



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Facultad de ingeniería

Cambio de diseño en panel de instrumentos para optimizar insonorización de un vehículo Fiesta

Empresa: Ford Motor Company

Modalidad de Titulación:
EXPERIENCIA PROFESIONAL

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

Presenta:

Eloisa Salinas Rivera

Cuenta: 300258121

Asesor:
William Vicente Rodriguez

Año:
2015

Contenido

Dedicatoria	v
Resumen	vi
Introducción	vi
Objetivo	viii
Capítulo 1. Ford Motor Company	
1.1 Misión y Visión de la Compañía	1
1.2 El Proyecto Ford Fiesta	1
Capítulo 2. La Calidad en la Industria Automotriz	
2.1 Áreas funcionales de una planta automotriz	3
2.2 La trascendencia de la calidad en la construcción de vehículos	5
2.3 Funciones del departamento de Calidad	6
2.4 Roles y responsabilidades del Ingeniero de Calidad	7
Capítulo 3. Descripción de puesto y presentación de metodología de resolución de problemas	
3.1 Ingeniero de Ruidos y Rechinidos	8
3.2 Metodología de resolución de problemas	9
3.3 Generalidades de la metodología 6 Sigma	10
3.3.1 Diagrama de causa y efecto	11
3.3.2 Capacidad de un proceso	12
3.3.3 Índice de capacidad de un proceso	13
Capítulo 4. Caso práctico: Cambio de diseño de grapas metálicas de panel de instrumentos para optimizar insonorización de un vehículo	
4.1 Definir la voz del cliente	15
4.2 Análisis preliminar	15
4.3 Establecimiento de una acción de contención	17
4.4 Análisis a detalle del caso de estudio	19
4.4.1 Análisis de datos de carrocerías	21
4.4.2 Revisión de datos de control de dimensionales del proveedor del tablero	22

4.4.3 Estudios de torques	23
4.4.4 Revisión de especificación dimensional	24
4.4.5 Revisión de especificación dimensional de interacción entre componentes en la zona de estudio	25
4.5 Presentación de propuestas de acción correctiva permanente	26
4.6 Selección de la Acción Correctiva Permanente	27
Capítulo 5. Conclusiones y comentarios finales	30
Apéndices	
Apéndice a. Generalidades de la industria automotriz	32
Apéndice b. Metodología Six Sigma	36
Mesografía	38

I. Resumen

En el primer capítulo de este trabajo se tratará el tema de la calidad en la industria automotriz y las funciones que lleva a cabo un ingeniero en esta área dentro de Ford mediante una descripción de sus roles y responsabilidad.

En la parte concerniente al caso práctico que abordaremos, nos centraremos en detallar las actividades que realiza el Ingeniero de Calidad para determinar la factibilidad de un cambio de diseño al vehículo Fiesta con el fin de mejorar el diseño del mismo, a partir de identificar las necesidades y requerimientos del cliente.

Se presentará el trabajo que realiza un Ingeniero de Calidad en el área de Ruidos y Rechinidos así como el análisis y desarrollo de un cambio de diseño en el panel de instrumentos en el vehículo Fiesta para evitar una condición de ruido, haciendo uso de la metodología Six-Sigma.

II. Introducción

Ford Motor Company es una empresa multinacional estadounidense fabricante de automóviles con base en Dearborn, Michigan, Estados Unidos. Fue fundada el 16 de junio de 1903 por Henry Ford.

La primera línea de producción en serie de automóviles se hizo en la construcción de su modelo T en 1908 (Figura i). Este hecho cambió para siempre la historia de la producción automotriz, y de la industria en general. Con la cadena de montaje se inicia la producción en serie, de manera que se optimizan los tiempos, los costos y por lo tanto el acceso de muchas personas a su primer automóvil.



Figura i. Modelo Ford T lanzado en 1908.

Las plantas de ensamble de Ford tienen presencia mundial en los 5 continentes, existe actualmente un total de 56 plantas alrededor del mundo (Figura ii).



Figura ii. Presencia global de Ford Motor Company

En lo que respecta a nuestro país, Ford es una industria con más de 85 años de operación ininterrumpida, consolidando su liderazgo como la armadora pionera de la industria automotriz en México

Ford cuenta con tres plantas en nuestro país, la de Hermosillo donde se fabrica el Ford Fusion, y el Lincoln, mientras que en la planta de Chihuahua se manufacturan motores de 2.0 y 2.35 litros, para los vehículos Fusion, Escape, Focus, Escape híbrido, Mariner, Ecosport, Transit y Mondeo, por último en la planta de Cuautitlán en la que he laborado por más de tres años, actualmente se fabrica el Ford Fiesta.

La planta Cuautitlán

En 1962 se inició la construcción del complejo Ford Cuautitlán, el cual incluyó las plantas de fundición, motores, centro de ingeniería de producto, laboratorios de control de calidad y una pista de pruebas.

El complejo fue inaugurado el 4 de noviembre de 1964. 1970 fue un gran año para Ford de México marcando el inicio de operaciones de sus plantas de ensamble en Cuautitlán.

Las operaciones fundamentales van desde el estampado y construcción de carrocerías, pintura de los vehículos, ensamble final (Figura iii) y pre entrega, hasta el embarque de vehículos.

El vehículo Ford Fiesta comenzó a producirse en el 2010 en esta planta, año en el que se hizo una remodelación y adaptación de la planta.



Figura iii. Área de ensamble Final en Planta de Cuautitlán

III. Objetivo

El objetivo de este trabajo es presentar la resolución de un problema práctico en el que he laborado como ingeniera de Calidad y sustentar de esta manera que he adquirido conocimientos, habilidades técnicas así como también herramientas de análisis y resolución de problemas a través de 3 años de trabajar profesionalmente en el área automotriz en la evaluación de vehículos.

Capítulo 1. Ford Motor Company

1.1 Misión y Visión de la Compañía

Misión

Ford Motor Company es líder mundial en productos y servicios automotrices y financieros. La visión de Ford Motor Company es mejorar continuamente sus productos y servicios a fin de satisfacer las necesidades de sus clientes, lo que le permite prosperar como negocio y proporcionar utilidades razonables a sus accionistas.

Visión

"Una buena compañía ofrece excelentes productos y servicios, una gran empresa además, se preocupa por hacer al mundo un mejor lugar donde vivir." ¹

1.2 El proyecto del vehículo Ford Fiesta

El vehículo Ford Fiesta se produce actualmente en 7 plantas alrededor del mundo ubicadas en Tailandia, Taiwan, China, India, España y Alemania así como en México.

Fue lanzado en Europa en 1976 y han existido 6 versiones, un ejemplo de una de sus 6 versiones se muestra en la figura 1.3, hasta la fecha, este vehículo se ha mantenido como líder en ventas en su segmento por 32 años con aproximadamente 12.5 millones de Fiestas vendidos hasta el momento.



Figura 1.3 Una de las primeras versiones del Ford Fiesta

¹ William Clay Ford JR

Tecnología Kinetic

La fabricación en serie de la última generación del Ford Fiesta comenzó el 14 de agosto de 2008 en la planta de Ford en Colonia-Niehl, Alemania. Esta nueva generación comparte su plataforma con el Mazda 2.



Figura 1.4 De izquierda a derecha vehículo Ford Fiesta Sedán 4 puertas y 5 puertas (hatchback) respectivamente

Como ingeniera de Calidad mi tarea es resolver los problemas reportados tanto en planta como en campo y darles una solución inmediata mediante una acción de contención y definir una acción correctiva que sea permanente.

Este trabajo se enfocará en presentar un problema de calidad en el que participé activamente en todo el proceso de análisis, búsqueda de causa raíz y definición de una solución al mismo.

Capítulo 2. La Calidad en la Industria Automotriz

Como parte inicial del segundo capítulo, se comenzará por presentar cuáles son las áreas involucradas en la fabricación de vehículos, para después enfatizar la trascendencia del área de Calidad y por último mostrar a detalle los roles y responsabilidades de un Ingeniero de Calidad.

2.1 Áreas involucradas en la fabricación de vehículos

Los estudios de mercado brindan a las empresas automotrices una noción sobre las preferencias y expectativas de los clientes.

Existe todo un proceso de desarrollo de producto previo a la construcción en serie, dicho proceso comienza desde plasmar en papel un bosquejo preliminar del vehículo, pasando por su desarrollo mediante softwares, la fabricación de modelos a escala y finalizando con la construcción de prototipos que deben cumplir toda una serie de pruebas y validaciones hasta obtener el producto final.

Las industrias automotrices tienen como objetivo construir un vehículo que cumpla las expectativas del cliente, sea competitivo en el mercado y al mismo tiempo buscan obtener un balance entre ofrecer un producto de la más alta calidad y al mejor precio.

Una vez que se ha definido cuál es el producto final, se procede a desarrollar el proceso de manufactura del mismo.

Dentro de la industria automotriz existen diferentes áreas o departamentos que intervienen en la construcción de vehículos, de manera directa o indirecta como lo es el Área de Manufactura y Diseño del Producto respectivamente, mismas que presentamos en el siguiente esquema (**Figura 2.1**), así como una también se presenta una descripción de cada una de ellas.

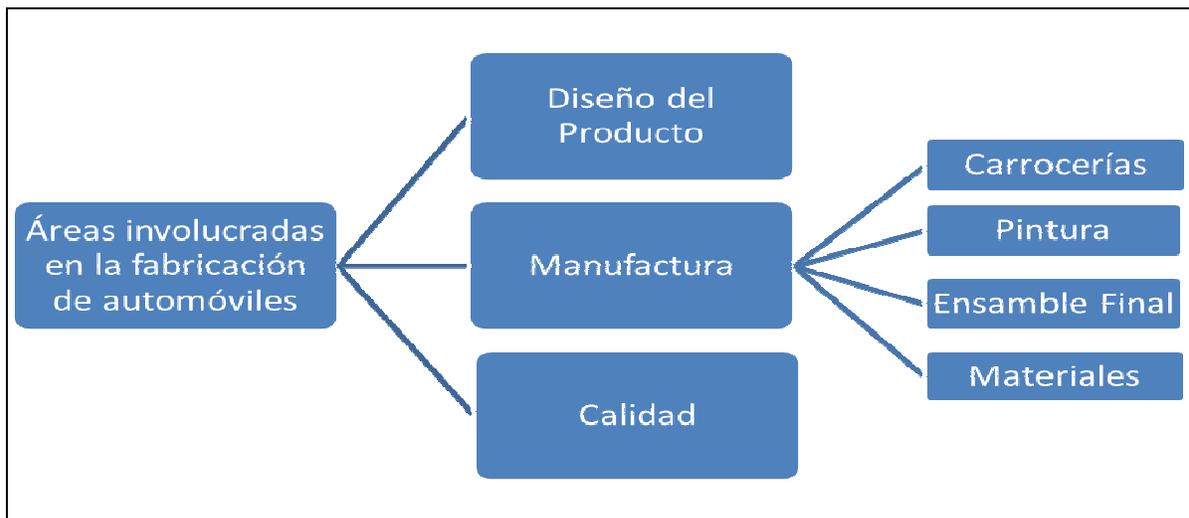


Figura 2.1 Áreas involucradas en la fabricación de automóviles

Ingeniería del Producto

El área de ingeniería establece las especificaciones que debe cumplir tanto el vehículo de manera general, así como cada componente que forma parte del mismo, en cuanto a dimensiones, materiales y funcionalidad.

