



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Control de Calidad en la
Industria Automotriz, Estudio
de Caso Solenoide del Sistema
de Transmisión**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Industrial

P R E S E N T A

Eduardo Franco Hernández

ASESOR DE INFORME

M.I. Ricardo Torres Mendoza



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

Contenido

Control de Calidad en la Industria Automotriz, Estudio de Caso Solenoide del Sistema de Transmisión	1
Introducción.....	1
Industria automotriz en México.....	1
Planteamiento del Problema.	1
Objetivos.	2
Capítulo 1. Perfil de la organización en México.....	3
1.1 Antecedentes e infraestructura.....	3
1) Complejo Toluca.	3
2) Complejo Saltillo, Derramadero.....	3
3) Planta de motores Saltillo, Ramos Arizpe.....	3
4) Edificio Corporativo en Santa Fe, Ciudad de México.	4
5) Centro Avanzado de Ingeniería Automotriz.	4
1.2 Misión, visión, creencias y valores de “La Empresa Automotriz”.....	5
1.3 Organigrama de “La Empresa Automotriz” en Norteamérica (EEUU, Canadá y México).	6
1.3.1 Organigrama de “La Empresa Automotriz” México.....	7
1.3.2 Organigrama Eléctricos.....	8
1.4 Actividades que realizo en “La Empresa Automotriz”	9
1.4.1 Actividades y periodicidad.....	9
1.5 Áreas involucradas.....	11
1.6 Herramientas de Ingeniería industrial utilizadas.....	12
A) Diagrama causa-efecto	12
B) 5 ¿Por qué?	12
C) Poka-yokes.....	13
D) 5W 1H (What, Where, When, Who, Which, How) Avanzado.....	13
E) Mapeo de proceso.....	14
F) Kaizen.....	14
1.7 Herramientas de la Industria Automotriz.....	15
A) Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP).....	15
B) Análisis del Modo y Efecto de Fallas.....	16
C) Plan de Control.....	17
D) Proceso de Aprobación de Partes de Producción (PPAP).....	18

1.8 Indicador de Desempeño	18
Capítulo 2. Definición de problema y análisis causa raíz	20
2.1 Antecedentes	20
2.2 Antecedentes del Proveedor.	21
2.3 Análisis de causa-raíz.	23
2.4 Resultados del diagnostico	28
2.4.2 Análisis 5 ¿Por qué? de la no detección de la bobina defectuosa.	29
2.4.1 Análisis 5 ¿Por qué? del incidente de la bobina.....	29
Capítulo 3. Acciones correctivas.	30
3.1 Acciones correctivas para la detección.....	30
3.1.1 Cámara Keyence de detección.....	30
3.1.2 Prueba de continuidad eléctrica en In. 1050-1 y dispositivo Pick and Place	31
3.1.3 Cámara Cognex de detección.....	32
3.2 Acciones correctivas para la ocurrencia.	33
3.2.1. Modificación del brazo mecánico.	33
Capítulo 4 Análisis de Resultados.	34
4.1 Resultados cámara Keyence.	34
4.2 Resultados de prueba de continuidad eléctrica y dispositivo pick&place.....	35
4.3 Resultados de cámara Cognex.	36
4.4 Resultados modificación brazo mecánico.....	37
Conclusiones.	39
Referencias.....	40

Control de Calidad en la Industria Automotriz, Estudio de Caso Solenoide del Sistema de Transmisión

Introducción.

Industria automotriz en México.

La historia de la industria automotriz en México data de 1925 con la instalación de la líneas de ensamble de Ford, cuyo desarrollo en los Estados Unidos se incrementaba notablemente; posteriormente, en 1935 llega la que a la postre se convertiría en el mayor fabricante de vehículos en el nivel mundial: General Motors, en tanto que en 1938 inicia operaciones Automex que posteriormente se convertiría en Chrysler.¹

Desde esa época las armadoras automotrices se han preocupado por el desarrollo de vehículos de alta calidad, con el fin de satisfacer al cliente y ganar mercado en este segmento. Para ello las industrias automotrices han creado un equipo encargado de trabajar en conjunto con los proveedores para la producción de piezas conformes que cumplan con los estándares y características necesarias para el buen funcionamiento del vehículo, evitar fallas, posibles accidentes y la satisfacción del cliente final.

Planteamiento del Problema.

El problema de “La Empresa Automotriz” son las piezas no conformes entregadas por los proveedores a la planta y la falta de control de piezas defectuosas de los proveedores. Para este caso particular “El Proveedor” proporcionó un solenoide del sistema de transmisión defectuoso, este componente da señales al motor agregando o aliviando la presión hidráulica del sistema. Esto permite que puedas cambiar de velocidades sin problemas.



Imagen 1. Solenoide del sistema de transmisión.

¹ La industria Automotriz en México, Arturo Vicencio Miranda, visto en: <http://www.ejournal.unam.mx/rca/221/RCA22110.pdf> pag.4

El solenoide de transmisión defectuoso encontrado en la planta armadora de “La Empresa Automotriz” no conducía corriente eléctrica al momento de realizar las pruebas de continuidad entre las terminales del mismo.



Imagen 2. Prueba funcional de continuidad en corriente eléctrica.

Objetivos.

Determinar la causa raíz del corte de circulación eléctrica en los solenoides del sistema de transmisión.

Implementar acciones correctivas para erradicar el problema en los solenoides del sistema de transmisión.

Capítulo 1. Perfil de la organización en México.

1.1 Antecedentes e infraestructura.

La presencia de “La Empresa Automotriz” en México inicia en los años 30’s, cuando instala su primera planta armadora de vehículos. Desde entonces se ha preocupado por el desarrollo del sector automotriz en todos los aspectos, por lo que en 1962, derivado del decreto que apoyaba la integración nacional de la industria automotriz, consolida su red de proveeduría nacional. A partir de entonces, la inversión de la empresa destinada a investigación, gestión y desarrollo tecnológico ha sido constante y ha motivado la asignación de importantes proyectos a nuestro país por parte del Corporativo.

1) Complejo Toluca.

Se ubica en Toluca, Estado de México, a 60 km del D.F., constituido por la planta de ensamble de autos, la planta de estampados y un centro de distribución de partes. Es la única instalación en el mundo en la que se fabrica dos de sus vehículos más reconocidos, vehículos que se exportan a más de 60 países. El Complejo Toluca es reconocido como una de las mejores instalaciones de “La Empresa Automotriz” en el mundo. Además, cuenta con una planta de tratamiento de aguas “cero descargas”; motivo por el cual ha sido también premiado como “Industria Limpia”.

2) Complejo Saltillo, Derramadero.

Asentado en el Estado de Coahuila, Municipio de Saltillo. Constituido por una planta de ensamble para camiones y una de estampados, donde se producen las pick-ups y camiones. Al igual que el Complejo Toluca, cuenta con una planta de tratamiento de aguas “cero descargas”. Es una de las instalaciones de producción automotriz más moderna en el Continente Americano, y por su desempeño en 2002 fue reconocida con el Premio Nacional de Calidad.

3) Planta de motores Saltillo, Ramos Arizpe.

Primer proyecto automotriz de “La Empresa Automotriz” en el Estado de Coahuila, ubicado en el Municipio de Ramos Arizpe, fundada en 1981. A partir de entonces el volumen de producción de la planta ha rebasado los siete millones de motores, en esta planta son producidos los motores de 2.0 / 2.4 L y 5.7 / 6.1 L.

4) Edificio Corporativo en Santa Fe, Ciudad de México.

Inaugurado en 1999, en apoyo a la necesidad de reubicar los centros de manufactura y oficinas corporativas de la Ciudad de México. “La Empresa Automotriz” trasladó la producción de camiones a la planta de Saltillo, Coahuila; y las oficinas corporativas de Lago Alberto a Santa Fe, siguiendo un proceso de remediación establecido por las autoridades.

5) Centro Avanzado de Ingeniería Automotriz.

Inaugurado en febrero de 2005, se localiza a un costado de la autopista México-Toluca en Santa Fe, Ciudad de México, sobre un terreno de 11,400m², de los cuales 8,800m² están destinados a laboratorios de investigación y desarrollo tecnológico. Cuenta con aulas de capacitación, comedor, auditorio y sistema de telecomunicación vía satelital. Esta instalación refleja y consolida el esfuerzo en la investigación y desarrollo tecnológico de “La Empresa Automotriz” en México; es donde se realizan proyectos de investigación y pruebas de ingeniería de clase mundial. Asimismo, desarrolla estudios tanto de materias primas amigables con el medio ambiente, como de tecnologías de combustibles alternativos, reducción de emisiones y consumos de combustibles derivados del petróleo.

Para “La Empresa Automotriz”, el mayor estímulo es el reto que implica mantenerse al día en una industria tan dinámica como la automotriz, enfrentándolo con innovación constante, investigación, desarrollo y responsabilidad. De este modo, implementa y provee en sus productos, el resultado de investigaciones, pruebas y análisis, que le permiten competir en el mercado automotriz.

La estrategia del Grupo de Ingeniería de “La Empresa Automotriz” es lograr la diferencia a través del liderazgo de sus productos y competitividad a través de sus procesos tecnológicos, que lo han llevado a alcanzar la excelencia operacional y una profesional experiencia con el cliente.

1.2 Misión, visión, creencias y valores de “La Empresa Automotriz”.

La Misión:

- Clientes satisfechos. Habilidad para anticipar y exceder las expectativas de los consumidores.
- Rentabilidad superior a todas las demás compañías de productos automotrices de transporte y de servicios.
- Portafolio único de marcas, productos y servicios.
- Crecimiento continuo. Una compañía realmente global que se construya sobre las bases de su presencia en Norte América y Europa, expandiéndose a los mercados con mayor crecimiento.

La Visión:

Crear una compañía extraordinaria para nuestra gente, para nuestros clientes y para nuestros accionistas.

