \text{ puestos} \times 0,005363889 \frac{\text{€}}{\text{seg}} = 44\text{€}$$

El resumen de todos los costes de esta etapa se puede ver resumido en la siguiente Ilustración:

	Nº Horas	Nº Personas	Coste Unitario	Nº Piezas	ΔPrecio/Pieza	Total
Etapas 1-4						
Protección Cliente	1	1	28,00 €			28 €
.- Reuniones internas Mano de obra Indirecta	6	2	25,80 €			310 €
.- Reuniones internas Mano de obra Directa	4	2	19,31 €			154 €
.- Incremento precio pieza por operaciones a mayores				550	0,08 €	44 €
.- Incremento precio pieza por acciones paliativas				0		
.- Gastos de gestión de la protección						
.- Otros gastos						
Gestión de piezas No Conformes				0		
Total Etapas 1-4						536 €

Ilustración 65. Desglose costes Etapas 1-4

6.2.2. Estudio Económico Etapas 5-6

Entre los costes que debemos tener en cuenta a la hora de evaluar y realizar el estudio económico se encuentran los incurridos en el análisis de la situación y propuestas de solución por parte del equipo de trabajo. Así mismo, debemos de tener en cuenta las acciones de contención a implementar.

Dentro de las acciones técnicas implementadas, se encontrarán todas las citadas en las Ilustraciones 49 y 55. Como acciones de investigación se realizaron las siguientes actividades:

- .-Reproducción del problema inclinando el atornillado.
- .-Realización de ciclos para comprobar el desgaste según el número de ciclos en posición perpendicular para verificar el desgaste de la punta del atornillador.
- .-Realización de ciclos para comprobar el desgaste según el número de ciclos en posición inclinada para verificar el desgaste de la punta del atornillador.
- .-Verificar el material utilizado en el atornillador. Compatibilidad entre materiales.

Mientras como acciones correctivas:

- .- Realización e industrialización del Poka-Yoke físico de atornillado

- Definición del mantenimiento preventivo.
- Modificación del estándar de trabajo y formación a los operarios en el nuevo método operatorio

Estas actividades de análisis, van a suponer también un coste para las empresas ya que, de cara a realizar los mismos, se utilizarán piezas, herramientas, etc, que, posteriormente, deberán ser chatarreadas sin generar un rendimiento económico real.

Por otro lado, vamos a suponer que las acciones de desarrollo y diseño del producto o nuevo medio con el que se contaría en la Escuela Lean para evitar la problemática, se han encargado a un Estudio externo, así mismo, se les ha encargado la fabricación del utillaje, lo cual consideraremos un gasto o inversión en “Tooling”.

Por otro lado, otra de las acciones indicadas en el plan de mantenimiento se trata de la sustitución frecuencial, cada 50.000 ciclos, de los atornilladores. En el estudio económico, este concepto a modo de amortización le vamos a incluir como precio pieza, ya que los costes en los que incurriremos variarán en función del número de piezas. En el sector de la automoción, cuando existe una inversión elevada en la que los pagos o las amortizaciones dependen del número de piezas fabricadas, los ERP de gestión (Enterprise Resource Planning), permiten introducir un token, incremento de precio a la pieza, en todas las piezas a las que se haya considerado introducir o amortizar ese concepto, en nuestro ejemplo teniendo en cuenta una producción de 50.000 piezas.

Para el consumo en atornilladores:

$$\Delta \text{precio pieza} = \frac{\text{Coste del atornillador} \times \text{n}^\circ \text{ puestos}}{\text{n}^\circ \text{ de ciclos}} = \frac{12\text{€} \times 8 \text{ puestos}}{50.000}$$

$$= 0,00192\text{€/pieza}$$

Para la inversión en la fabricación de los modelos Poka-Yoke, la inversión total sería:

$$\begin{aligned} \text{Inversión total por medios Poka – Yoke} \\ &= \text{Coste de cada modelo} \times \text{n}^\circ \text{ modelos necesarios} = 55\text{€} \times 120 \text{ bases} \\ &= 6.600\text{€} \end{aligned}$$

$$\Delta \text{precio pieza} = \frac{\text{Coste de la base} \times n^{\circ} \text{ bases}}{n^{\circ} \text{ de ciclos}} = \frac{55\text{€} \times 120 \text{ bases}}{50.000 \text{ ciclos}} = 1,056\text{€/pieza}$$