Los requerimientos de cada componente se establecen en base a reglas de diseño, procedimientos de la empresa establecidos, pruebas de laboratorio, normativa de seguridad y ambiental vigentes principalmente.

Esta área sigue teniendo una participación activa, aun cuando el producto se encuentra ya en producción, debido a que el vehículo sufre transformaciones que pueden surgir ya sea para mejorar la calidad del producto como también reducir el costo del mismo al adoptar un diseño global.

Áreas de Manufactura

Estampado

Es el departamento encargado de transformar las hojas o rollo de acero en los diferentes componentes de la estructura o carrocería del vehículo a través de diferentes procesos de conformado como el punzonado, utilizando prensas como herramienta.

Carrocerías

En esta área se unen los componentes metálicos que previamente fueron obtenidos a través de las prensas en el área de estampado. La unión de dichos componentes se hace por medio de puntos de soldadura utilizando robots.

Pintura

El pintado de la carrocería se lleva a cabo después del ensamble y antes del comenzar el montaje de los accesorios y del equipamiento. La carrocería se somete a diferentes procesos con dos propósitos principales: proteger la carrocería de la corrosión y también aportarle color y brillo.

Materiales

Todo los componentes y equipo del vehículo son manufacturados por proveedores de la planta automotriz, dichos proveedores se encargan de fabricar los componentes del vehículo conforme a lo requerimientos estableciendo por el área de Ingeniería.

La logística de transportación, el abastecimiento y almacenamiento del material dentro de la planta son responsabilidad del área de Materiales, quienes deben asegurar que el material esté listo para ser ensamblado.

Ensamble Final

Esta área se encarga de supervisar y asegurar que el ensamble de los componentes y equipamiento del vehículo se realice de acuerdo los procesos de manufactura y estándares de calidad y seguridad establecidos por la compañía.

Así mismo se encargan de administrar y controlar los recursos con los que cuenta la planta, es decir el personal y la herramental con los que se realiza la fabricación del vehículo.

Calidad

Este departamento se encarga de asegurar que el vehículo una vez construido, cumpla con las especificaciones con las que fue diseñado.

Siendo esta el área en la que me desempeño, en el siguiente apartado nos enfocaremos de manera puntual a explicar su trascendencia, describir la forma de operar del departamento así como los roles y responsabilidades del Ingeniero de Calidad.

2.2 La trascendencia de la calidad en la construcción de vehículos

Política de Calidad de Ford:

“Nuestros clientes son la razón de nuestra existencia, su satisfacción es esencial para nuestro éxito futuro. Por tal motivo la calidad de nuestros productos y servicios debe ser nuestra prioridad número uno”.²

El significado de calidad

De manera general se puede definir a la calidad como una herramienta que determina el conjunto de propiedades inherentes a un objeto que permite apreciarlo como igual, mejor o peor que los restantes de su especie.

En términos de calidad asociada a un producto o servicio es la percepción que el cliente tiene de dicho producto y servicio en función de cuanto éste satisface sus necesidades y expectativas.

El vertiginoso avance de la tecnología en la industria automotriz, la competencia a nivel global y un mercado cada día más exigente obligan a las empresas a aplicar nuevas modalidades de gestión, imprescindibles no solo para ser competitivas y rentables, sino que también puedan dar eficaz respuesta a las necesidades de los clientes.

Para realizar el aseguramiento de la calidad, las empresas automotrices deben traducir la voz del consumidor en características de control en sus diferentes procesos de manufactura; esto es, transformar los requerimientos generales del consumidor obtenidos de estudios de mercado en características de control específicas para el producto final.

La función de un Ingeniero de Calidad es verificar que dichas características críticas del producto final cumplan los estándares y requerimientos de calidad establecidos como aceptables.

²www.ford.com.mx/

2.3 Funciones del departamento de Calidad

El área de calidad se divide en dos partes, una de ellas se encarga de realizar la evaluación y las auditorías al vehículo, mientras la otra está conformada por un grupo de ingenieros que se encarga de darle seguimiento a los problemas reportados por el área de auditorías.

A continuación se explica a detalle en las actividades realizadas por las áreas que conforman el departamento de Calidad.

Área de Auditorías

Dentro del área de Calidad existe un grupo encargado de realizar básicamente tres tipos de auditorías:

- **Auditoría de funcionalidad.**
Accionar los componentes funcionales para encontrar anomalías, fallas o inoperancia. Por ejemplo encender aire acondicionado, luces, accionar limpiadores, etc.
- **Auditoría de apariencia**
Verificar que la carrocería no presente defectos que afecten la apariencia del vehículo, que la pintura tenga armonía de color y mantenga una tonalidad uniforme y libre de defectos, así como en el interior del vehículo no existan defectos o manchas.
- **Auditoría de atributo**
Además de verificar la funcionalidad y apariencia del vehículo, con las auditorías de atributo se asegura que no existan ruidos anormales en el vehículo así como alguna filtración de agua al interior de la cabina de la unidad.

Esta área se encarga de reportar todo problema de calidad y canalizarlo al área de Ingeniería correspondiente.

Área de Ingeniería de Calidad

Una vez que el área de ingeniería dentro del departamento de Calidad tiene conocimiento del problema reportado en alguna de las auditorías, ésta área se encarga de dar seguimiento a los problemas y dar una solución a los mismos.

Los Ingenieros de Calidad se agrupan en cinco subsistemas: Power Train (Tren motriz), Body Interior (Interior de la cabina: asientos , panel de instrumentos, toldo, etc), Body Exterior (Puertas, cristales, facia, etc), Chassis (Suspensión , llantas, líneas de frenos, etc)y Vehicle Engineering(Ruidos y rechinos, Ruido de viento y NVH (Noise, Vibration and Handling por sus siglas en inglés).

Cada sistema está conformado por tres ingenieros que se encargan de identificar, entender y resolver todos los problemas referentes al diseño del vehículo y a su proceso

de manufactura, mismos que se desprenden de las auditorías internas de la planta y de los indicadores externos de calidad.

Debido a que la naturaleza de nuestro caso de estudio en el capítulo siguiente hablaremos sobre Vehicle Engineering, en particular de Ruidos y Rechinidos, así como de su trascendencia en el aseguramiento de la calidad de un vehículo.

2.4. Roles y responsabilidades del Ingeniero de Calidad

Dentro de los roles y responsabilidades del Ingeniero de Calidad se encuentran las siguientes actividades:

- Atender los requerimientos del cliente con el fin de asegurar la calidad del producto.
- Reducción en los indicadores externos de calidad, entre ellos el de garantías.
- Asegurar que la implementación de algún cambio de ingeniería se realice sin poner en riesgo la calidad del producto y soportar al equipo de manufactura en los cambios requeridos en el proceso de manufactura como resultado de los cambios de diseño.
- Realizar juntas con otros Ingenieros de Calidad para la resolución de problemas de calidad en los que uno o más subsistemas tengan alguna afectación.
- Introducir reducciones de costo que no afecten la calidad del producto.
- Apoyar al área de Lanzamiento cuando se realice un cambio de año modelo en vehículo, el cual implica cambios importantes de diseño que tienen la finalidad de hacerlo más competitivo con respecto a los vehículos del mismo segmento construidos por otras armadores automotrices y a su vez mejorar el performance con respecto al diseño anterior de acuerdo a las exigencias del mercado.
- Verificar el correcto seguimiento de los procedimientos de Manufactura establecidos y el apropiado entrenamiento del operador.
- Avalar que las acciones del proveedor sean las apropiadas para la solución de problema de calidad.

En los casos que sea requerido y dependiendo de la complejidad del problema que se presente, el Ingeniero de Calidad debe trabajar estrechamente con todas las demás áreas de Manufactura, así como con el área de Desarrollo del Producto para dar solución a los problemas de Calidad de manera inmediata.

Capítulo 3. El sistema de Ruidos y Rechinidos

Habiendo revisado en el capítulo anterior todas las áreas funcionales dentro de una planta automotriz y los diferentes subsistemas que integran el área de Calidad, iniciaremos este apartado haciendo una recapitulación de cuál es la estructura del área de Calidad, de manera particular cuáles son los roles y responsabilidades del ingeniero de Calidad del área de Ruidos y Rechinidos, así como la metodología que se sigue en la solución de problemas de Calidad.

3.1 Ruidos y Rechinidos

En la figura 3.1 se muestra la estructura del departamento de Calidad para reforzar lo mencionado en el capítulo anterior. En lo que respecta a Ruidos y Rechinidos, éste forma parte de Vehicle Engineering uno de los 5 subsistemas que conforman el departamento de Calidad, este subsistema se enfoca a evaluar atributos del vehículo, principalmente en lo que respecta a ruidos anormales perceptibles por el cliente.