Creencias:

- Enfoque al cliente
- Calidad
- Innovación
- Velocidad
- Trabajo en equipo
- Excelencia
- Gente inspirada
- Rentabilidad
- Apertura
- Agilidad

1.3 Organigrama de “La Empresa Automotriz” en Norteamérica (EEUU, Canadá y México).

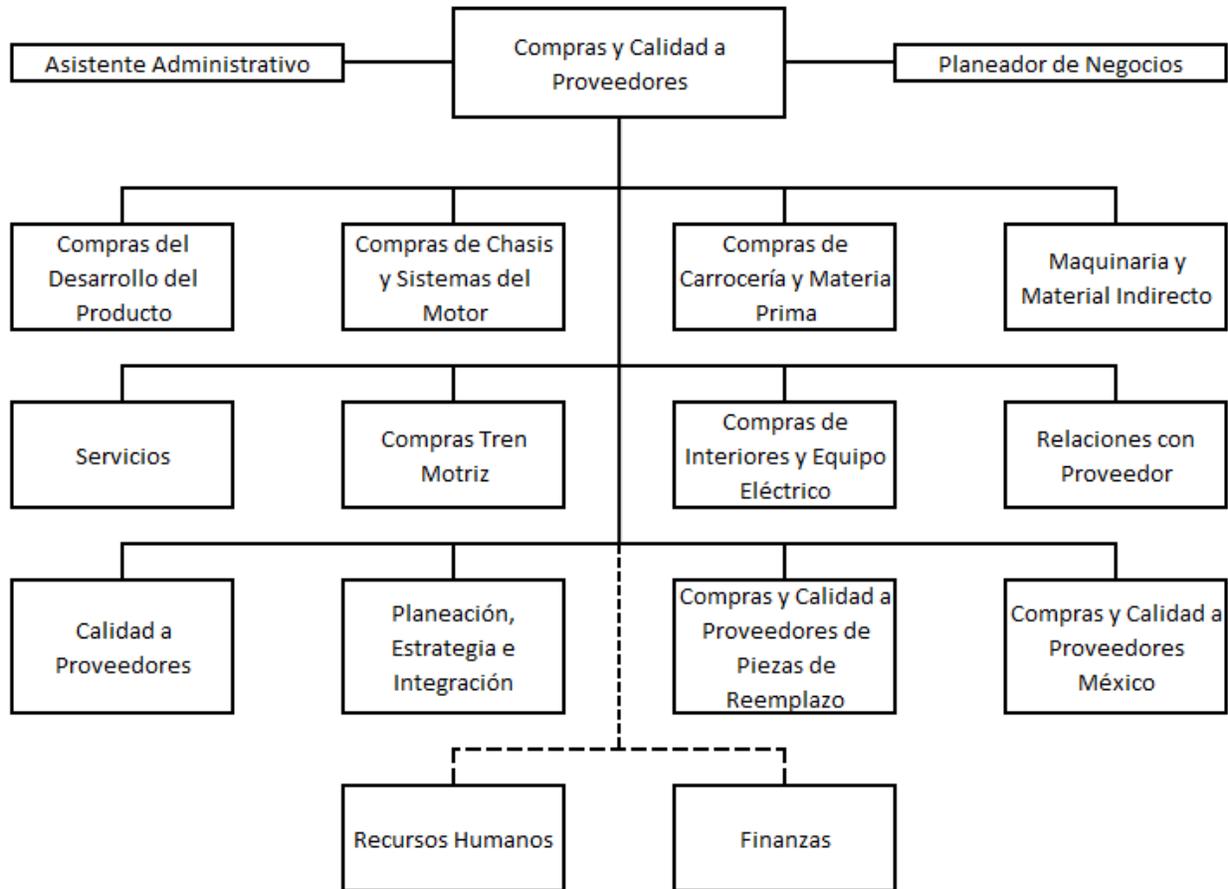


Imagen 3. Organigrama Compras y Calidad a Proveedores Norteamérica

En este organigrama se muestra el área de Compras y Calidad a Proveedores de “La Empresa Automotriz” en la region de Norteamérica, mostrando las diferentes áreas funcionales por los que está conformado, estos se hacen cargo de toda la administración de las partes que conforman un vehículo.

Dentro de este organigrama se encuentra el área de Compras y Calidad a Proveedores en México, ya que aquí se encuentran muchas de la plantas manufactureras de los proveedores donde se producen las partes que se envían a todas nuestras plantas de ensamble.

1.3.1 Organigrama de “La Empresa Automotriz” México.

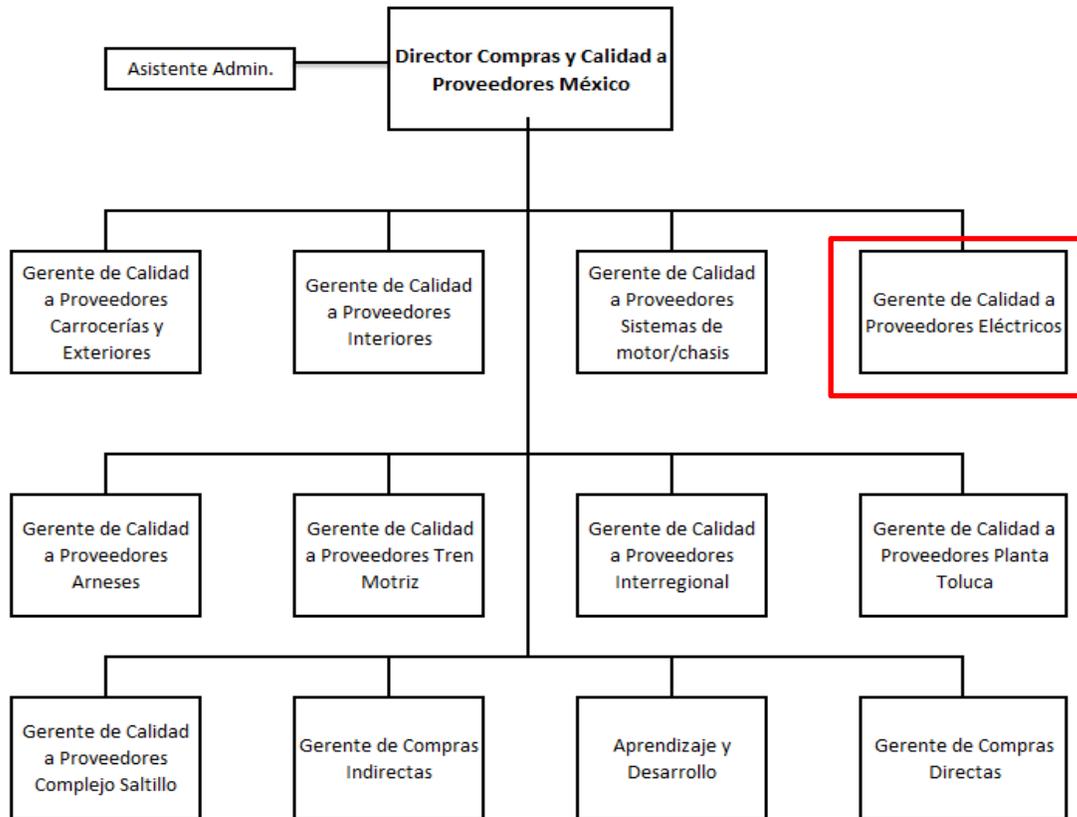


Imagen 4. Organigrama Compras y Calidad a Proveedores México

Aquí se desglosa el área de Compras y Calidad a Proveedores México, la cual está dividida en Carrocería y exteriores, Interiores, Sistemas de motor/ Chasis, Eléctricos, Arnases, Tren motriz. Los cuales son responsables de la administración de los componentes que se utilizan en el ensamble de los vehículos.

Flujo Interregional (IRF) encargados de los componentes que se envían a otras regiones (Europa Medio Este y África, Asia Pacífico, Latino América).

Gerentes de calidad a proveedores en plantas, los cuales analizan los problemas encontrados en sus respectivas plantas y de ser problema de proveedor notifican al departamento de Calidad a Proveedores México

Compras directas e indirectas, encargadas de negociar con proveedores.

Aprendizaje y Desarrollo, encargada de capacitar continuamente a los ingenieros de calidad a proveedores y proveedores.

1.3.2 Organigrama Eléctricos.

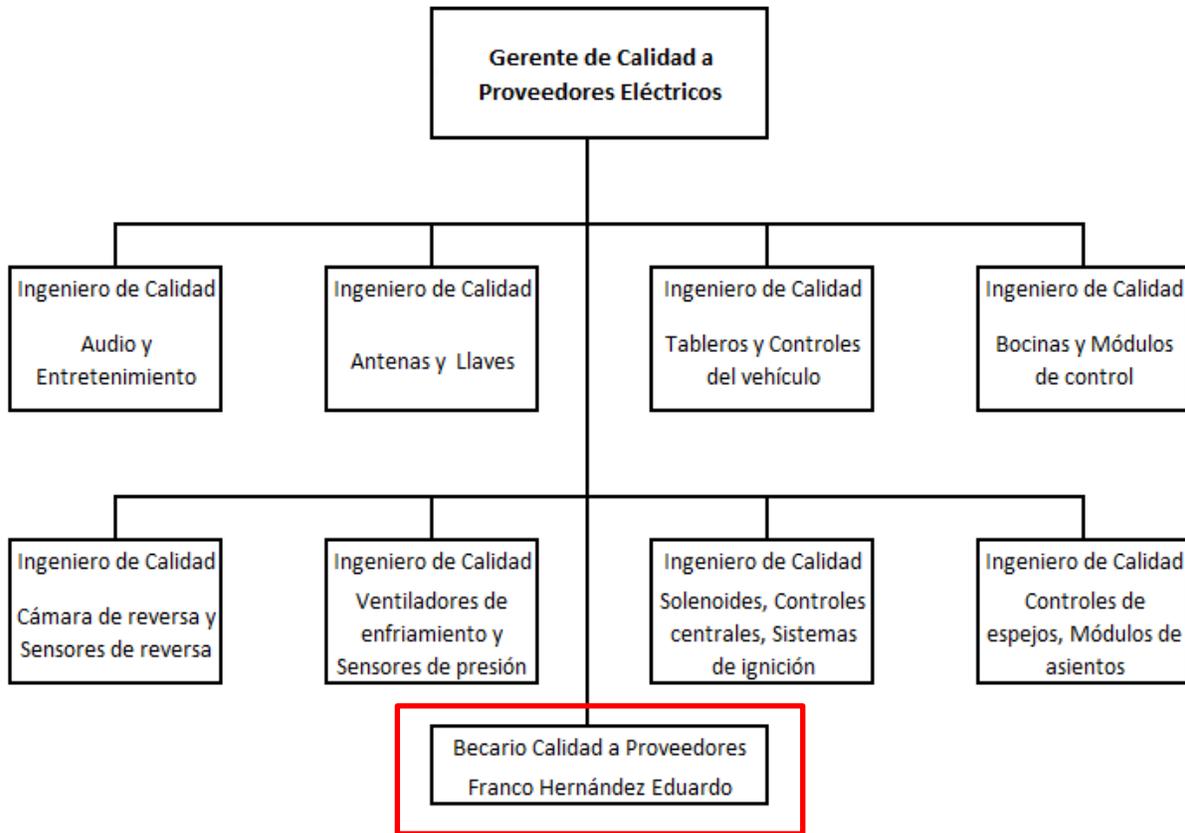


Imagen 5. Organigrama Calidad a Proveedores Eléctricos.

El equipo de Eléctricos está compuesto por ocho ingenieros de calidad a proveedores, los cuales están a cargo de diferentes componentes: Audio y entretenimiento, antenas y llaves, tableros y controles del vehículo, bocinas y módulos de control, cámaras de reversa y sensores de reversa, ventiladores de enfriamiento y sensores de presión, solenoides, controles centrales y sistemas de ignición, controles de espejos y módulos de asientos. Liderados por un gerente.