Etapas 5-6						
Análisis						4.693 €
	.-Mano de obra Indirecta	59	2	25,80 €		3.044 €
	.-Mano de obra Directa	32	2	19,31 €		1.236 €
	.-Técnicos	16	1	25,80 €		413 €
Acciones de Contención						0 €
	.- Incremento precio pieza por operaciones a mayores					0 €
	.- Incremento precio pieza por acciones paliativas					
Definición e Implementación de acciones						9.626 €
	.-Desarrollo prototipos	32	1	35,00 €		1.120 €
	.-Fabricación de los modelos			55,00 €	120	6.600 €
	.-Actualización de procedimientos y documentación	8	1	25,80 €		206 €
Gestión de piezas No Conformes						1.700 €
				68,00 €	25	
Inversiones						96 €
	.-Atonilladores			96,00 €	50000	0,00192 €
Total Etapas 5-6						14.415 €

Ilustración 66. Desglose costes Etapas 5-6

6.2.3. Estudio Económico Etapas 7-8

Al llegar a las etapas 7-8, las acciones deben de estar completadas y en curso, por lo que las acciones a llevar a cabo se basan, principalmente en la verificación y confirmación de las mismas por parte del equipo de trabajo.

Etapas 7-8						
Retex y Verificación de acciones						
	Seguimiento de acciones y confirmación efectividad	16	1	25,80 €		413 €
	Actualización de documentación					980 €
	.-PFMEA	8	1	25,80 €		206 €
	.-Reverse FMEA	4	2	25,80 €		206 €
	.-Control Plan	6	2	25,80 €		310 €
	.-Lecciones aprendidas	2	5	25,80 €		258 €
Otros conceptos						130 €
	.-Penalizaciones Cliente					130 €
Total Etapas 7-8						1.110 €

Ilustración 67. Desglose costes Etapas 7-8

6.3. Costes totales

Como veníamos anunciando desde el comienzo del Trabajo Fin de Máster, la realización de este tipo de dinámicas, van a suponer la generación de unos costes los cuales las empresas incurrirán por la No Calidad generada en su proceso o su producto:

	Nº Horas	Nº Personas	Coste Unitario	Nº Piezas	ΔPrecio/Pieza	Total
Etapas 1-4						
Protección Cliente	1	1	28,00 €			28 €
- Reuniones internas Mano de obra Indirecta	6	2	25,80 €			310 €
- Reuniones internas Mano de obra Directa	4	2	19,31 €			154 €
- Incremento precio pieza por operaciones a				550	0,08 €	44 €
- Incremento precio pieza por acciones				0	- €	
- Gastos de gestión de la protección						
- Otros gastos						
Gestión de piezas No Conformes				0		
Total Etapas 1-4						536 €
	Nº Horas	Nº Personas	Coste Unitario	Nº Piezas	ΔPrecio/Pieza	Total
Etapas 5-6						
Análisis						4.693 €
- Mano de obra Indirecta	59	2	25,80 €			3.044 €
- Mano de obra Directa	32	2	19,31 €			1.236 €
- Técnicos	16	1	25,80 €			413 €
Acciones de Contención						0 €
- Incremento precio pieza por operaciones a						0 €
- Incremento precio pieza por acciones						
Definición e Implementación de acciones						9.626 €
- Desarrollo prototipos	32	1	35,00 €			1.120 €
- Fabricación de los modelos			55,00 €	120	1,05600 €	6.600 €
- Actualización de procedimientos y	8	1	25,80 €			206 €
Gestión de piezas No Conformes			68,00 €	25		1.700 €
Inversiones						96 €
- Atonilladores			96,00 €	50000	0,00192 €	96 €
Total Etapas 5-6						14.415 €
	Nº Horas	Nº Personas	Coste Unitario	Nº Piezas	ΔPrecio/Pieza	Total
Etapas 7-8						
Retex y Verificación de acciones						
Seguimiento de acciones y confirmación	16	1	25,80 €			413 €
Actualización de documentación						980 €
- PFMEA	8	1	25,80 €			206 €
- Reverse FMEA	4	2	25,80 €			206 €
- Control Plan	6	2	25,80 €			310 €
- Lecciones aprendidas	2	5	25,80 €			258 €
Otros conceptos						130 €
- Penalizaciones Cliente						130 €
Total Etapas 7-8						1.110 €
Coste total del ejercicio						16.062 €