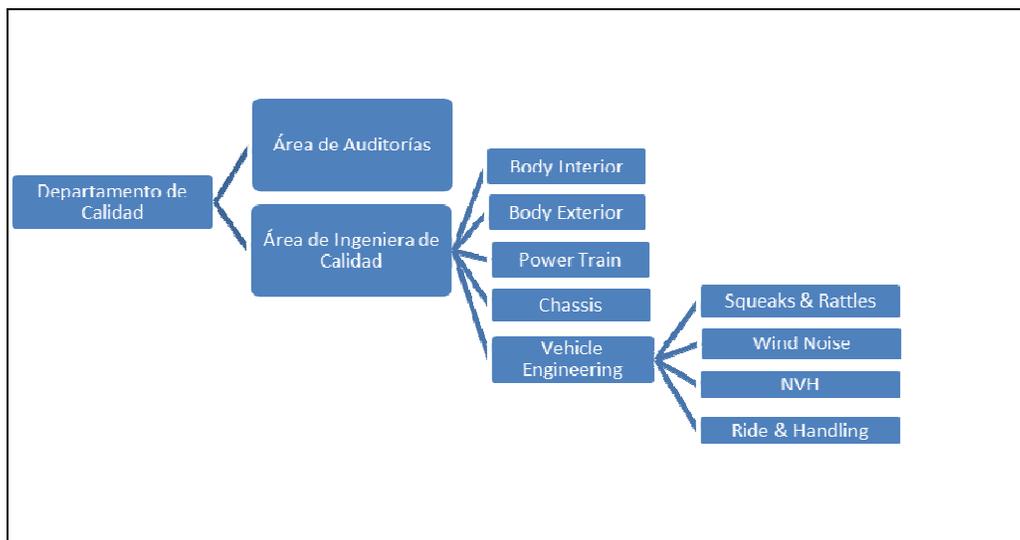


Figura 3.1 Estructura del Departamento de Calidad

El Ingeniero de Ruidos y Rechinidos tiene como objetivo buscar la mayor insonorización dentro del vehículo para generar una atmósfera de mayor confort.

Este ingeniero liderea un equipo de técnicos que tiene la responsabilidad de validar que cualquier cambio que se realice en el diseño del vehículo no tenga una repercusión negativa en la insonorización del mismo.

Se tienen diferentes herramientas para la evaluación de los automóviles dentro de la planta, el principal de ellos es una pista de pruebas conformada por diferentes tipos de superficies, en la figura 3.2 se muestra un segmento de dicha pista de evaluación.



Figura 3.2 Pista para auditoría dinámica

En base a los indicadores externos (Garantías y encuestas de satisfacción), es posible conocer la percepción de los clientes en los primeros meses de servicio, lo cual es tomado como referencia para identificar las áreas de mejora del vehículo.

En lo que respecta a las auditorías internas, el Ingeniero de Ruidos y Rechinidos (al cual se denominará en lo sucesivo como Ingeniero de R&R) se encarga de dar solución a todos los problemas referentes a ruidos reportados en las diferentes auditorías, siempre con ayuda de los ingenieros de los demás subsistemas.

3.2 Metodología de resolución de problemas

El siguiente diagrama (Figura 3.3), muestra a grandes rasgos el procedimiento que se debe seguir en la resolución de un problema de Calidad, usando como ejemplo un caso relacionado a R&R.

En base a las auditorías de la planta se informa al Ingeniero de R&R de todas las condiciones que se presenten de ruidos anormales en el vehículo.

El ingeniero se encarga de revisar la condición de ruido, hacer un diagnóstico, identificar la causa raíz y presentar una acción de contención inmediata.

La acción de contención puede ser definitiva o temporal dependiendo de diferentes factores, (costo, factibilidad de ensamble, entre otros), por lo que en caso de que se requiera buscar una alternativa más adecuada y efectiva, el ingeniero deberá presentar una propuesta diferente de solución que se pueda implementar de manera permanente.

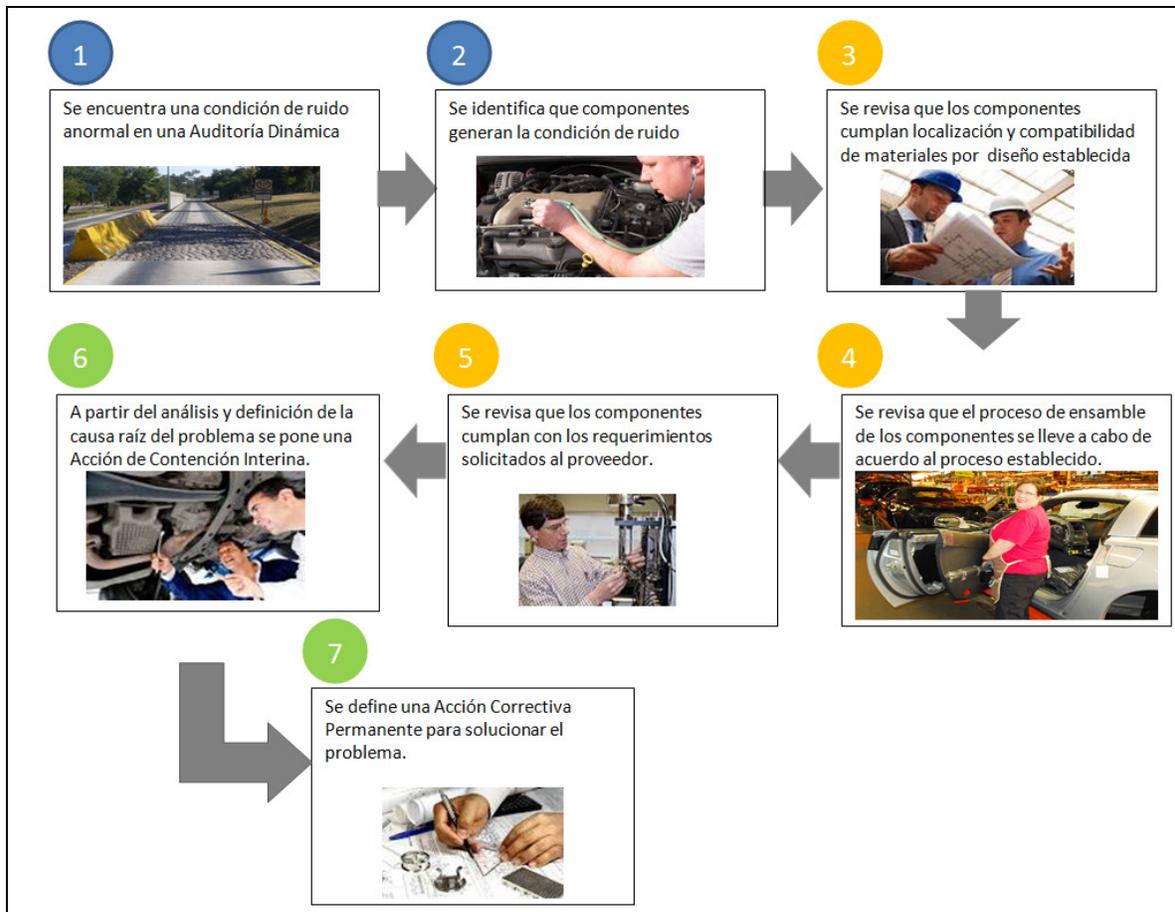


Figura 3.3 Esquema de la metodología de un problema de Calidad (Ejemplificado con un problema de Ruidos y Rechinidos).

Para seguir todo el proceso mostrado en el esquema, la compañía hace uso de una metodología de resolución de problemas denominada Six Sigma, la cual se presenta en el siguiente apartado.

3.3 Generalidades de la Metodología Six Sigma

La metodología Six Sigma se enfoca a la satisfacción del cliente, crea una cultura de calidad en la organización y estructura una metodología para reducir la variación de los procesos y eliminar en lo posible la cantidad de defectos.

Si bien todo proceso tiene variabilidad, toda variabilidad tiene causa y típicamente solo algunas son significativas; en el grado que dichas causas puedan ser entendidas, pueden ser controladas y por lo tanto los defectos disminuidos, para lograr la reducción de variabilidad en los procesos y por ende la reducción de defectos, la metodología Six Sigma utiliza el proceso DMAIC que recibe dicho nombre haciendo referencia a las 5 fases que lo conforman, (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).

A continuación se presentan las 5 fases que comprende el proceso DMAIC, mismo que es utilizado para la resolución del problema presentado en este trabajo:

- **Definir** - El propósito de la fase de Definir es refinar aún más la comprensión del problema para poder seleccionar las características críticas para la Calidad.
- **Medir** – El propósito esta fase es establecer las técnicas para la recolección de información acerca del desempeño actual de los procesos identificados en la fase de Definir.
- **Analizar** – Esta fase permite que el equipo del proyecto se enfoque en las oportunidades de mejora al observar más de cerca la información e identificar las variables críticas del problema.
- **Mejorar** – Permite que el equipo del proyecto desarrolle, implemente y valide las alternativas que deben mejorar.
- **Controlar** – El propósito de la Fase de Control es institucionalizar las mejoras del proceso o producto y monitorear el desempeño en marcha para sustentar y asegurar las acciones tomadas en la fase de mejora.

Además de entender en que consiste la metodología Six Sigma, de la cual se ahondará en el segundo apéndice de este trabajo, es importante presentar dos conceptos importantes: el concepto de diagrama de pescado y el de capacidad de proceso, ambos elementos fueron básicos para la resolución del caso de estudio, mismos que se presentarán en los siguientes apartados.

3.3.1 Diagrama de causa y efecto

Los diagramas de causa y efecto también se denominan diagramas de pescado; al tiempo que el equipo investiga más a fondo las posibles causas raíz del problema, el diagrama comienza a tener la apariencia del esqueleto de un pescado.

Los diagramas de espina de pescado muestran todas las variables que pudieran ser las causantes del problema. A partir del mismo se seleccionan las que se consideran más críticas y que se identifican como las que tienen mayor trascendencia para el caso de estudio.

El "efecto" del problema se muestra del lado derecho y las categorías principales de posibles causas se derivan directamente de la espina. Las causas ocultas se derivan de de las posibles causas consideradas como evidentes y el diagrama se desarrolla con niveles mayores de detalle hasta que se identifique la causa raíz.

La parte inicial del análisis profundo del problema presentado en este trabajo parte precisamente de un diagrama de causa y efecto, mismo que será presentado en el siguiente capítulo.

3.3.2 Capacidad de un proceso

En la industria, la calidad final que se obtiene en un proceso depende de muchos factores: experiencia de los operarios, calidad de las materias primas, estado de las herramientas, etc. Algunos de estos parámetros se conocen de forma exacta (variables asignables), mientras que otros se sabe que siguen una tendencia (variables aleatorias). La estadística nos proporciona una herramienta para poder trabajar con estos casos en los que se conoce sólo el comportamiento pero no el valor preciso: la variable aleatoria.