Se muestra el puesto que ocupó dentro de “La Empresa Automotriz”, en la cual realizó diferentes actividades para apoyar al equipo en sus tareas.

1.4 Actividades que realizo en “La Empresa Automotriz”

1.4.1 Actividades y periodicidad.

Las actividades que realizo dentro de “La Empresa Automotriz”, específicamente en el área de calidad a proveedores para el equipo de eléctricos, son la elaboración semanal de reportes métricos específicos del Aseguramiento de la Calidad de Proveedores, tales como:

- Requerimientos permanentes: Conjunto de actividades obligatorias para todos los proveedores cuya finalidad es asegurar un proceso estable que genere el 100% de piezas conformes. Estas son:
 - Notificar a “La Empresa Automotriz” antes de implementar cambios de proceso, a la secuencia o a los equipos para que “La Empresa Automotriz” decida autorizar o no dichos cambios
 - Notificar a “La Empresa Automotriz” antes de implementar cambios de sub-proveedores o de planta de manufactura para que “La Empresa Automotriz” decida autorizar o no dichos cambios

Número de Control	Fecha de creación	Responsable	Miembros del equipo	Aprobador	Codigo de Proveedor	Descripcion	Estatus	Fecha de Estatus	Fecha de Cierre
##-###	18/11/2015	Ingeniero de Calidad a Proveedores	Ingenieros de Calidad (Proveedor)	Ingeniero de Calidad a Proveedores	#####	Traslado de línea de ensamble de la ciudad de Toluca a San Luis Potosí	Aprobado	17/12/15	22/12/15
##-###	18/11/2015	Ingeniero de Calidad a Proveedores	Ingenieros de Calidad (Proveedor)	Ingeniero de Calidad a Proveedores	#####	Cambio de Sub-proveedor para proveer el número de parte P#####	Pendiente	18/11/15	

Imagen 6. Ejemplo de reporte de Requerimientos permanentes.

- Gestión Global de Problemas. Herramienta diseñada para brindar un sistema flexible y fácil de en el proceso de gestión de problemas en todas las entidades y regiones de negocios de “La Empresa Automotriz”. El objetivo principal de la Gestión Global de los problemas es mejorar el tiempo de respuesta para problemas emergentes en la fase de producción actual, para contener y resolver los problemas lo más rápido posible. El análisis de las resoluciones también se emplea para evitar que se produzcan los mismos problemas en el futuro.

Problemas de Calidad							Promedio	46
FECHA: 14-Aug							Promedio anterior	49
RANK	Número identificador	ESTATUS (COLOR)	ISSUE STATUS	SUPPLIER NAME	DESCRIPTION	ISSUE MANAGER	AGE.	
1	#####	Light Green	Correctivas Permanentes Implementadas	Proveedor 1	Cámara de reversa inoperante	Ingeniero de Calidad 1	78	
2	#####	Yellow	Análisis de Causa-Raíz Implementadas	Proveedor 2	Sensor inoperante debido a problema de soldadura en el capacitor C4	Ingeniero de Calidad 2	65	
3	#####	RED	Contención Implementadas	Proveedor 3	Botón de ventana de lado derecho inoperante debido a daño interno en el botón	Ingeniero de Calidad 3	62	
4	#####	RED	Investigación en Progreso	Proveedor 4	Aguja de tacómetro no funciona, se queda pegada en 0 km (Clúster)	Ingeniero de Calidad 4	57	

Imagen 7. Ejemplo de reporte Gestión Global de Problemas.

- Mantener actualizados los reportes del sistema de información de calidad mensualmente completando el 100% de las tareas en la plataforma Sistema de Gestión de Calidad (Quality Management System por sus siglas en inglés), herramienta para la planeación avanzada de la calidad desarrollada para administrar, validar y aprobar datos en la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP por sus siglas en inglés), para el equipo Eléctricos.

TAREAS	MAYO							
	SQE 1	SQE 2	SQE 3	SQE 4	SQE 5	SQE 6	SQE 7	SQE 8
	Pendientes							
IRE	0	1	7	1	0	1	0	1
IMDS	0	31	3	1	6	1	0	5
OTOP	0	10	1	51	3	4	0	7
1 CNs	0	53	31	95	39	0	1	12
2 CNs	0	4	23	35	3	0	0	0
3 CNs	0	0	0	10	1	0	0	0
4 CNs	0	0	1	0	1	0	0	0
5 CNs	0	0	0	0	0	0	0	1
6 CNs	0	0	0	0	0	0	0	0
AMEF	0	0	0	19	1	0	0	0
PVT E	0	5	14	35	2	0	0	2
PVT T	0	5	2	37	2	4	0	2
PDR	0	14	17	45	8	1	0	5
TKO	0	5	3	51	2	0	0	2
Total	0	128	102	380	68	11	1	37
%COMPLETADO	100	12	15	2	13	66	67	64

Imagen 8. Ejemplo de reporte de Plataforma QMS.

- Participación activa para dar solución de problemas de calidad a proveedores, particularmente para este caso “Solenoide de transmisión defectuoso”.
- Actualización al 100% del directorio de proveedores Eléctricos para Diciembre 2015

Todos estos reportes se realizan con el objetivo de proporcionar a la administración los datos necesarios para tener la certeza de que el producto está cumpliendo con los requerimientos de “La Empresa Automotriz”.

1.5 Áreas involucradas

Las áreas con las que tengo comunicación dentro de mi ejercicio profesional son:

Ingeniería del producto. Se encarga de realizar los diseños y planos de los componentes que se utilizarán en los vehículos a manufacturar, especificando características críticas como: dimensiones, materiales, acabados superficiales, rugosidades, color. Una vez que se tienen los diseños y planos de los componentes se procede a realizar una evaluación entre los proveedores potenciales que puedan producir dichas piezas en base a sus procesos de manufactura, sistemas de calidad, tecnología utilizada. También se encargan de realizar los cambios de ingeniería (cambios de dimensión, materiales, colores, etc.) ya sea porque el diseño actual no cumpla con las funciones requeridas por el vehículo, se encontró alguna mejora en el diseño dentro del proceso de manufactura o para una nueva versión de algún modelo existente.

Compras. Al igual que ingeniería, el área de compras se encarga de hacer una evaluación inicial a los proveedores potenciales en base a los costos de producción. Una vez que se elige al proveedor encargado de manufacturar los componentes, el área de compras levanta la orden de compra donde se detalla las características de los herramientas que se utilizarán para la producción de las partes, ya que estas son propiedad de “La Empresa Automotriz”, la jornada laboral que se tendrá para dicha producción mencionando cuantos turnos por día, cuantas horas por turno y cuantos días por semana. Todo esto en base a las capacidades que el proveedor aseguro tener.

Manufactura. Es la encargada del ensamble de los vehículos en las plantas armadoras de “La Empresa Automotriz”, es un área importante para el área de calidad a proveedores, ya que muchas ocasiones los problemas de calidad de los proveedores son detectados en esta área, cuando esto ocurre se encargan de levantar una alerta avisando a calidad a proveedores para que se tomen las medidas necesarias para solucionar el problema y establecer las contenciones necesarias para no tener el problema mientras se corrigen los procesos del proveedor.

1.6 Herramientas de Ingeniería industrial utilizadas.

A) Diagrama causa-efecto

Un diagrama de causa y efecto es una figura formada por líneas y símbolos cuyo objetivo es representar una relación significativa entre un efecto y sus causas.

Con los diagramas de causa y efecto, desarrollado por Ishikawa, se investigan los efectos “malos” y se emprenden acciones para corregir las causas, o los efectos “buenos” y se aprende cuales causas son las responsables. Para cada efecto, es probable que haya numerosas causas²

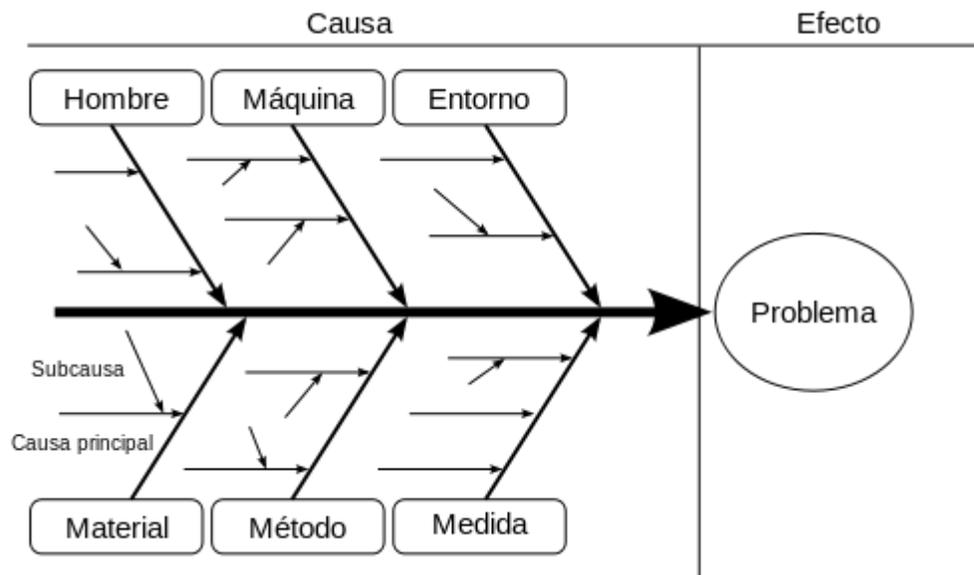


Imagen 9. Diagrama Causa Efecto.

B) 5 ¿Por qué?

La metodología del 5 por qué fue desarrollada por Ohno en Toyota como parte del Sistema de Producción Toyota (TPS) para identificar la causa de los problemas. Básicamente consiste en cuestionarse el porqué de las cosas, como lo haría cualquier niño pequeño, pero en este caso se debe cuestionar a la persona con mayor conocimiento del proceso hasta que se encuentre la raíz del problema presentado³.

² Besterfield, Dale (2009). Control de calidad (8va ed.) México: Pearson Educación.

³ Bentley William(1994), Lean six sigmasecrets for the CIO, Broken Sound Parkway NW: Taylor and Francis Group LLC

C) Poka-yokes.

Un sistema Poka-yoke posee dos funciones: realizan inspecciones al 100% y, si ocurren anomalías, puede realizar inmediatamente una alerta para anunciar el defecto o una acción para prevenirlo. Los efectos de los métodos poka-yoke en la reducción de defectos diferirán dependiendo de los sistemas de inspección con los que se combinen: inspecciones en la fuente, auto-chequeos, o chequeos sucesivos.