Ilustración 68. Costes totales de la dinámica

7. Conclusiones

Con el presente Trabajo Fin de Máster, se ha podido elaborar una explicación clara y sencilla de las herramientas y dinámicas que las empresas realizan en su día a día bajo los requisitos establecidos por las diferentes normas y, por consiguiente, exigidas por sus Clientes.

La dinámica de resolución de problemas es una dinámica, como hemos visto en el presente Trabajo Fin de Máster, compleja y extensa, pero a la vez se trata de una dinámica que permite llevar a cabo un trabajo reconfortante en el cual se consiga el fin último que como hemos repetido en múltiples ocasiones a lo largo de todo el trabajo, se trata de evitar la reocurrencia.

La Calidad debe ser uno de los indicadores principales en los KPI's de todas las empresas, evaluando, reduciendo y evitando cualquier tipo de coste de No Calidad, esto hará que se pueda anticipar a los problemas que supondrían un problema en el Cliente Final, con el consiguiente descredito y mala imagen que esto pueda generar entre los posibles o futuros clientes. Para ello, es imprescindible desplegar unos sub-indicadores que nos hagan llegar a esa excelencia a partir de dinámicas como la expuesta en el presente trabajo. Debemos tener claro tanto los conceptos, en cada uno de los apartados, como los objetivos.

En la primera etapa, debemos de tener claro que la prioridad es proteger al cliente del problema detectado, asegurando el que efecto cliente no llegará en ningún caso a este mediante las acciones implementadas. En la segunda etapa para contener el problema en las instalaciones propias, se mejorará la efectividad mediante acciones más enfocadas al problema y en la tercera etapa corregir de raíz el mismo mediante acciones robustas, eficientes y económicamente viables.

Actualmente, existen múltiples empresas de gestión integral para la industria en las que se desarrollan aplicaciones acordes con los procedimientos de cada empresa y que agilizan, digitalizan y mejoran todo tipo de procesos. Estas empresas como por ejemplo MLean, han presentado y presentan una buena acogida dentro del sector debido a la sencillez de utilización y de manejo. Este es uno de los principales avances dados en lo relativo a la gestión de calidad, pasando de extensos procedimientos y sus consiguientes actividades a una simplificación de todo el sistema de gestión de forma que, mediante un dispositivo tipo Tablet, todas las actividades, datos, seguimientos, registros, etc, están completamente interconectados y automáticamente digitalizados y procesados.

Con estas claves y los detalles indicados en el trabajo, a través de las nuevas herramientas digitales desarrolladas como de la que acabamos de hablar, las empresas conseguirán los objetivos marcados a nivel de Calidad y, por supuesto, de No Calidad, lo cual, podemos comprobar que afecta directamente en los aspectos económicos y, por lo tanto, en los resultados de las empresas.

8. Bibliografía

Norma de Sistema de Gestión de la Calidad del Automóvil

International Automotive Task Force. IATF 169494 Edición 2016. Requisitos de sistema de gestión de calidad para organizaciones productoras de piezas y piezas de recambio en automoción

Norma Española. Sistema de gestión de la Calidad. Requisitos

ISO 9001 Sep. 2015. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)

New Global FMEA Standard. FMEA alignment AIAG and VDA.

Ing. Büro Pfeufer. Raising the profile of the Automotive Quality Management Profession. SMMT A QMS. Automotive Quality Management Systems Conference. 2018

Presentación Escuela Lean.

Curso 2023/2024

Learning by Doing: A Handbook for Professional Learning Communities at Work.