Variable aleatoria es una función que asocia un número a cada suceso elemental de un espacio muestral.

La función de distribución de una variable aleatoria continua es la función que determina la probabilidad de que la variable aleatoria X tome un valor menor o igual a x_i : $F(x_i) = P(X \leq x_i)$ como lo muestra la figura 3.4.

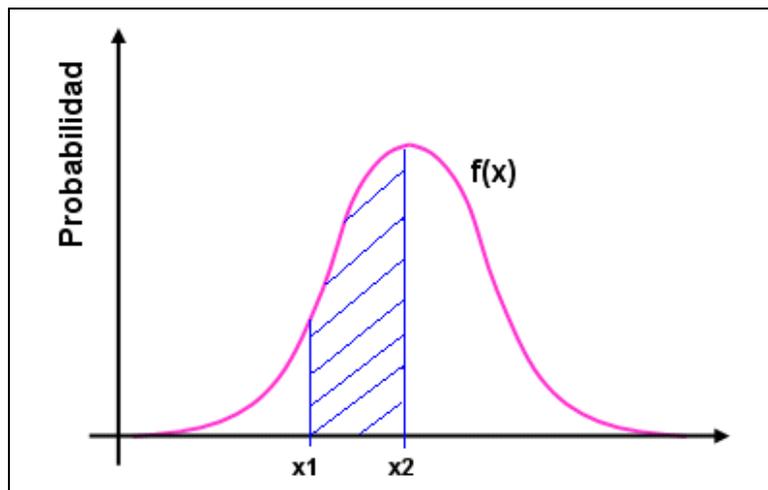


Figura 3.4 Distribución normal

La distribución normal es una distribución de probabilidad de variable continua que describe los datos que se agrupan en torno a un valor central.

Una distribución normal se caracteriza por:

1. Los valores de las mediciones tienden a agruparse alrededor de un punto central, la media
2. La representación de los datos es simétrica a ambos lados de la media
3. Las desviaciones estándar quedan situadas a igual distancia unas de otras
4. La proporción de mediciones situada entre la media y las desviaciones es una constante en la que:

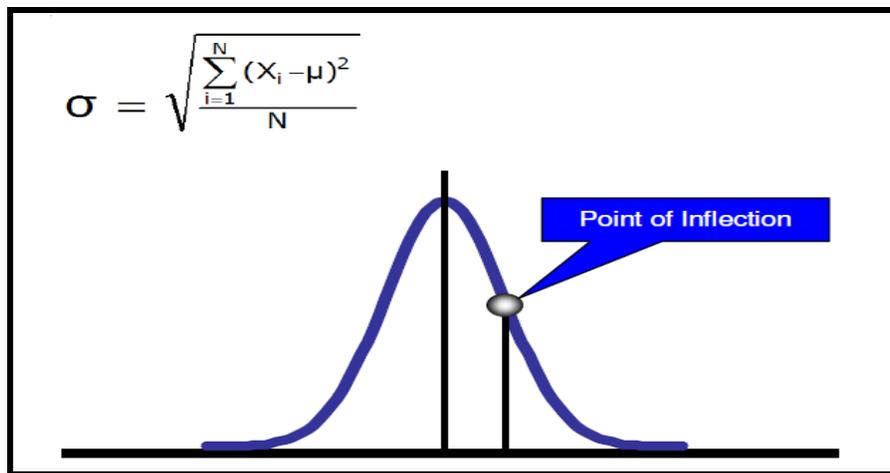
- La media ± 1 * desviación estándar = cubre el 68,3% de los casos
- La media ± 2 * desviación estándar = cubre el 95,5% de los casos
- La media ± 3 * desviación estándar = cubre el 99,7% de los casos

Desviación estándar

El símbolo sigma se utiliza para representar la desviación estándar, la cual es importante para la medición de la variabilidad de un proceso.

La Desviación Estándar es la distancia entre la media y el punto de inflección en una curva normal, donde la media es el nivel óptimo deseado de performance.

El cálculo matemático de la desviación estándar de una población es tal, como la muestra la figura 3.5.



3.5 Cálculo matemático de la desviación estándar

3.3.3 Índice de capacidad de un proceso

El índice de capacidad de un proceso nos indica a que nivel éste es capaz de cumplir con las especificaciones y al ser un valor adimensional permite comparar distintos procesos. Para poder entender la definición de Cp y Cpk entenderemos los siguientes conceptos:

- TI, tolerancia inferior
- TS, tolerancia superior
- T , media objetivo del proceso,
- μ , la media estimada del proceso
- σ , la variabilidad estimada del proceso (se estima usando la desviación estándar de muestreo).

Donde los índices de capacidad aceptados de forma general son los que aparecen en

la tabla 3.1 a continuación:

Índice	Descripción
$C_p = \frac{TS - TI}{6\sigma}$	Calcula lo que el proceso sería capaz de producir si el proceso estuviera centrado siempre y cuando el proceso esté centrado en los límites de especificación.
$C_{pk} = \min \left[\frac{TS - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - TI}{3\sigma} \right]$	Calcula la capacidad de un proceso que no se encuentra centrado en los límites de especificación pero está contenido en ellos.
$C_{pu} = \frac{TS - \mu}{3\sigma}$	Calcula la capacidad del proceso para especificaciones únicamente con un límite superior.
$C_{pl} = \frac{\mu - TI}{3\sigma}$	Calcula la capacidad del proceso para especificaciones únicamente con un límite inferior.

Tabla 3.1 Índices de capacidad más comunes

Los índices de capacidad de proceso enfatizan la necesidad de mejorar la capacidad del proceso, cuando tienen un valor próximo o por debajo de cero indican que el proceso no está centrado (μ lejos de T) o bien es inestable.

Cada proceso es distinto, a continuación en la tabla 3.2 se presentan los valores de índice de capacidad de un proceso mínimos aceptables dependiendo del tipo de proceso del que se trate:

Caso	Recomendación de capacidad mínima de proceso para especificaciones con 2 límites	Recomendación de capacidad mínima de proceso para especificaciones con 1 límite
Proceso existente	1.33	1.25
Proceso nuevo	1.5	1.45
Parámetros críticos o de seguridad para procesos existentes	1.5	1.45
Parámetros críticos o de seguridad para procesos nuevos	1.67	1.6

Tabla 3.2 Valores de índices de capacidad aceptables

Si el valor de la capacidad de un proceso es menor a 1.25 esto implica que existe algún factor que está teniendo una variación inaceptable, tales factores pueden ser el factor humano, el mantenimiento de la maquinaria, la calidad de la materia prima, el método empleado, el ambiente entre otros.

Capítulo 4 Caso práctico: Cambio de diseño de grapas metálicas de panel de instrumentos para optimizar insonorización de un vehículo

Una vez presentada y ejemplificada la metodología de resolución de problemas utilizada en la compañía, en este capítulo se mostrará el caso práctico que es la parte medular de este trabajo y seguiremos paso a paso todo el análisis del problema a través de cada una de las etapas de la metodología Six Sigma.

4.1 Definir la voz del cliente

Para el caso práctico a presentar en este trabajo nos enfocaremos a analizar los datos aportados por la auditoría dinámica que reporta una condición de ruido en la zona del panel de instrumentos al pasar por la pista de pruebas en la zona de twist que se muestra en la figura 4.1.



Figura 4.1 Zona de twist en la pista de prueba

4.2 Análisis preliminar

Siguiendo la metodología de resolución de problemas de calidad, se procede a analizar y determinar en qué zona se presenta la condición de ruido, indicada en la Figura 4.2.

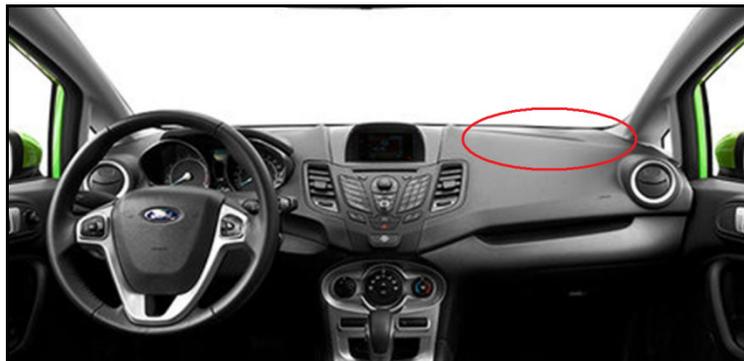


Figura 4.2 Zona en donde el auditor reporta la condición de ruido

Después de hacer un análisis manejando la unidad sobre la pista de pruebas, se determina que el componente que genera la condición de ruido es la grapa metálica y al auditar un mayor número de unidades se confirma que la condición puede presentarse tanto del lado del conductor como del pasajero (Figura 4.3 y 4.4).



Figura 4.3 Zona del tablero que presenta la condición (Vista posterior)



Figura 4.4 Grapas metálicas

Las grapas metálicas del panel de instrumentos tienen como función darle estabilidad y evitar una condición de vibración.

Siguiendo la metodología de resolución Six sigma, el siguiente paso es poner una contención inmediata al problema y hacer un mapeo del proceso, lo que quiere decir ver el estado en el que llegan las piezas desde proveedor, revisar el manejo del material dentro de planta así como el proceso de instalación para poder determinar que variables pueden estar asociadas a la causa raíz del ruido.

Para ello se requiere la conformación de un equipo de trabajo integrado por ingenieros del área de Calidad del área de Body Interior y de Ruidos y Rechinidos que mediante el uso de la tecnología Six Sigma inicien el análisis de este problema.

4.3 Establecer una acción de contención

El tratamiento a cada problema de calidad está en función de la complejidad del mismo, para este caso se hace una valoración de la condición de ruido y se buscan diferentes alternativas como medidas de contención.

Diferentes materiales antiruido son probados hasta determinar cuál será utilizado como contención mientras se hace un análisis a fondo de la condición de ruido y se define cual será la acción correctiva permanente.

Para la selección de la propuesta de contención se realiza una serie de pruebas para determinar cuál es la más conveniente a implementar utilizando unidades no vendibles, que son vehículos con los que cuenta la planta regularmente usados para este tipo de análisis.

Para la selección de la contención se revisan diferentes cuestiones, desde la disponibilidad del material, el método de aplicación, costo, efectividad, etc.