Los sistemas poka-yokes caen en las categorías o tipos de funciones reguladoras o en la categoría de funciones de fijación, de acuerdo con las técnicas que usen.⁴

Funciones de regulación:

- Métodos de control: método por el cual la línea de producción se detiene cuando se encuentra una anomalía
- Métodos de aviso: método en el que solo se envía una alerta al operador indicando que se encontró una anomalía.

Funciones de fijación:

- Método de contacto: método que detecta anomalías en la forma o dimensiones de los productos
- Método de valor fijo: método que detecta el número de movimientos que se debe realizar en una operación
- Métodos de pasos de movimientos: método que detecta errores en los movimientos de una operación.

D) 5W 1H (What, Where, When, Who, Which, How) Avanzado

Esta matriz proporciona el punto de partida para identificar causas potenciales útiles para resolver el problema. Identificar el método de medición del problema y su exactitud mediante los siguientes cuestionamientos:

⁴ SHINGO Shingeo (1990), Tecnologías para el cero defectos: Inspecciones en la fuente y el sistema Poka-yoke (3ra ed.) Madrid: editorial.

Descripción Inicial del Problema		
QUÉ	¿Qué problema se presenta? ¿Qué producto, máquina o material se estaba utilizando? ¿Qué tamaño?	¿Qué NO es problema? ¿Qué producto, máquina o material NO es? ¿Qué tamaño NO es?
CUÁNDO	¿Cuándo se produjo el problema? Cuando en la secuencia de funcionamiento; puesta en marcha, carrera continua, problema intermitente, apagado, de cambio?	¿Cuándo NO se produjo el problema?
DÓNDE	¿Dónde ves el problema? ¿Dónde en el equipo o material se percibe el problema?	¿Dónde no ves el problema? ¿Dónde en el equipo o material NO se percibe el problema?
QUIÉN	¿A quién afecta? ¿Todo el mundo? O es un problema menor para algunos individuos o equipos? (Si es así, ¿qué información pueden ofrecer?) ¿Es un problema relacionado a habilidad de la persona?	¿A quién NO afecta?
CUÁL	¿Cuál es la tendencia o patrón de comportamiento tiene el problema? Por ejemplo. Es el problema más frecuente un lunes por la mañana? Después de un cambio de modelo?	¿Cuál NO es la tendencia o patrón de comportamiento tiene el problema?
CÓMO	¿Cómo se produce el problema? ¿Cómo es el estado actual del equipo en relación a su condición óptima?	¿Cómo NO se produce el problema?

Imagen 10. 5W+1H Avanzado.

E) Mapeo de proceso.

El registro de todos los hechos y detalles del trabajo se hace con el fin de analizarlos y no sólo por obtener una historia o cuadro de cómo se están haciendo las cosas. Por lo tanto, el registro debe estar en forma tal que facilite el análisis; además, como los trabajos que se pueden seleccionar en una industria son procesos u operaciones, ya existen formas especiales diseñadas según el tipo de trabajo.

Para un adecuado registro se utilizan los diagramas de proceso de operaciones, los de proceso de flujo de recorrido los de hilos, los diagramas hombre-máquina y los diagramas bimanuales.

F) Kaizen.

Es una iniciativa que se enfoca en la mejora continua para eliminar todos los esfuerzos no productivos en todos los procesos. Subraya los pequeños incrementos, con poco o ningún gasto, sin técnicas sofisticadas. La administración impulsa las ideas de los operadores para mejorar su proceso de trabajo.⁵

⁵ Anthony Manos, "The Benefits of Kaizen and Kaizen Events", Quality Progress, febrero de 2007, pp. 47-50.

1.7 Herramientas de la Industria Automotriz.

Las herramientas de la industria automotriz son un conjunto de procesos desarrollados conjuntamente por Ford Company, General Motors Company, Chrysler y proveedores para diseñar, desarrollar, prevenir, medir, controlar, registrar analizar y aprobar productos y servicios de calidad que aseguren los requerimientos, satisfagan las necesidades y expectativas del cliente. Estas herramientas son un requisito de la especificación técnica ISO/TS 16949.

A) Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP)

APQP o Advanced Product Quality Planning, por sus siglas en inglés, es un marco de procedimientos y técnicas utilizadas para el desarrollo de productos en la industria automotriz.

Se trata de un proceso definido para un sistema de desarrollo de productos. Según AIAG (Automotive Industry Action Group), el propósito del APQP es producir un plan de calidad del producto que apoye el desarrollo de un producto.

Dicho proceso se enfoca en el desarrollo, la industrialización y el lanzamiento de nuevos productos. Durante estas fases 23 temas son monitoreados, estos deberán estar terminados antes de que la producción en serie inicie. Algunos temas que son monitoreados son: robustez del diseño, pruebas de diseño y el cumplimiento de las especificaciones, diseño del proceso de producción, estándar de inspección de calidad, capacidad de proceso, capacidad de producción, embalaje de producto, pruebas de productos y plan de formación de operadores, entre otros.

El APQP cuenta con 5 fases, estas son:

1. Planeación y definición del programa
2. Diseño y desarrollo del producto
3. Diseño y desarrollo del proceso
4. Validación del producto y del proceso
5. Retroalimentación, evaluación y acciones correctivas⁶

⁶ APQP Advanced Product Quality Planning, disponible en: <http://spcgroup.com.mx/apqp/>

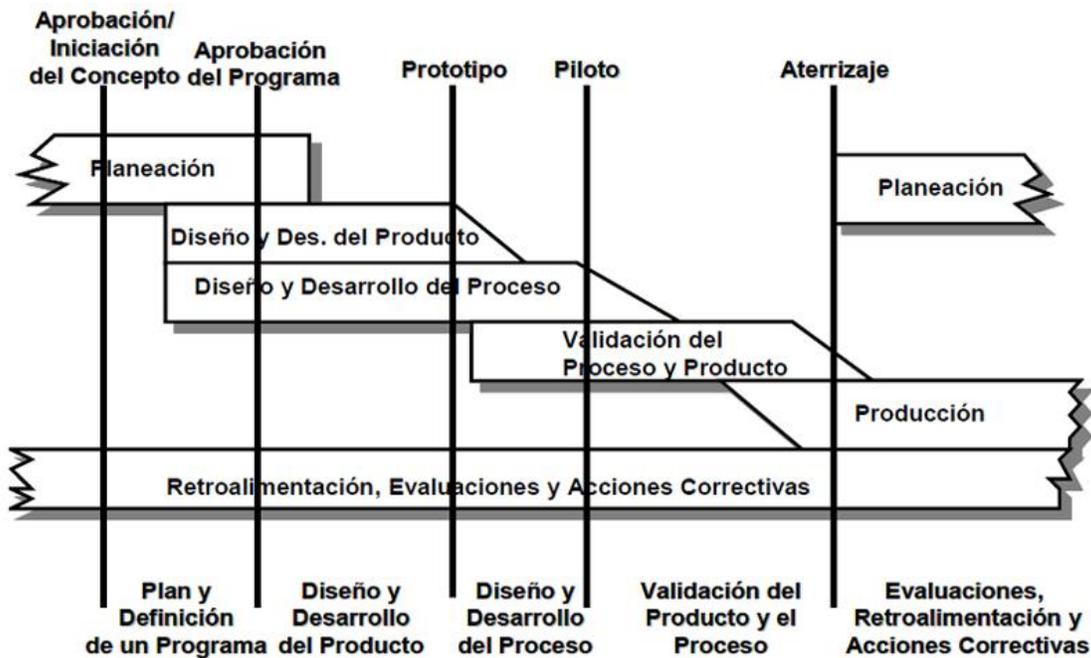


Imagen 11. Etapas de APQP.

B) Análisis del Modo y Efecto de Fallas.

El análisis de modo y efecto de falla es una de las técnicas más usadas para identificar y listar formas o modos potenciales por medio de los cuales pueden fallar los sistemas y así dar seguimiento para conocer las características y efectos de cada falla en el sistema como un todo⁷.

Existen dos tipos de AMEF: de Diseño y de Proceso. El AMEF es una herramienta para mejorar la confiabilidad del producto, y se puede describir de manera general como un método para identificar la severidad de los efectos potenciales de fallas y para estimar la probabilidad de ocurrencia de las causas de las fallas. Proporciona así una base para implementar medidas que reduzcan los riesgos⁸.

El AMEF consta de los siguientes pasos:

1. Identificar la función del proceso y sus requerimientos.
2. Identificar los modos de falla potenciales relacionados al producto y al proceso.
3. Evaluar el efecto de los modos de falla con base en el cliente final.
4. Identificar las causas potenciales del proceso que deben controlarse para evitar estos modos de falla.
5. Evaluar las fallas potenciales con un criterio estandarizado dando prioridad a los controles preventivos y de detección.

⁷ Acuña Acuña Jorge E, Mejoramiento de la calidad: un enfoque a los servicios (1ª ed) Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2005.