Tercera Ed. Richard Dufour (Author), Rebecca DuFour (Author), Robert Eaker (Author), Thomas Many (Author)

Chandezon, G. (1998).

Hacia la calidad total. Granica.

Revista Economía Industrial N° 330/1999.

Evolución de la calidad: de la conformidad con las certificaciones a la satisfacción del cliente. José Salís López. Director del Centro de Producción de Madrid. PSA Peugeot Citroën. Consultado en: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/330/09jsal.pdf> , consultado el 13/12/2023

Control Estadístico de Procesos.

R. Carro Paz y D. González Gómez. Universidad Nacional del Mar de Plata.
Consultado en:
http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1617/1/12_control_estadistico.pdf,
consultado el 07/02/2024

¿Cómo llevar sus índices de rechazo a cero?. Escalhao, A. (2016).

La solución puede ser el POKA-YOKE (sistema anti-errores). Comisión de
Pensamiento Estadístico del Instituto Profesional Argentino para Calidad y la
Excelencia. Consultado en:
[https://www.academia.edu/13253341/C%C3%93MO_LLEVAR_SUS_
%C3%8DNDICES_DE_RECHAZO_A_CERO_LA_SOLUCI%C3%93N_PUED
E_SER_EL_POKA_YOKE_SISTEMAS_ANTI_ERRORES](https://www.academia.edu/13253341/C%C3%93MO_LLEVAR_SUS_%C3%8DNDICES_DE_RECHAZO_A_CERO_LA_SOLUCI%C3%93N_PUED_E_SER_EL_POKA_YOKE_SISTEMAS_ANTI_ERRORES)

El Ciclo de Deming: una estrategia de mejora continua de la calidad de las empresas.

UNIR Revista. Consultado en: <https://www.unir.net/ingenieria/revista/ciclo-de-deming-pdca/>. Visitado 10/03/2024

¿Qué es Lean Six Sigma? - Green Box Institute. 2024. L.F. Osorio

Visitado el 06/04/2024 en: <https://greenboxinstitute.com/2021/09/que-es-lean-six-sigma/>

Lean School: A Practical Space of Cooperative Learning from the Factory to the University.

In Advances in Management Engineering . Gento, Á. M., de Benito-Martín, J. J.,
Sanz-Angulo, P., & Pascual-Ruano, J. A. (2017). (pp. 209-220). Springer, Cham.

Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación.

Madrid: Fundación EOI.. Hernández Matías, J. C. y Vizán Idoipe, A. (2013).

Desarrollo de un juego didáctico para el aprendizaje de herramientas Lean. Universidad
de Valladolid. Sanz, A. (2018).

Estados de referencia de la fabricación de coches L34N en la Escuela Lean. Universidad
de Valladolid. Sanz, E. (2018).

Recursos didácticos Renault Group. Confidencial.

Recursos didácticos Faurecia. Confidencial.

Recursos formativos Maier Group. Confidencial.