Una vez realizadas las pruebas, el equipo de Body Interior, el Ingeniero de Calidad y el Ingeniero de Desarrollo del Producto así como el Ingeniero de R&R determinan cuales son las ventajas y desventajas de cada una de las opciones consideradas, mismas que aparecen a continuación en la tabla 4.1.

Propuesta de contención	Ventajas	Desventajas
Aplicación de grasa	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Puede implementarse de manera inmediata ✓ La grasa es material disponible en planta ✓ Efectividad del 60% para eliminar condición de ruido 	<ul style="list-style-type: none"> × La grasa se emplea en otra aplicación dentro de la planta, su abastecimiento puede verse limitado y suspendido si no hay material suficiente para ambos usos × Si el método de aplicación no es el correcto, la contención puede no resultar efectiva × Con el uso de la unidad, la grasa puede tender a diluirse e incluso generar problemas de apariencia × El costo de la grasa es elevado y se requiere la adquisición de un aplicador
Modificación de posición grapa	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Puede implementarse de manera inmediata ✓ No involucra costo de material adicional ✓ Efectividad del 40% para eliminar condición de ruido 	<ul style="list-style-type: none"> × Requiere una operación adicional en la línea de ensamble × La manipulación posterior del panel de instrumentos puede alterar la posición de la grapa
Colocación de flock tape	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No genera problemas de apariencia ✓ Efectividad del 80% para eliminar condición de ruido 	<ul style="list-style-type: none"> × La colocación del flock tape puede resultar complicada para el operario × Costo adicional de material y labor para su colocación × Requiere considerar tiempo de entrega del flock tape

Tabla 4.1 Ventajas y desventajas de propuestas de contención

A continuación se ilustra la manera en la que se presentan y evalúan las diferentes propuestas en la fase de selección de acción de contención.

La contención propuesta referente a la aplicación de la grasa implica realizar la aplicación de la misma con una brocha cubriendo únicamente la parte superior de la grapa metálica y sin que la grasa se derrame sobre algún otro componente (Figura 4.5).



Figura 4.5 Aplicación de grasa

Después de un análisis sobre las ventajas y desventajas de todas las acciones de contención, se procede a la selección de la considerada por el equipo como la más efectiva, adecuada y conveniente, misma que se presente a continuación.

Colocación de flock tape en la grapa.

Se debe usar un rectángulo de 2cm x 3 cm de flock tape que cubra la zona mostrada en la imagen, para realizar esta actividad, misma que debe efectuarse sin remover la grapa, se utiliza un desarmador de cara plana para permitir al operario colocar el flock tape, debe asegurarse su correcta posición para así evitar un posterior desprendimiento (Figura 4.6).

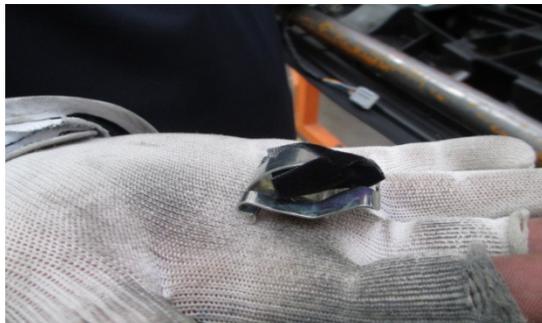


Figura 4.6 Colocación de flock tape en la grapa.

Como siguiente paso se procede a buscar una acción correctiva permanente, revisando todas las x identificadas en el mapeo de proceso que se encuentran asociadas al problema.

4.4 Análisis a detalle del problema

Análisis de Xs críticas

Una vez que se tiene implementada una contención robusta, el equipo procede a hacer un análisis detallado de las variables involucradas en el problema en cuestión, particularmente de aquellas consideradas críticas, haciendo uso de la metodología Six Sigma, cuyas generalidades fueron presentadas en el capítulo anterior.

La primera de ellas será generar un diagrama de pescado, el cual presentará todas las variables involucradas (Figura 4.9), específicamente las consideradas como variables críticas para el caso de estudio, mismas que se muestran enmarcadas en un óvalo rojo, debido a la confidencialidad de los datos, en lo que respecta a la habilidad de los procesos de manufactura involucrados en el análisis, únicamente se presentará una tabla en la que se haga mención sobre si la habilidad del proceso es aceptable o no.

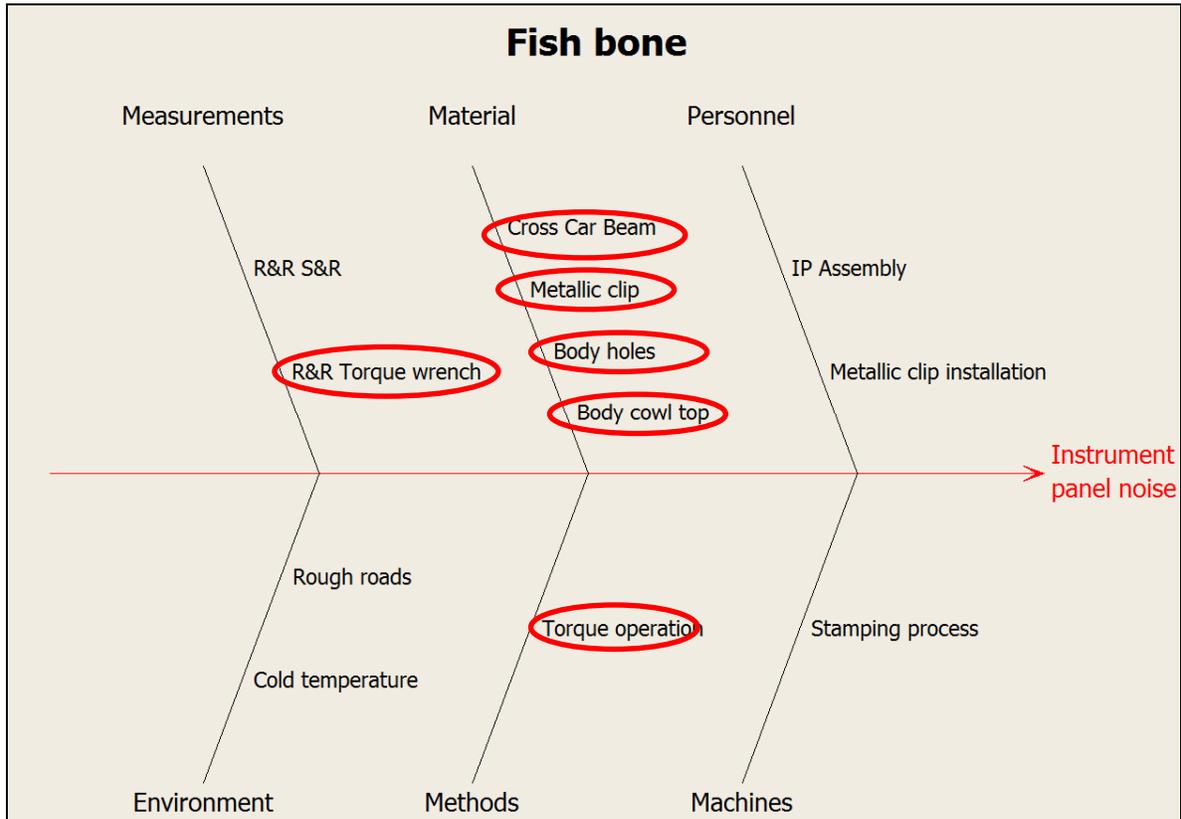


Figura 4.9 Diagrama de pescado

El diagrama de pescado presenta las variables que el equipo considera son las que pueden estar provocando el problema, regularmente se remarcan las que el equipo considera variables críticas, es decir las que tengan mayor posibilidad de generar la condición de ruido.

Cada departamento tiene la asignación de conseguir información referente a cada variable, es decir el equipo de Estampados es responsable de verificar las dimensiones de la carrocería, el proveedor es responsable de presentar datos que avalen que su proceso tenga un valor de capacidad aceptable, el equipo de Ensamble Final debe asegurar que la operación de torque tenga un valor de capacidad aceptable.

Una vez que cada equipo tiene la información requerida de cada X crítica, se convoca a una junta para determinar cuáles son las acciones a tomar para la resolución del problema.

La información proporcionada por cada equipo se presenta de forma simplificada y resumida ya que mucha información es confidencial.

Una vez que son definidas las variables críticas, todas las áreas involucradas son responsables de presentar datos de cada X crítica que conforma el diagrama de pescado, los mismos que se presentan a continuación:

4.4.1 Análisis de datos de carrocerías

Se procede a consultar vía web, las cartas de control de carrocerías que muestran que los puntos críticos que se monitorean periódicamente en la zona de interés.

Existen 2 tornillos que fijan el tablero a la carrocería, mismos que se muestran en la figura 4.10, si los barrenos en los que se ensamblan dichos tornillos se encuentran fuera de especificación en cuanto a dimensión y/o desfase con respecto a cualquiera de los 3 ejes de posición, esta situación puede generar una estado de estrés en los materiales plásticos y por ende una condición de ruido e incluso problemas de instalación.

Se revisa el valor de C_{pk} que tiene el proceso de estampado de los barrenos y como se mencionó anteriormente dada la confidencialidad de los datos, la tabla 4.2 únicamente hace referencia a sí este valor es o no aceptable.

De igual forma el área mostrada en la figura 4.11, sobre la que descansa el tablero en la carrocería una vez instalado, es una zona que puede repercutir en la posición del mismo, por ende también se considera su revisión para descartar que el tablero pueda quedar desnivelando y genere una condición de ruido. La revisión del valor de C_{pk} del proceso de estampado de los 4 puntos marcados en amarillo en la zona del cowl top se presenta en la tabla 4.3.

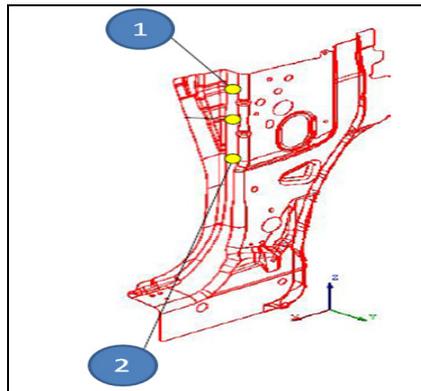


Figura 4.10 Puntos de control en la zona de ensamble del tablero a la carrocería

Punto	Lado	Capacidad
1	Derecho	Aceptable
2		Aceptable
1	Izquierdo	Aceptable
2		Aceptable

Tabla 4.2 Capacidad de proceso de manufactura de barrenos de carrocería

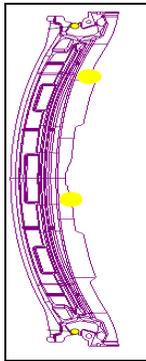


Figura 4.11 Zona de la carrocería en donde descansa el tablero (Cowl top)

Punto	Capacidad
1	Aceptable
2	Aceptable
3	Aceptable
4	Aceptable

Tabla 4.3 Capacidad de proceso de manufactura (Cowl top)

Después de la revisión de las cartas de carrocerías se determina que esta variable crítica no es la que genera la condición de ruido.