⁸ AMEF Análisis del Modo y Efecto de Falla <http://spcgroup.com.mx/amef/>

6. Determine qué acciones recomienda para mejorar el proceso.

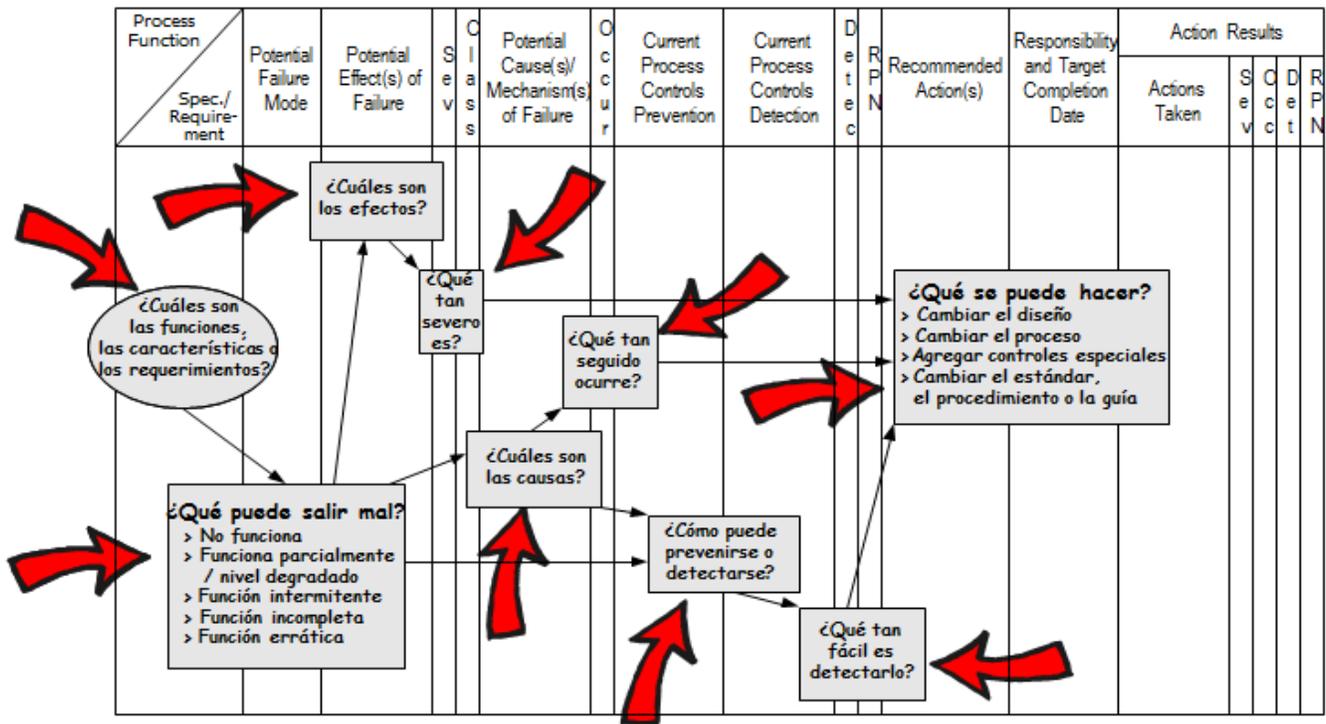


Imagen 12. Ejemplo de cómo llenar un AMEF

C) Plan de Control

Un plan de Control es un resumen por escrito del plan para controlar la variación en las características del producto y del proceso. Este documento debe llenarse consolidando información de los otros documentos (por ejemplo: AMEF de diseño, diagrama de flujo, AMEF de proceso, etc.), determinando los controles para la(s) característica(s) importantes del producto y del proceso, así como la forma en que debe ejecutarse. Ayudando a eliminar la(s) causa(s) raíz que producen variación en el producto y en el proceso, seleccionando los mejores métodos para controlar la comunicación, la contención y el plan de reacción.

Los beneficios que otorga una Plan de Control son los siguientes:

- Reduce la variación del proceso
- Reduce los costos de garantía
- Mejora la capacidad del proceso
- Incrementa la productividad
- Optimiza el costo del producto
- Se enfoca en la prevención
- Proporciona una imagen completa del control
- Promueve la mejora continua
- Mejora la calidad del producto

D) Proceso de Aprobación de Partes de Producción (PPAP).

PPAP por sus siglas Production Part Approval Process, se utiliza en la cadena de suministro para establecer la confianza de los componentes y procesos de producción de los proveedores principalmente.

El proceso PPAP está diseñado para demostrar que el proveedor de componentes ha desarrollado su proceso de diseño y producción minimizando el riesgo de incumplimiento por parte de un uso efectivo de APQP.

1.8 Indicador de Desempeño

Los indicadores de desempeño más importantes que tengo que cumplir son dos:

1.- El cumplimiento de todas las tareas de la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto asignadas en el mes. Esto lo logró reportándoles a los ingenieros de calidad a proveedores las tareas que tienen asignadas en el mes para que mediante juntas o visitas en plantas de proveedor se haga la revisión de las tareas que se tiene asignadas de acuerdo al plan establecido y poder aprobarlas.

Diciembre					
Categorías	Completadas	Vencidas	Pendientes	Total	% Completado
Evaluación inicial de riesgo	231	4	0	235	98%
Pruebas de validación del producto (iniciales y finales) Capacidad del proceso	0	0	23	23	0%
Inspección de parte, Análisis de Modo y Efecto de Falla	0	0	2	2	0%
Producción con herramental final	0	0	22	22	0%
Aprobación del proceso de producción	0	0	143	143	0%
Total	231	4	190	425	54%

Imagen 13. Avance en el mes de diciembre de las tareas de la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto.

En la imagen de arriba podemos observar las diferentes categorías de las tareas de la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto y el número de tareas que deben cumplirse en dicho mes (425).

Las tareas pueden tener tres estatus:

- Completadas: tareas que ya fueron completadas y aprobadas por el ingeniero de calidad a proveedores.
- Pendientes: tareas que aún no han sido completadas y deben completarse y aprobarse antes del último día del mes.
- Vencidas: Tareas que no se llevaron a cabo dentro de la fecha límite.

Al término del mes se debe completar y aprobar el 100% de las tareas, cuando las tareas no se completan en la fecha asignada, se agenda una junta con directivos para dar la explicación del por qué no se logró completar la tarea y se establece una fecha promesa en la cual se completaran las tareas que no se lograron.

2.- Cumplir con las acciones de contención dentro de los primeros 5 días después de que surge un problema de calidad por parte del proveedor en la planta de ensamble de “La Empresa Automotriz” y 20 días para el análisis de causa-raíz. Esto lo logró reportándoles a los ingenieros de calidad a proveedores los problemas nuevos.

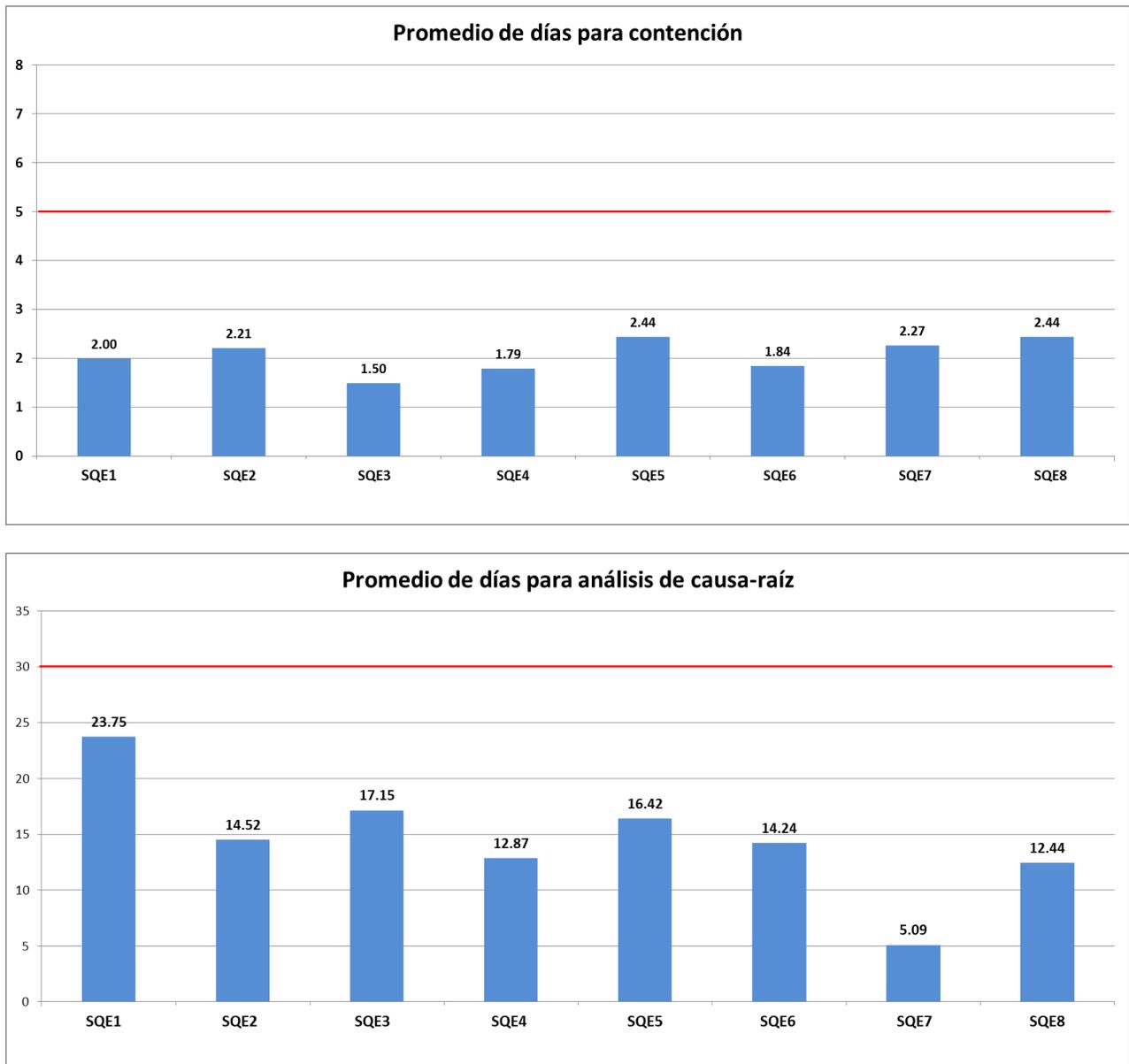


Imagen 14. Gráficos del seguimiento de días para contención y análisis de causa-raíz.

Capítulo 2. Definición de problema y análisis causa raíz

2.1 Antecedentes

A pesar de todas las herramientas antes mencionadas para evitar defectos se llegan a presentar casos en los que se encuentran piezas con problemas de calidad los cuales se pueden clasificar en alguna de las siguientes categorías, dependiendo de la severidad del problema y la ocurrencia con la que se haya presentado.

- Tickets de Partes No Conformes.

Los tickets de partes no conformes son alertas que se envían de la planta ensambladora al encontrar alguna parte no funcional o con defectos en la línea de ensamble o durante las pruebas funcionales que se le realizan a las partes. Una vez que la alerta es enviada, se procede a realizar una investigación del por qué la parte no funciona y definir si el problema fue causa del proceso productivo del proveedor, o manejo de materiales dentro de la planta ensambladora.

- Contención de 3ª parte y solución de problemas.

Es un sistema que administra las no conformidades responsabilidad de proveedor a través de una empresa externa que lleva a cabo la inspección del material y permite la evaluación externa de la causa raíz y las acciones correctivas implementadas. Esto ocurre cuando se encuentra una parte defectuosa en la planta ensambladora. Se aplica para prevenir que material no conforme adicional llegue a la línea de ensamble.

- Paro de Patio

Un Paro de Patio es un grupo de vehículos ensamblados al cien por ciento que presentan algún defecto físico y/o funcional el cual impide que sean vendidos. Posteriormente se determina por el área de calidad de planta si este defecto es problema de proveedores.

- Garantías.

Las garantías son reclamos por parte del cliente de partes que se dañaron durante su uso. Estos daños son analizados para verificar que el daño encontrado sea responsabilidad de “La Empresa Automotriz” o del Proveedor de “La Empresa Automotriz”. Cuando esto ocurre se repone la parte dañada al vehículo del cliente final, la parte dañada es trasladada al centro de garantías donde se le comunica al área de calidad a proveedores lo ocurrido, se comienza una investigación para determinar la causa-raíz del problema y darle solución al problema para evitar que siga ocurriendo.

- Gestión Global de Problemas (GGP).

Como se mencionó anteriormente la Gestión Global de Problemas es una herramienta diseñada para brindar un sistema flexible y fácil de usar para apoyar el proceso de gestión de problemas en todas las entidades y regiones de negocios de “La Empresa Automotriz”.