Ilustración 1. Ejemplo definición técnica de un producto. Plano.	8
Ilustración 2. Ejemplo definición técnica de un producto. Cuadernos de Cargas y ensayos.	9
Ilustración 3. Etapas de la Gestión de Calidad a lo largo de la historia.	11
Ilustración 4. LinkedIn. Customer Satisfaction & Quality Officer	12
Ilustración 5. LinkedIn. Vice President Total Customer Satisfaction & Quality.	13
Ilustración 6. Pirámide de certificaciones Lean Six Sigma.	15
Ilustración 7. Etapa 1-4. Definición del piloto y equipo.	21
Ilustración 8. Definición de la Visión Cliente.....	22
Ilustración 9. Descripción de la Visión de la Organización.	23
Ilustración 10. Definición de las acciones de protección al Cliente.....	25
Ilustración 11. Diagrama de Ishikawa.....	28
Ilustración 12. Diagrama de Bloques.....	34
Ilustración 13. 5 Porqué's y Causa Raíz.....	35
Ilustración 14. 5 Porqué's de No Detección a partir de la Causa de Ocurrencia.....	36
Ilustración 15. Histograma de ocurrencia del problema según el punto de control.....	38
Ilustración 16. Convergencia, seguimiento y previsión de incidencias.	39
Ilustración 17. Confirmación Causa Raíz.....	40
Ilustración 18. Sinóptico de análisis.	41
Ilustración 19. Listado Plan de Acciones.	44
Ilustración 20. Documentación a revisar.	46
Ilustración 21. Pirámide de aprendizaje de Cody Blair. Fuente:Vidal (2007)	50
Ilustración 22. Modelo monovolumen producido en la Escuela Lean.....	51
Ilustración 23. Modelo de Pick-Up Producido en la Escuela Lean.....	52
Ilustración 24. Solectrón producido en la Escuela Lean.....	52
Ilustración 25. Distribución actual Escuela Lean. Empresa Epsilon.....	53
Ilustración 26. Esquema global de flujos logísticos. Fuente: Presentación Escuela Lean 23/24.	54
Ilustración 27. Esquema proceso de Fabricación. Epsilon.. Fuente: Presentación Escuela Lean 23/24.....	55
Ilustración 28. Esquema proceso de Reciclaje. Recyc'Lean. Fuente: Presentación Escuela Lean 23/24.....	56
Ilustración 29. Descomposición solectrón.....	57
Ilustración 30. Planta diferentes niveles solectrón.....	58
Ilustración 31. Puestos de Trabajo Escuela Lean.	59
Ilustración 32. Rendimiento real del proceso.....	60
Ilustración 33. Equipo de Trabajo Escuela Lean.	64
Ilustración 34. Visión Cliente ejemplo Escuela Lean.	64
Ilustración 35. Hoja de Operación Estándar o Tabla de Combinación de Tareas.....	65
Ilustración 36. Controles puesto de trabajo 5.	66
Ilustración 37. No detección inicial ejemplo Escuela Lean.	66
Ilustración 38. Alerta de Calidad en puestos de Control.	67
Ilustración 39. Acciones de protección implementadas.....	68
Ilustración 40. Brainstorming Escuela Lean.....	69
Ilustración 41. Diagrama de Ishikawa ejemplo Escuela Lean.....	70
Ilustración 42. Diagrama de Bloques sobre el Ruido en el Solectrón.	71
Ilustración 43. 5 Porqué's para determinar la Causa de Ocurrencia.....	72
Ilustración 44. Causa constatada deterioro de la cabeza del atornillador.....	73
Ilustración 45. Causa constatada inclinación al atornillar.	73
Ilustración 46. Determinación Causa de No Detección a partir de la Causa de Ocurrencia.	75

Ilustración 47. Otras causas: inserto confundido.....	77
Ilustración 48. Otras causas: insertos mezclados.....	78
Ilustración 49. Otras causas. sectores confundidos.	78
Ilustración 50. Otras causas: sectores confundidos en el área logística.	79
Ilustración 51. Otras causas: inserto no alineado con sector.	80
Ilustración 52. Otras causas: sector intermedio sin atornillar.	81
Ilustración 53. Sectores no atornillados completamente.....	82
Ilustración 54. Secuencia de operaciones de atornillado.	82
Ilustración 55. Confirmación causa ejemplo Escuela Lean.....	83
Ilustración 56. Acciones de investigación ejemplo ruido en solectrón.	84
Ilustración 57. Diseño Poka-Yoke físico.	85
Ilustración 58. Sección diseño Poka-Yoke físico.	86
Ilustración 59. Impresión 3D solución Poka-Yoke físico.....	86
Ilustración 60. Atornillado sectores mediante Poka-Yoke físico.	87
Ilustración 61. Atornillado sectores mediante Poka-Yoke físico.	87
Ilustración 62. Plan de acciones correctivas.	89
Ilustración 63. Plan de Convergencia.....	90
Ilustración 64. Documentación para actualizar para evitar la reocurrencia del problema.	91
Ilustración 65. Desglose costes Etapas 1-4	95
Ilustración 66. Desglose costes Etapas 5-6	97
Ilustración 67. Desglose costes Etapas 8-9.	97
Ilustración 68. Costes totales de la dinámica	98