4.4.2 Revisión de datos de control de dimensionales del proveedor del tablero

Como parte de los requerimientos de Calidad de Ford, el proveedor de la estructura metálica del panel de instrumentos realiza periódicamente una medición de ciertos puntos críticos establecidos por Ford en una mesa de control numérico para obtener valores precisos con los que se pueda determinar que la pieza se encuentra dentro de especificación.

Para el caso de estudio se solicitó al proveedor que proporcionará el último registro de los dimensionales tomados, así como también se le solicitó que tomará treinta mediciones a los seis puntos que aparecen en la imagen, que son considerados como críticos para la posición del tablero con respecto a la carrocería.

En caso de que cualquiera de los seis puntos del alma metálica del tablero, se encontrará fuera de posición esto puede generar estrés entre el tablero y la carrocería y/o entre los mismos componentes plásticos del tablero. Por ello se solicitan datos al proveedor sobre dichos puntos para determinar si se encuentran dentro de especificación.

Debido a la confidencialidad de la información respecto a la configuración del alma metálica del tablero, la figura 4.12 únicamente muestra solo la ubicación de los puntos que se solicitó al proveedor enviará sus datos de control de proceso.

La tabla 4.3 presenta si los valores obtenidos por el proveedor se encuentran dentro de especificación y cuentan con un valor de Cpk que indique que tienen un proceso estable y robusto.



Figura 4.12 Estructura metálica del panel de instrumentos

Punto	Capacidad (6 Sigma)
1	Aceptable
2	Aceptable
3	Aceptable
4	Aceptable
5	Aceptable
6	Aceptable

Tabla 4.3 Capacidad de proceso de manufactura del alma metálico del tablero

De acuerdo a la información presentada por el proveedor se determina que la capacidad de su proceso es aceptable, lo que confirma que esta variable no repercute en la presencia de una condición de ruido.

4.4.3 Mapeo de proceso de ensamble de panel de instrumentos.

Se le solicita al proveedor que haga un mapa de proceso de todos los pasos que sigue en su planta durante el ensamble del panel de instrumentos.

Sobre todo que haga hincapié en los controles de calidad que tiene en la zona de interés y todo lo relacionado con el manejo del material para asegurar su correcto estado antes de hacer su instalación.

El proveedor debe asegurar que todas las operaciones de ensamble se hagan de acuerdo al estándar y que las piezas tengan una marca de certificación con la que se asegure tanto presencia como posición.

Se le solicita al ingeniero Ford que se encarga de asegurar la calidad de los componentes manufacturados por el proveedor que realice una visita a la planta para dar constancia de la información proporcionada por el proveedor.

De acuerdo a la documentación presenta por el proveedor y la visita de personal de Ford a la planta del proveedor se determina que los controles de calidad de éste son efectivos.

4.4.4 Estudio de habilidad del proceso de apriete de tornillos

La operación de ensamble del tablero se realiza apretando 2 tornillos de cada lado del tablero mismos que lo fijan a la carrocería.

En caso de que dicho apriete estuviera fuera de especificación y fuera mayor al permitido, se generaría una condición de estrés o por el contrario si fuera inferior al permitido existiría un juego entre los componentes y en ambos casos existiría la posibilidad de generarse una condición de ruido.

Por lo tanto se le pide al área de Ensamble Final que nos haga llegar un estudio, mismo que debe considerar 30 mediciones de cada apriete para asegurar la repetitividad y precisión de la herramienta. La figura 4.13 muestra cómo se hace la operación de apriete de tornillos en la estación de ensamble del tablero.



Figura 4.13 Operación de apriete de tornillos en la instalación del panel de instrumentos

A continuación, en la tabla 4.4 se presenta la conclusión del estudio de capacidad obtenido por el área de Ensamble Final referente a los 4 tornillos que sujetan el tablero a la carrocería.

Torque	Lado	Capacidad
1	Derecho	Aceptable
2		Aceptable
3	Izquierdo	Aceptable
4		Aceptable

Tabla 4.4 Tabla de capacidad de la operación de torque del tablero a la carrocería

4.4.5 Revisión de especificación dimensional de interacción entre componentes en la zona de estudio

Con la ayuda de un programa de CAD se realiza una visualización en 3D para saber cuál es la interacción de los componentes en la zona de interés, la figura 4.14 nos da una idea de que puntos de contacto son críticos, cuáles son los que podrían estar generando la condición de ruido y en las figuras 4.15 y 4.16 se hace un análisis para determinar si la especificación en cuanto a tolerancias entre componentes es la apropiada.



Figura 4.14 Estudio dimensional de la posición del tablero

En la figura 4.15 se aprecia la posición de la grapa, cuyo contorno está resaltado en verde, al ensamblar el tablero, la carrocería ejerce una presión en la dirección mostrada por la flecha naranja y la grapa se deforma justo en la zona que está marcada con un círculo rojo, la parte superior de la grapa se deforma y se desplaza hacia abajo, en la figura 4.16 se aprecia una vista inferior en la que el equipo observa que la distancia entre esta sección de la grapa y el rib plástico es muy reducida, lo cual puede generar contacto entre ambas

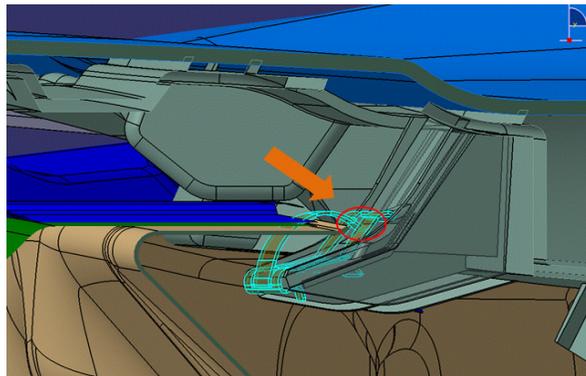


Figura 4.15 Zona de la grapa que genera la condición de ruido

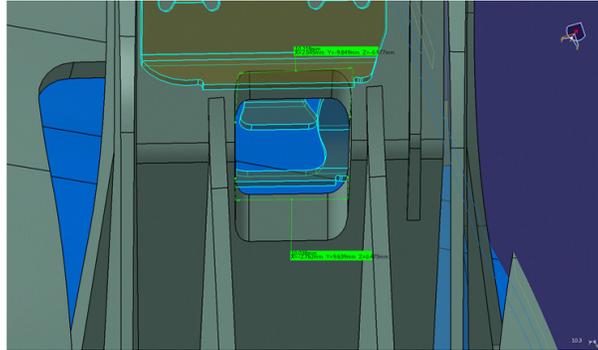


Figura 4.16 Posición de la grapa con respecto al rib plástico

Para confirmar la hipótesis que afirma que las dimensiones de la grapa y el gap de esta con respecto a los ribs plásticos del tablero son lo que están ocasionando el ruido, se hace una prueba física para determinar si esta condición es la causa raíz del problema.

La prueba física consiste en hacer una perforación en un tablero para acceder hasta el área de interés en una unidad que presente la condición de ruido y comprobar esta hipótesis, modificando la posición de la grapa para generar y eliminar la condición de ruido alternadamente y así confirmar que la posición de la grapa con respecto al rib plástico es la causante de que se presente la condición de ruido.

Después de hacer la prueba física se confirma que la tolerancia de la distancia entre la grapa deformada y el rib plástico una vez instalado el tablero es muy reducida y permite que haya contacto entre ambos componentes y que se genere de esta forma una condición de ruido.

Después de que cada área presenta datos de cada X crítica que conforman el diagrama de pescado, se hace una junta para definir las propuestas de solución mismas que se presentan en el siguiente apartado.

4.5 Presentación de propuestas de acción correctiva permanente

De la misma forma que se hizo un análisis para la selección de la acción de contención se procede a hacer un comparativo entre las distintas opciones propuestas por el equipo y determinar cuáles son las ventajas y desventajas de cada opción para definir una Acción Correctiva Permanente.

Propuesta de Acción Correctiva Permanente	Ventajas	Desventajas
Eliminación de grapas metálicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reducción de costo ✓ Factibilidad de implementación de manera inmediata 	<ul style="list-style-type: none"> × La condición de vibración puede incrementarse a mayor tiempo en servicio
Colocación de material antirruído a grapa metálica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alta efectividad para eliminar la condición de ruido 	<ul style="list-style-type: none"> × La operación es compleja y no resulta ergonómica × Implica incremento en costo
Rediseño de grapa metálica con recubrimiento incluido	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No se requiere realizar alguna operación adicional en planta 	<ul style="list-style-type: none"> × Implica incremento en costo × Tiempo de implementación prolongado, para desarrollar y validar nuevo grapa. × Inversión en herramental
Incremento de espesor en rib plástico para mejorar sujeción	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No se requiere realizar alguna operación adicional en planta 	<ul style="list-style-type: none"> × Incremento de costo × Tiempo de implementación prolongado ×
Cambio en las tolerancias de la grapa para evitar contacto	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tiempo de implementación reducido 	<ul style="list-style-type: none"> × Requiere monitorio recurrente × Bajo nivel de efectividad × Incremento de costo

Tabla 4.5 Ventajas y desventajas de las propuestas de acción correctiva permanente

4.6 Selección de la Acción Correctiva Permanente

De acuerdo a la evaluación de cada una de las propuestas presentadas, se determina que opción se implementará como la Acción Correctiva Permanente.

Después de una serie de discusiones el equipo determinar que la opción más conveniente es la de agregar material extra a los ribs plásticos y adicionalmente incrementar la abertura de la cavidad de dichos ribs para mejorar la sujeción de las grapas metálicas y evitar su movimiento una vez que han sido instaladas.