Una vez que se determina que el problema encontrado en la planta ensambladora de “La Empresa Automotriz” es problema del proceso de producción o controles de calidad del proveedor, la planta ensambladora abre un problema para proveedor en el portal GGP donde se especifica el problema suscitado, el nombre del proveedor responsable de dicha parte y las características de la parte. Con lo cual el área de calidad a proveedores comienza a dar solución del problema.

#	Número de parte	Descripción de la parte	Imagen	Código de proveedor	Departamento	Descripción
1	###	Manguera de radiador		### A	Supplier Quality - Chassis	Sujetador de la manguera del radiador tiene un diámetro menor al de la manguera por lo cual no cierra.

Imagen 15. Ejemplo de cómo reporta la planta los problemas a calidad a proveedores.

El problema que se analizará a continuación cayó dentro de la categoría de ticket de parte no conforme.

2.2 Antecedentes del Proveedor.

La planta de manufactura del proveedor está localizada en la ciudad de Toluca, a unos 60 km al oeste de la Ciudad de México. Esta planta emplea alrededor de 2500 personas para la producción de diferentes componentes de la industria automotriz, como alternadores, motores de limpia parabrisas, motores de ABS, motores de ventanas, solenoides de transmisión, distribuidores, sistemas de enfriamiento, entre otros. Todos estos componentes son producidos para clientes en México, Estados Unidos, Canadá y Europa.

“La Empresa Automotriz” tiene buena relación con este proveedor gracias a que tiene una buena evaluación en diferentes rubros que son evaluados por Calidad a proveedores, Ingeniería y Compras para la selección de proveedores.

Controles de Calidad: Verifica que los controles de calidad que utiliza el proveedor sean efectivos para identificar problemas, el cumplimiento de las tareas de AQP de acuerdo con el calendario establecido e indispensable contar con la certificación ISO/TS 16949.

Entrega: Se evalúa que los embarques lleguen en tiempo a su destino, con la cantidad adecuada y que se hayan enviado por la vía que se designó. Así mismo se verifica que toda la documentación requerida para el traslado.

Garantías: Se evalúa la respuesta del proveedor cuando se presentan problemas de garantías, como el reemplazo de las piezas defectuosas y su análisis para encontrar la causa de las mismas.

Costos: Se realiza una evaluación de los precios que maneja el proveedor.

Colaboración: Se evalúa la comunicación, el soporte que brinda el proveedor ante cualquier tipo de problema, la sustentabilidad de la empresa, etc.

Calificación final: Se hace un promedio de los diferentes rubros antes mencionados para obtener el EBSC.

Proveedor			Proveedor 1	Proveedor de bobinas de transmisión	Proveedor 3
Información General	Calidad	2015	93	100	87
		2014	89	98	95
	Entrega	2015	63	88	98
		2014	88	78	99
	Garantía	2015	80	50	69
		2014	23	41	71
	Costo	2015	32	94	100
		2014	49	46	67
	Colaboración	2015	86	86	86
		2014	61	61	61
	Calificación final	2015	71	84	88
		2014	62	65	79

Imagen 16. Evaluación de proveedores.

2.3 Análisis de causa-raíz.

A continuación se describe el análisis de causa raíz que se llevó a cabo, todas las actividades que se mencionan como hechas por el área de calidad a proveedores, fueron realizadas por Eduardo Franco Hernández y supervisadas por el ingeniero de calidad a proveedores responsable de esta parte cuyo nombre no puede ser mencionado.

El 19 de Junio de 2015, la planta ensambladora de “La Empresa Automotriz” se dieron cuenta de un solenoide de transmisión con fecha de fabricación de 14 de febrero de 2015 que presentó un mal funcionamiento cuando, al realizar pruebas en el vehículo en el que se colocó, la transmisión no realizaba los cambios y esto generaba que el vehículo se apagara.

El 24 de Junio de 2015 resultados indican que el solenoide presenta fallas en las terminales al realizar la prueba de continuidad eléctrica. Este mismo día se les da aviso al área de calidad a proveedores.

El 26 de Junio se realizó una inspección de todas las piezas que estaban en el almacén de la planta de ensamble de “La empresa Automotriz” donde no se encontraron más piezas defectuosas, esta inspección fue realizada por una empresa externa completamente independiente a “La Empresa Automotriz” y el proveedor. El proveedor por su parte realizó una inspección en su almacén encontrando 128 piezas con esta condición.

El 6 de Julio de 2015 el área de calidad a proveedores analizó el AMEF del proceso y plan de control concluyendo que la condición puede ser causada entre las estaciones 1040 y 1060 del proceso.

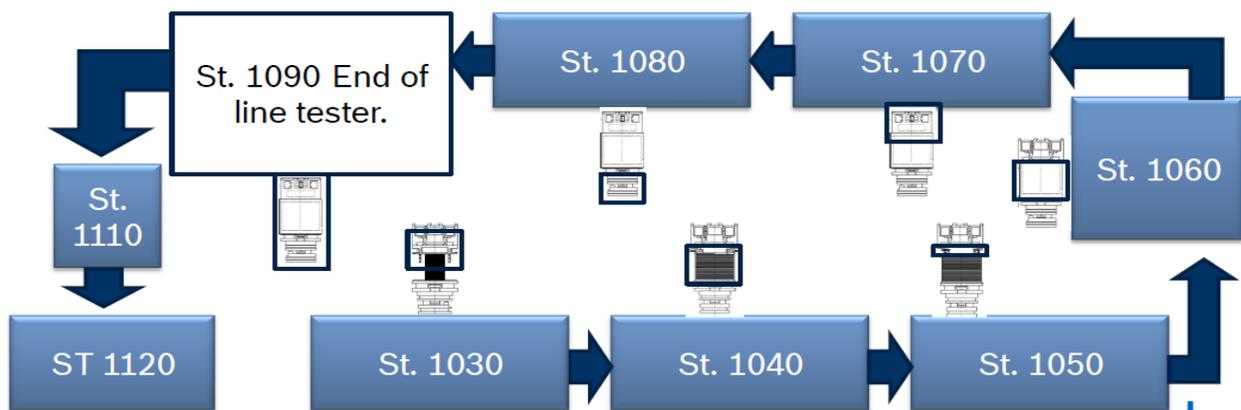


Imagen 17. Lay-Out de la línea de producción.

- St.1030-Ensamble base de bobina y núcleo de bobina.
- St.1040-Máquina de embobinado.
- St.1050-Proceso de doblado de terminales
- St.1060-Proceso de encapsulado
- St.1070-Proceso de colocación de tapa de encapsulado
- St.1080-Proceso de remachado
- St.1090-Prueba funcional final
- St.1110-Marcador láser
- St.1120-Inspección visual.

El 10 de Julio el área de calidad a proveedores determinó una acción de contención para evitar que partes defectuosas se envíen a la planta de “La Empresa Automotriz”. Esta acción de contención consistió en hacer una inspección visual al 200% a la salida de cada estación.

El 14 de Julio de 2015 el solenoide llegó a la planta del proveedor en Toluca y fue probado en la prueba funcional EoL (End of Line), fue rechazado debido a un mal funcionamiento en el valor de la resistencia.

Serial Number	MFD	Resistance (11, -1 Ω)
3134	02/14/2015	Open Ω

Imagen 18. Resultados de End of Line.

El 23 de Julio el área de calidad a proveedores realizó una visita a la línea de producción del proveedor para identificar y evaluar el problema mediante un mapeo de proceso de las estaciones donde se puede producir el problema y un 5W+1H avanzado para definir concretamente el problema.

Flujograma	Operaciones y pasos del proceso
<pre> graph TD Inicio[Inicio] --> T1040-1[T1040-1] T1040-1 --> Op1040((Op.1040)) Op1040 --> T1050-1[T1050-1] T1050-1 --> Op1050((Op.1050)) Op1050 --> In1050-1[In.1050-1] In1050-1 --> Op1060((Op.1060)) Op1060 --> In1060-1[In.1060-1] In1060-1 --> T1070-1[T1070-1] T1070-1 --> FIN[FIN] </pre>	<p>T1040-1. Transporte desde estación 1030 1.- Se transporta el núcleo de la bobina desde la estación 1030 a estación 1040 en conveyer</p> <p>Op.1040 Máquina de embobinado 1. Sujetar el núcleo 2. Girar núcleo 3. Embobinar 4. Cortar alambre</p> <p>T1050-1 Transporte del embobinado hacia estación 1050 1.- se transporta el embobinado hacia la estación 1050 en conveyer</p> <p>Op.1050 Doble de terminales 1. Sujetar bobina 2. Doblar terminales con ayuda de brazo mecánico 3. Colocar bobina en área de salida</p> <p>In.01 Inspección visual de bobina 1. Operador toma bobina 2. Verificar el embobinado y las terminales visualmente 3. Coloca bobinas OK en stock de entrada de la estación 1060</p> <p>Op. 1060 Encapsulado de bobina en armazón 1. Operador toma bobina 2. Colocar armazón en prensa 3. Operador coloca bobina sobre armazón verificando que las terminales queden en la parte baja del armazon 4. Operador acciona prensa 5. Prensa ejerce una fuerza para encapsular bobina y armazón</p> <p>In.02 Inspección visual del encapsulado 1. Operador retira bobina de la prensa 2. Verificar el encapsulado visualmente 3. Verificar que la bobina no se mueva dentro del armazón 4. Colocar bobinas OK en conveyer</p> <p>T1070-1. Transporte hacia estación 1070 Se transporta la bobina hacia la estación 1070 en conveyer</p>

Imagen 19. Mapeo de proceso de las estaciones 1040, 1050 y 1060

Una vez realizado el mapeo del proceso, se definió el problema mediante la herramienta 5W+1H Avanzado.

Bobina del sistema de transmisión inoperante		
QUÉ	Corte de corriente eléctrica	Fracturas, golpes o material roto
CUÁNDO	7 de Junio	Antes del 7 de Junio
DÓNDE	Objeto: En las terminales de conexión Proceso: Estaciones 1040, 1050	Objeto: En el cuerpo de la bobina Proceso: Estaciones previas o posteriores a las mencionadas
QUIÉN	"La Empresa Automotriz"	N/A
CUÁL	128 piezas en el almacén del proveedor	N/A
CÓMO	Análisis bajo investigación	El problema no se produce en las estaciones previas a las 1040

Imagen 20. 5W+1H del solenoide de transmisión.

Con ayuda de esta matriz logramos definir concretamente el problema presentado y descartar posibles causas que no generan la falla en el solenoide.

Se realizó un análisis de riesgo en el diagrama de flujo inspeccionando todas las estaciones para evaluar las operaciones y tratar de encontrar cuales fueron las causas potenciales que generaron el corte de corriente eléctrica en la bobina encontrando como causas potenciales las estaciones 1050 y 1060. Debido a las operaciones que se realizan en estas estaciones.

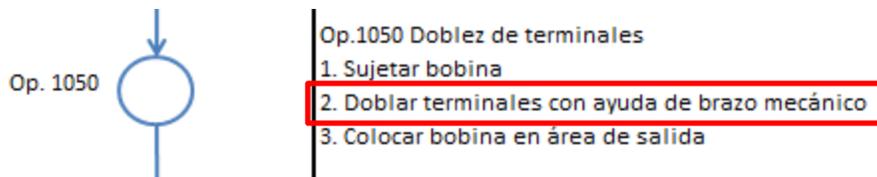


Imagen 21. Análisis de riesgo en operación 1050

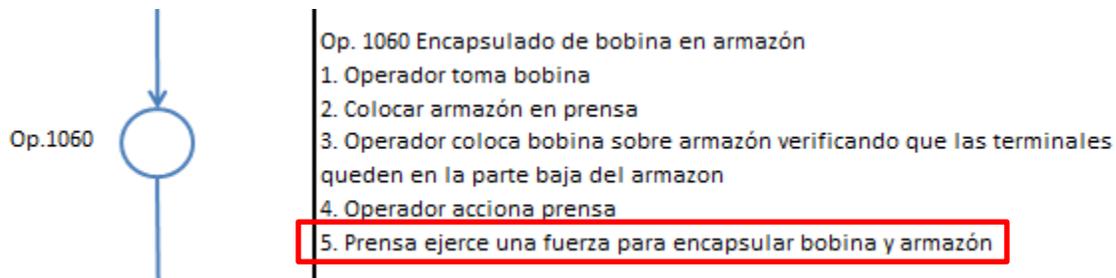


Imagen 22. Análisis de riesgo en operación 1060

Se descartó la estación 1040 ya que no hay forma de terminar el embobinado si existiera algún corte en el alambre, lo cual sería detectado por la máquina y se activaría una alerta de que existe un problema con el alambre. Esta condición fue comprobada el mismo día haciendo una prueba funcional de la alerta que envía la estación 1040 al encontrar una falla con el alambre.

Al no encontrar la causa raíz de la condición que provoca el corte de corriente eléctrica en el solenoide se optó por llevar la pieza defectuosa a los laboratorios de “La Empresa Automotriz” y analizar los componentes de la misma.

El 31 de julio calidad a proveedores acudió a los laboratorios de “La Empresa Automotriz” donde se desensambló la bobina para poder analizarla. Al realizar una observación del embobinado como tal en un microscopio se encontró una fractura en una de las terminales, condición que pudo ocasionar la falla.



Imagen 23. Terminal dañada vista en microscopio

Para cerciorarnos de que esta condición estaba causando la falla, se realizó de nuevo la prueba de continuidad pero esta vez colocando una de las terminales del multímetro antes y después de la fractura.

Se comprobó que esta condición estaba ocasionando el corte de corriente eléctrica y con esto verificamos que las posibles causas encontradas en nuestro análisis de riesgo fueron verdaderas, pero la causa potencial que pudo ocasionar este problema está en la estación 1050 debido a que el brazo mecánico tiene contacto directo con las terminales de la bobina.

El 9 de Agosto calidad a proveedores visitó la planta del proveedor para verificar la hipótesis de que la estación 1050 está dañando las terminales en estas operaciones con el brazo mecánico.

2.4 Resultados del diagnostico

Al realizar la inspección de la estación St.1050 (Proceso de doblado de terminales) observando las operaciones que se realizan, se encontró la causa del problema.



Imagen 24. Terminal siendo dañada por la máquina de doblado

Terminal derecha está lista para ser doblada hacia adentro por el brazo mecánico o “roller”.

El brazo mecánico es activado cuando el pistón sube (cuando el pistón sube hace que el brazo mecánico o “roller” gire y doble la terminal derecha).

Terminal derecha siendo doblada por el brazo mecánico o “roller” hacia dentro. Aquí es donde se produce la fractura en la terminal.

2.4.2 Análisis 5 ¿Por qué? de la no detección de la bobina defectuosa.

¿Por qué la parte defectuosa (bobina) no fue detectada?

- Porque la bobina fue aceptada en la prueba de continuidad eléctrica.

¿Por qué la parte defectuosa (bobina) fue aceptada por la prueba de continuidad eléctrica?

- Porque el alambre de la terminal dañada aún tenía continuidad

¿Por qué la terminal dañada aún tenía continuidad?

- Porque el brazo mecánico solo hizo una pequeña fractura en el alambre y el operador no detecto el daño

¿Por qué el operador no detecto el daño?

- Porque a simple vista es imposible detectar el daño.

2.4.1 Análisis 5 ¿Por qué? del incidente de la bobina.

¿Por qué la terminal del lado derecho fue dañada en la estación St.1050?

- Porque el brazo mecánico que dobla la terminal daño el alambre

¿Por qué el brazo mecánico daño el alambre?

- Porque el alambre detiene el brazo mecánico

¿Por qué el alambre detiene el brazo mecánico?

- Porque el pistón no tiene un tope que frene el brazo mecánico

Al final del análisis se verificó que la causa-raíz del problema de la bobina se encontraba en la estación St.1050, cuando el brazo mecánico dobla las terminales de la bobina, debido a que estas son las que frenan el brazo mecánico y es imposible detectar el daño con una inspección visual.

Capítulo 3. Acciones correctivas.

Una vez que se detectó la causa-raíz del problema, se creó un plan de acciones correctivas para dar la detección del problema, evitando que piezas defectuosas lleguen a la planta de ensamble de “La Empresa Automotriz”.

Estas alternativas fueron generadas mediante una tormenta de ideas entre el equipo de calidad a proveedores e ingenieros de producción de la planta del proveedor. Se generaron alternativas tanto para la detección de la condición de piezas no conformes como para la incidencia de esta condición.

3.1 Acciones correctivas para la detección.

3.1.1 Cámara Keyence de detección.

La cámara Keyence utiliza un software con el cual puede detectar la condición de falla basándose en dos parámetros:

- Detección de formas: El porcentaje de coincidencia del objeto se calcula en base a la forma de la imagen maestra registrada. Las diferencias de brillo o de las condiciones de la superficie individuales, que antes eran difíciles de manejar con los métodos de correlación normalizados (coincidencia de patrones), ahora pueden ser identificadas.
- Área: Utilizando el área maestra registrada (número de píxeles) como referencia, se calcula la diferencia en el área del objeto de inspección. Cuando se utiliza un modelo de color, se puede hacer un juicio en base al área deseada del color especificado. Cuando se utiliza un modelo monocromático, el brillo se juzga por el área binarizada en blanco y negro⁹.



Imagen 25. Sensor de visión serie IV

⁹ Características del sensor de visión disponible en: <http://www.keyence.com.mx/products/sensor/vision-sensor/iv/features/index.jsp>

3.1.2 Prueba de continuidad eléctrica en In. 1050-1 y dispositivo Pick and Place

Otra alternativa que se eligió para detectar piezas no conformes fue la implementación de un Poka-yoke de detección el cual consiste en una prueba de continuidad eléctrica a la salida de la estación St.1050. Con lo cual se asegurará que al encontrar una pieza no conforme, esta pase a la siguiente estación de trabajo.

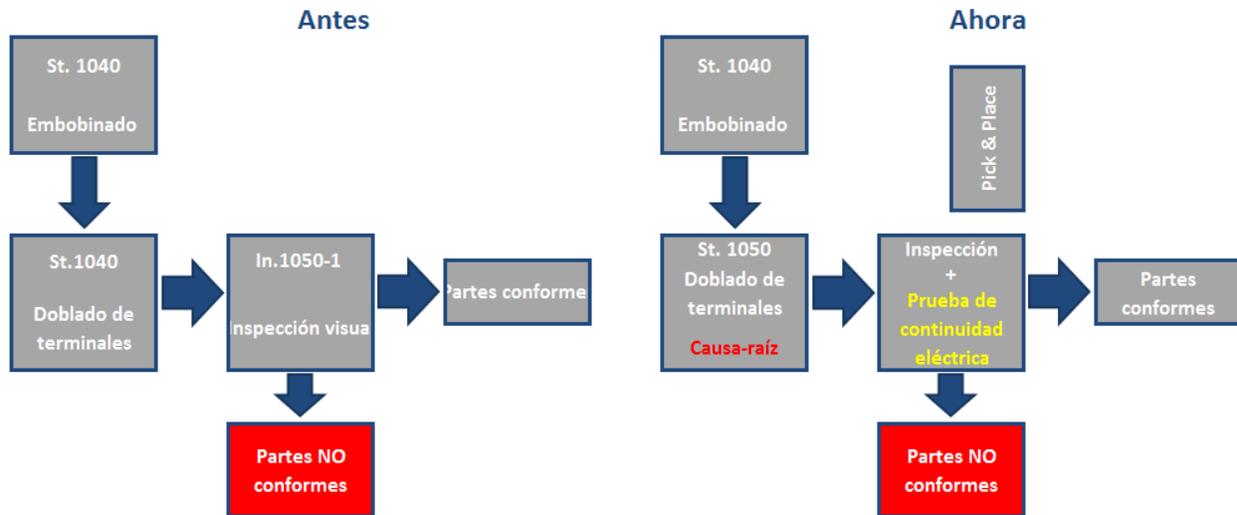


Imagen 26. Adecuaciones a la línea.

Una vez que las piezas salgan de la estación St.1050 un operador realizará una inspección visual y al término de esta, colocará la bobina en la máquina que realizará la prueba de continuidad eléctrica.

El dispositivo Pick and Place es un dispositivo que se planeó colocar en la estación St.1050 para sacar de la línea cualquier pieza que tenga cualquier desviación al momento de inspeccionar la pieza con la cámara y el software correspondiente, ya que es imposible que los operarios puedan sacar la bobina de esta estación y así evitar que piezas no conformes sigan en la línea de producción.

3.1.3 Cámara Cognex de detección.

La cámara Cognex se instaló en la estación St.1050. Debido a que tiene mejores herramientas de detección de fallas en comparación con la cámara Keyence. El software que utiliza esta cámara tiene las siguientes características:

- Localización de piezas: Utiliza tecnología patentada para localizar piezas en condiciones difíciles. Simplifica la iluminación y la fijación mecánica.
- Detección de defectos: Clasifica defectos según el área total, la longitud y la profundidad total de la pieza. Se configura fácilmente para bordes rectos circulares o no uniformes. Determina el ancho y la desviación mínimas y máximas con precisión.
- Medición: Utiliza una gran variedad de herramientas geométricas que puede utilizar para sus mediciones de alta precisión. Escoge entre una variedad de herramientas geométricas de medición para configurar el sistema rápidamente. Permite mediciones de alta precisión incluso ante cambios en la orientación de las piezas o el nivel de iluminación
- Optimización de imágenes: Elimina efectos no deseados del entorno y logre una inspección sistemática. La calibración avanzada elimina los efectos de distorsión debidos a la perspectiva (inclinación del lente) y al lente (redondeo de las esquinas exteriores de la imagen)¹⁰.