Para la implementación definitiva del cambio de diseño y dependiendo de la factibilidad que tenga el proveedor para manufacturar piezas prototipo previo a hacer una modificación permanente al molde de inyección, se hace una corrida de prueba con 30 unidades que tiene básicamente los siguientes objetivos:

-Evaluación por parte del Ingeniero de R&R para determinar la efectividad de la acción correctiva.

-Verificar que la grapa metálica no presente ningún juego y se cumpla la intensidad del cambio de diseño.

-El proveedor pueda evaluar la factibilidad de ensamble de la grapa al haberse incrementado el espesor de los ribs plástico y el tamaño de la cavidad.

-Verificar que la planta no tenga alguna afectación en su proceso por la implementación de este cambio de diseño.

La acción interina de contención se empleó hasta que la Acción Correctiva Permanente fue validada y el proveedor dio una fecha de implementación definitiva.

La figura 4.17 muestra la posición de la grapa con respecto al rib plástico, mientras que la figura 4.18 y 4.19 muestran la zona de los ribs plásticos del panel de instrumentos donde se agregó material para mejorar la sujeción de la grapa metálica así como la cavidad cuyas dimensiones fueron modificadas.



Figura 4.17 Posición de Grapa metálica

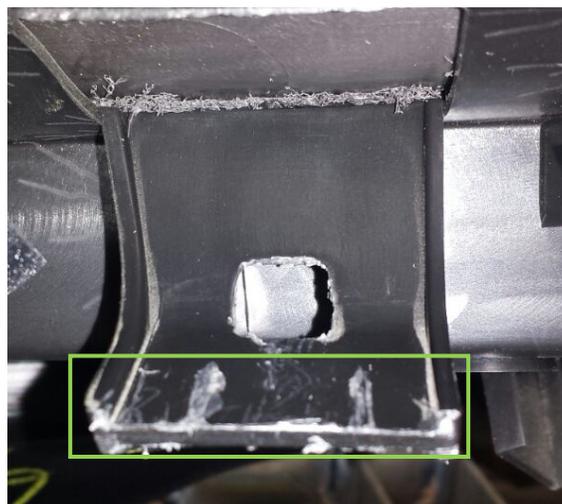


Figura 4.18 Incremento de espesor de rib plástico

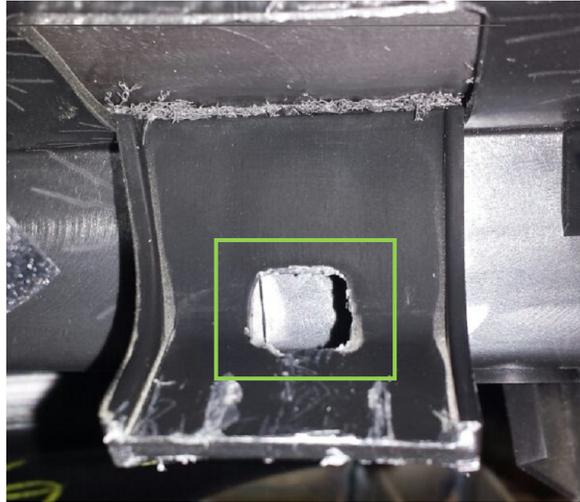


Figura 4.19 Incremento en tamaño de cavidad

Capítulo 5. Conclusiones y comentarios finales

Con respecto al aprendizaje que recibí en la Facultad de Ingeniería me gustaría mencionar que para mí fue importante contar con las materias del área social que marcan una diferencia en cuanto al perfil del ingeniero egresado de la UNAM, al de otras universidades. Las humanidades son parte integral en la formación de profesionales en cualquier ámbito.

Con respecto a las instalaciones, los laboratorios y las facilidades con las que cuenta la Facultad de Ingeniería son de primer nivel y permiten al alumno poder realizar prácticas que constituyen un enorme aprendizaje.

Considero que un área de oportunidad que tienen los planes de estudio es tener una mayor cantidad de materias optativas de ingeniería aplicada, ya que el campo laboral de la Ingeniería Mecánica es muy vasto y es importante definir durante la carrera, en que área deseamos desarrollarnos profesionalmente.

Por último me gustaría mencionar que en la Universidad hace falta fomentar una vinculación con la industria, el acercamiento de los estudiantes de otras universidades con la industria les permite a los alumnos generar redes de comunicación que les brinda la posibilidad de saber cuáles son los requerimientos del campo laboral y prepararse con las herramientas necesarias para ser candidatos altamente competitivos.

Ford Motor Company es una empresa que me ha permitido tener un aprendizaje acelerado; el área en la que me encuentro he podido interactuar con todos los diferentes subsistemas por lo que he aprendido acerca de componentes muy diversos. También, he interactuado de igual forma con áreas tales como CAD, Manufactura e Ingeniería del Producto y he podido conocer los distintos procesos de los proveedores, así como he aprendido que el formar equipos multidisciplinarios es básico ya que todos pueden aportar ideas y propuestas.

No solo la participación activa, la cooperación entre áreas y la sinergia son esenciales para la solución de cualquier problema de calidad, para la compañía también es muy importante la toma de decisiones de manera asertiva, por lo que el aplicar la metodología Six Sigma ha sido una cuestión fundamental en la resolución de problemas, sobre todo aquellos de gran complejidad.

Si bien es importante el uso de una metodología en el proceso para definir una acción correctiva permanente, en la industria automotriz se requiere también pensar en soluciones inmediatas para la contención de problemas de calidad, para no comprometer la calidad del producto, lo cual siempre representa un reto.

Adicionalmente, he aprendido que a pesar de que existen medidas que deben tomarse de manera inmediata, esta empresa es estricta en toda decisión en lo que al producto se refiere, cada cambio por más mínimo que resulte, debe seguir un estricto proceso de control y validación de acuerdo a los estándares de Ford, ya que la satisfacción, el confort e incluso la seguridad de las personas depende de dichas decisiones.

Lo anterior, me ha hecho consciente de la gran responsabilidad y compromiso que debo tener en cada decisión que tomo día con día.

Por otro lado, consideré importante presentar todo el análisis a detalle del caso de estudio, porque para la empresa es indispensable realizar un proceso de investigación exhaustivo para determinar la influencia que puede tener cada variable crítica del proceso.

En diferentes ocasiones se ha comprobado que al hacer la revisión de los procesos tanto de la planta como del proveedor, pueden existir factores que estén generando un problema de calidad que puede corregirse de manera inmediata y sin costo alguno, por lo que no es posible a priori descartar cualquier variable que sea considerada como crítica, ya que todo cambio de diseño implica un costo del que en muchos casos puede prescindirse haciendo un correcto análisis.

El haber trabajado en este proyecto, en particular me hizo aprender sobre el proceso de manufactura de tableros, y la utilidad de hacer pruebas físicas ya que éstas permiten de manera tangible confirmar la causa raíz de un problema. También, aprendí que el esfuerzo y la aportación de cada miembro del equipo fue vital en todo el proceso de análisis ya que el objetivo se cumplió satisfactoriamente.

Por último, quisiera mencionar que me siento orgullosa de pertenecer a una compañía que con 112 años en su haber, sigue consolidándose como una de las más importantes a nivel mundial.

Apéndice a. Generalidades de la industria automotriz

En este apartado se hablará del desarrollo y evolución de la industria automotriz, la relevancia de la misma en México, el papel que Ford Motor Company ha jugado como empresa automotriz pionera en nuestro país así como también de la trascendencia que ha adquirido la metodología Six Sigma como parte de la tecnología esbelta.

El desarrollo y evolución de la industria automotriz

La evolución de la industria automotriz puede dividirse en cuatro principales etapas, iniciando desde la época artesanal que marca el inicio de la fabricación de autos hasta la época actual

Epoca artesanal (1890-1908)

En los comienzos de la década de 1890, empresas como Panhard & Levassor comenzaron con la construcción de vehículos bajo pedido explícito del cliente. Originalmente dedicadas al corte de metales e industrias afines, estas empresas se convirtieron en las primeras ensambladores de automóviles, dando así origen al sistema de producción artesanal. Éste sistema estaba formado por ensambladores que contaban con una fuerza laboral que estaba compuesta por artesanos muy hábiles que fabrican automóviles en pequeñas cantidades.

Los ensambladores confiaban a pequeños talleres la fabricación de piezas específicas o componentes que requerían para ensamblar sus automóviles. El volumen de producción era muy bajo: alrededor de 1 000 autos al año.

Los costos eran altos, independientemente de que el volumen de producción se incrementara, lo cual significaba que únicamente la gente con alto poder adquisitivo podría comprar autos.

La época de Ford (1908-1930)

Esta etapa dejó atrás la producción artesanal y fue desarrollada por Henry Ford quien con su modelo T comenzó la producción en serie. En 1908 el tiempo promedio para ensamblar un automóvil Modelo T era de 514 minutos.

Para 1913, antes de introducir la línea de ensamble móvil, el ciclo de tarea promedio de un ensamblador de Ford se redujo de 514 minutos a 2.3 minutos.

El primer paso que Ford tomó para hacer más eficiente el proceso, fue enviar las partes a cada estación de trabajo, lo que permitió a los armadores del auto permanecer en el mismo sitio de producción todo el día.

A finales de 1920, la industria automotriz estadounidense se convirtió en un oligopolio constituido por tres compañías: Ford, General Motors y Chrysler.

La época dorada de la producción en serie abarcó de 1930 a 1970, en esta época Ford depuraba sus prácticas de fabricación basadas en la manufactura de un solo producto lo que le permitía colocar las máquinas en secuencia para que cada etapa de fabricación

llevara inmediatamente a la siguiente máquina, reduciendo los tiempos de producción a unos cuantos segundos.

Por otro lado Alfred Sloan, presidente de General Motors desarrollaba técnicas de administración y mercadotecnia, que le permitían establecer un control efectivo de las fábricas, operaciones de ingeniería y sistemas de mercadotecnia que requería la producción en serie de diferentes modelos de vehículos, que se adaptaba a las preferencias de los consumidores.

En la figura A, se muestra la participación de varios países en la producción mundial de automóviles en 1960. Como se puede observar el dominio absoluto lo tenía Estados Unidos con una participación de 51.4%, mientras que Alemania, su competidor más cercano en Europa, tenía una participación de tan solo 14%, pero a partir de los años 70 Japón emergió como una potencia en la industria automotriz, con lo cual el panorama de este negocio cambiaría drásticamente.

El verdadero impacto de la incursión de Japón en la industria automotriz fue que no era simplemente otra réplica del logro americano de la producción en serie: Los japoneses estaban desarrollando una nueva manera de fabricar autos que fue llamada Manufactura Esbelta.

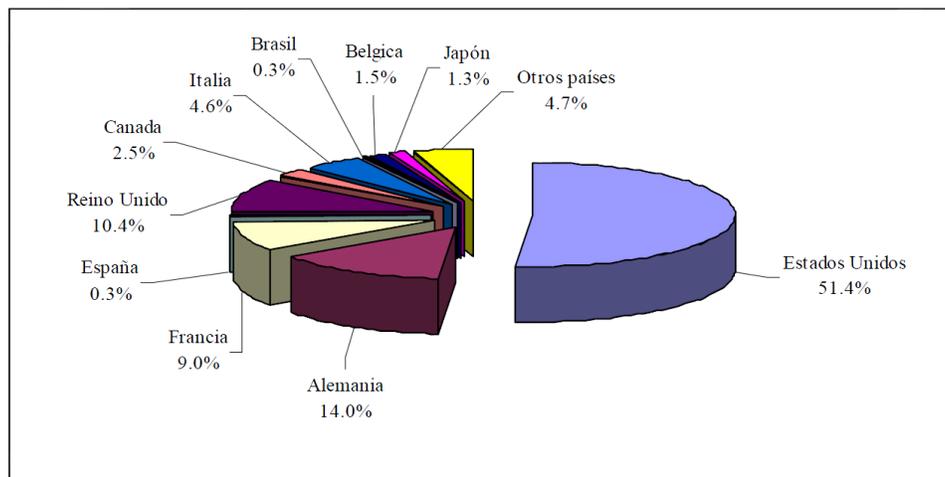


Figura A. Producción Mundial de Automóviles, 1960.
Fuente: Peter Dickens (1999)

La Época de la Manufactura Esbelta (1970-1990)

Después de la segunda guerra mundial, Toyota Motor Company en Japón fue la precursora del concepto de Producción Esbelta. Estaban determinados a fabricar autos a gran escala y camiones comerciales, pero enfrentaban diversos problemas, el mercado doméstico era pequeño y demandaba una amplia variedad de vehículos, el costo de la mano de obra japonesa era alto y por último la guerra había dejado un severo estrago en la economía japonesa.

La producción esbelta tiene como propósito el usar “ menos de todo” es decir, menos trabajo, menos espacio de fabricación, menos inversión en herramientas, pocas horas de ingeniería para desarrollar nuevos productos en menos tiempo, menos inventario y menos defectos.

Una característica fundamental de la producción esbelta es la fabricación de una amplia variedad de productos en pequeños lotes, lo cual no es posible en la producción en serie convencional. Otra aportación de la manufactura esbelta fueron los kaizen, que eran grupos de trabajadores dirigidos por un líder, enfocados a sugerir mejoras al proceso. La realización de mejoras organizacionales, como la reducción de inventarios con el método Justo a Tiempo hace a la empresa competitiva.

Una planta que utiliza la manufactura esbelta tiene dos características organizacionales clave: transfiere el máximo número de tareas y responsabilidades a los trabajadores, pues tiene, en lugar de un sistema para detectar defectos, una manera rápida para rastrear el origen de cada problema una vez que ha sido descubierto. La mejora continua de las empresas japonesas radica en las acciones de sus trabajadores quienes eliminan desperdicios, moviendo más eficientemente los materiales y haciendo otros cambios graduales.

Mientras tanto, en Estados Unidos los productores de autos se pusieron de acuerdo para imponer programas uniformes de mejora de calidad con todos los proveedores llamándolo ISO- 9000. Aquellos proveedores que no estuvieran en conocimiento de esta norma, no podían hacer negocios con los productores debido a las exigencias de sus programas. La manufactura esbelta tuvo consecuencias positivas en la productividad, calidad y sensibilidad para hacer los cambios pertinentes en el producto para adaptarlo de acuerdo a la demanda del mercado.

La época de la empresa en expansión

Los fabricantes de autos estadounidenses alcanzaron altas utilidades mediante la introducción de la manufactura esbelta. En vez de un sistema condicionante y de imposición con sus proveedores, la industria automotriz se enfocó a generar relaciones a largo plazo con algunos de ellos para desarrollar subsistemas completos y compartir beneficios de cualquier idea que ayude a la reducción de costos

La trascendencia del sector automotriz en México

El sector automotriz desempeña un papel fundamental en la actividad económica del país; particularmente por tres razones:

- a) Genera importantes encadenamientos productivos con otras actividades como las industrias del vidrio, acero, hierro, hule, plástico, aluminio, textil, entre otras (Bancomext, 2006).
- b) Emplea a poco más del 11.5% del total del personal ocupado en la industria manufacturera y tiene aportaciones al PIB total y manufacturero de 2.7 y 15% respectivamente (INEGI, 2010).

c) Su participación en las exportaciones la coloca como la industria más importante, superando incluso a las petroleras, al contribuir con el 20% del valor de las exportaciones totales (Secretaría de Economía, 2011).

Apéndice b. Metodología Six Sigma

Una de las metodologías Six Sigma es el DIMAIC el cual se basa en 5 etapas que se presentan en la figura 2 que se muestran a continuación:

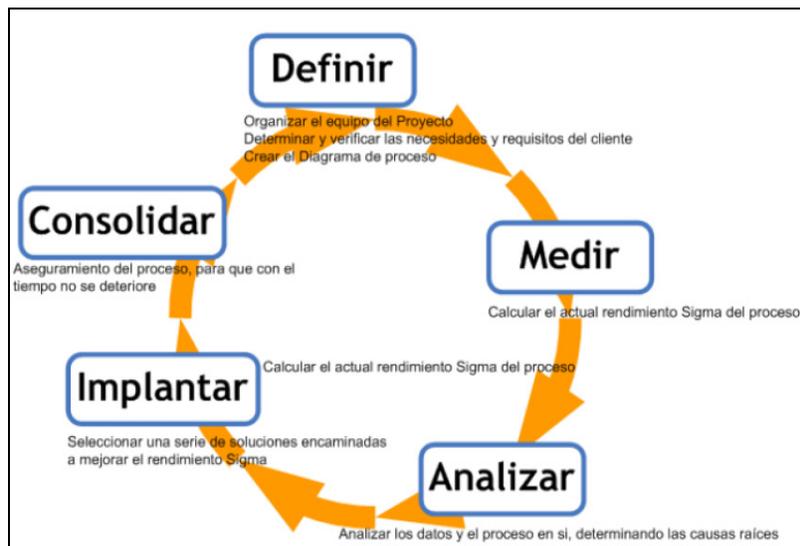


Figura 2. Metodología DIMAIC

Cada fase del modelo DMAIC se define por una serie de actividades del proyecto que nos llevan a resultados específicos que prepararán la siguiente fase del proyecto.

Existe una serie de metodologías y herramientas clave que se requieren para obtener los resultados de cada fase.

Fase de Definición

El propósito de la fase de Definición es refinar aún más la comprensión del problema por el equipo del Proyecto Six Sigma enfocado al consumidor. La fase de definición establece la base para el éxito del proyecto Six Sigma.

El equipo del proyecto utilizará la fase de definición para definir quiénes son los clientes, y para definir sus necesidades y expectativas. El equipo del proyecto utilizará la fase de Definición para organizarse, determinar funciones y responsabilidades, establecer objetivos y metas intermedias y repasar los datos de proceso.

Los resultados de las actividades de la fase de Definición se documentan en una asignación del proyecto según se terminan.

Al concluir la fase de definición, la asignación del proyecto se actualiza y se publica para documentar el alcance y la dirección del proyecto Six Sigma.

Fase de Medición

El propósito de la fase de Medición es establecer técnicas para la recolección de información acerca del desempeño actual que destaque las oportunidades del proyecto y proporcione una estructura para monitorear las mejoras subsecuentes.

Durante la fase de Medición, el equipo eliminará las conjeturas y suposiciones acerca de lo que los clientes necesitan y esperan.

El equipo recolectará información de varias fuentes para determinar el tiempo de ciclo, tipos de defectos y que tan frecuentemente ocurren estos defectos, retroalimentación del cliente acerca de cómo se ajusta el proceso a sus necesidades, etc.

Fase de Análisis

Como un resultado de la fase de Medición, el equipo del proyecto reducirá su concentración a un grupo distintivo de cuestiones y oportunidades del proyecto.

El propósito de la fase de Análisis es permitir que el equipo del proyecto se enfoque en las oportunidades de mejora al observar más de cerca la información.

Fase de Mejora

Como resultado de la Fase de Análisis, el equipo del proyecto deberá de tener una clara comprensión de los factores que afectan el proyecto. El propósito de la fase de Mejora es:

- Generar ideas acerca de formas de mejorar el proceso
- Diseñar, hacer pruebas e implementar mejoras
- Respaldar las mejoras

Fase de Control

El propósito de la Fase de Control es institucionalizar las mejoras del proceso/ producto y monitorear el desempeño en marcha.

Después de la Fase de Mejora, el líder del equipo del proyecto modificará el control del proceso y este será estandarizado por el dueño del proceso (persona o grupo de personas responsables del desempeño del proceso en marcha).

Mesografía:

DEV_EUP02-003 Squeak & Rattle Process

Six Sigma Manual

<http://www.autos-clasicos.net/ford/ford-el-legado-de-un-apellido.php>

http://es.wikipedia.org/wiki/Ford_Fiesta

<https://mx.dqs-ul.com/certificaciones/gestion-de-la-calidad/industria-automotriz.html>

<https://mx.dqs-ul.com/certificaciones/gestion-de-la-calidad/industria-automotriz.html>

<http://corporate.ford.com/ourcompany/operations-worldwide>

<http://wiki.ford.com/pages/viewpage.action?pageId=63504931>

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lil/lara_t_a/capitulo4.pdf

<http://www.pqa.net/ProdServices/sixsigma/sixsigma.html>

<http://comunicacion.promexico.gob.mx/folletos/automotriz.htm>

www.ejournal.unam.mx/rca/221/RCA22110.pdf

www.icicm.com/files/EnriqueSolorTesis.doc

www.afn.org/quality.html

www.educonector.info/node/23072