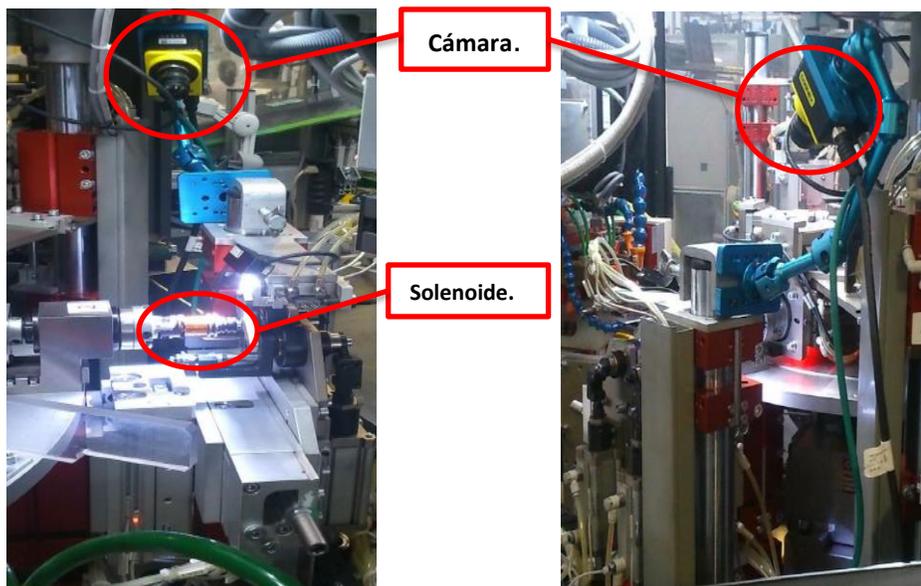


Imagen 27. Cámara instalada en estación 1050.

¹⁰ Herramientas potentes de visión disponible en: <http://www.cognex.com/products/machine-vision/in-sight-explorer-software/vision-tools/>

3.2 Acciones correctivas para la ocurrencia.

3.2.1. Modificación del brazo mecánico.

Para reducir o eliminar la incidencia de las bobinas dañadas por el brazo mecánico que realiza el doblado de las terminales, se propuso una mejora en este componente. Cambiar la distancia del brazo mecánico y rediseñar el rodillo para evitar el riesgo de que este dañe la terminal al momento de doblarla hacia dentro.

Colocar un tope mecánico y asegurar que este correctamente colocado en el pistón que acciona el brazo mecánico para que el rodillo no sea detenido con la bobina.

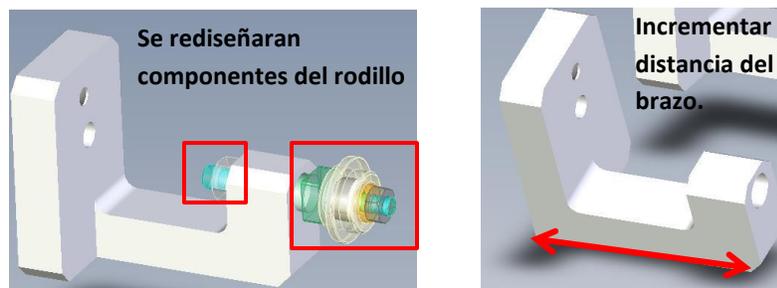


Imagen 28. Modificación al Brazo mecánico.

La distancia del brazo mecánico se modificó 2.3 cm en el largo, lo cual permite que los nuevos componentes del rodillo estén a la distancia correcta para poder doblar las terminales. También se modificó el diámetro de rodillo para que la profundidad a la que penetra disminuya 2 mm.

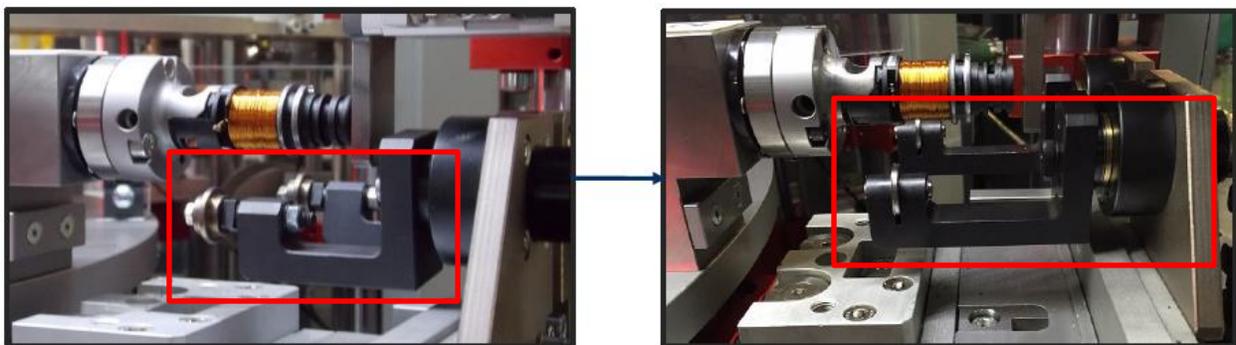


Imagen 29. Brazo mecánico anterior y brazo mecánico actual.

Capítulo 4 Análisis de Resultados.

4.1 Resultados cámara Keyence.

El 14 de Agosto se llevó a cabo la demostración por parte del proveedor de la cámara Keyence en la estación St.1050 con el fin de detectar las piezas no conformes, tomando una fotografía de las terminales de la bobina al término de la operación de doblado y corroborar que las terminales no estaban dañadas. Al realizar los ajustes de la cámara Keyence con los parámetros necesarios para la detección de la piezas no conformes, se hicieron pruebas para verificar que la cámara pudiera detectar la no conformidad y poder enviar una alerta para que el dispositivo Pick&Place envié las piezas no conformes al stock de piezas no conformes. Estas pruebas se hicieron con partes dañadas a propósito con el fin de tener distintos niveles de daño y evaluar si la cámara podía detectar cualquier tipo de defecto en las terminales.

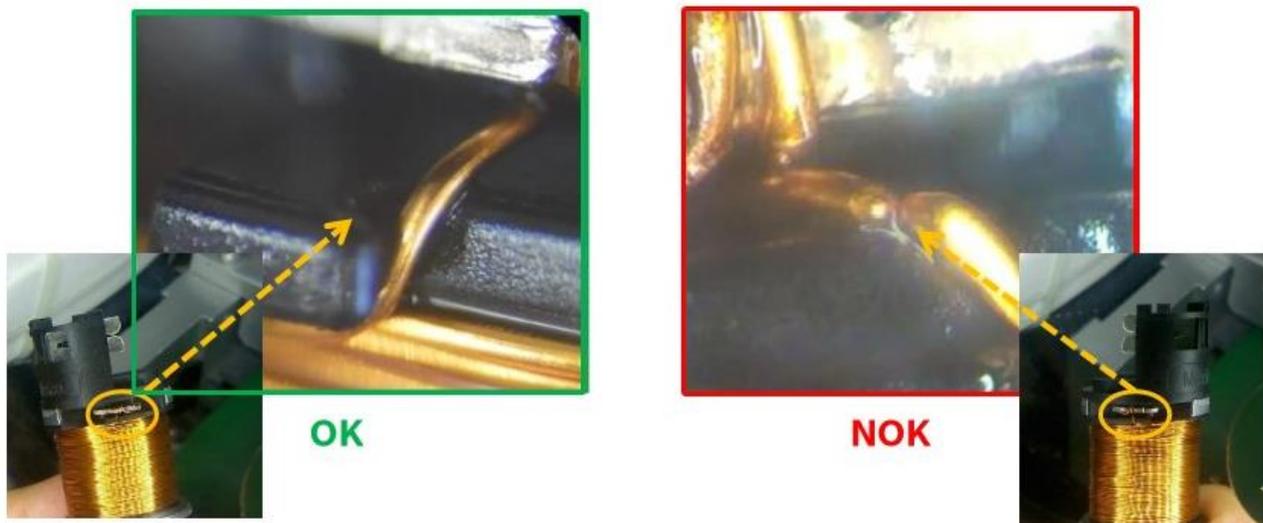
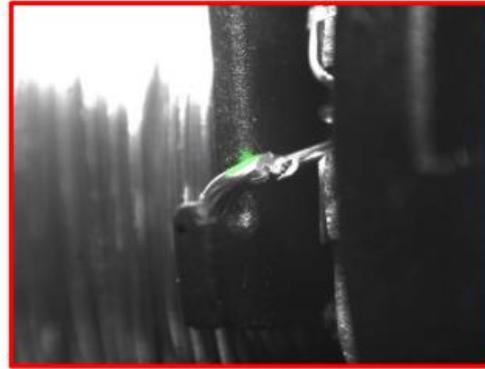


Imagen 30. Solenoide conforme y solenoide no conforme para pruebas de cámara Keyence

Los resultados no fueron los esperados ya que la cámara no es capaz de detectar cien por ciento de las partes no conformes. Esto debido a la resolución que tiene la cámara y que la imagen sea en blanco y negro ya que al no tener una imagen nítida al realizar la detección de la forma, esta se ve como si las terminales estuvieran sin daño alguno y por tal motivo el software la detecta como pieza conforme.



OK part passed test as OK.



NOK part passed test as OK.

Imagen 31. Solenoide no conforme detectado como conforme.

4.2 Resultados de prueba de continuidad eléctrica y dispositivo pick&place.

El 11 Agosto se terminó la instalación de la prueba de continuidad eléctrica, la cual tuvo buenos resultados ya que logró detectar el cien por ciento de las piezas no conformes que se probaron en ella, con esto logramos que la detección sea lo suficientemente eficiente para evitar que piezas no conformes sigan pasando como piezas conformes.

El dispositivo Pick&Place es capaz de tomar la bobina no conforme, cuando el software de la cámara envía la alerta, y colocarlo en el stock de piezas no conformes.



Imagen 32. Inspección visual y prueba de continuidad eléctrica.

4.3 Resultados de cámara Cognex.

Al no tener buenos resultados con la cámara Keyence, se buscó otro proveedor de equipos de inspección visual, encontrando como mejor candidato a Cognex. Este proveedor instaló el equipo el día 24 de Agosto, mismo día que se realizaron las pruebas para verificar que la cámara era capaz de detectar cualquier anomalía en las terminales.

Una vez que se ajustaron los parámetros para la demostración de la cámara se tomaron fotografías de 5 bobinas con defectos similares al que se encontró pero con una severidad diferente, es decir que una solo tenía un pequeño rasguño en el alambre, otras tenían un mayor daño hasta llegar a la que prácticamente tenía un corte en el alambre.

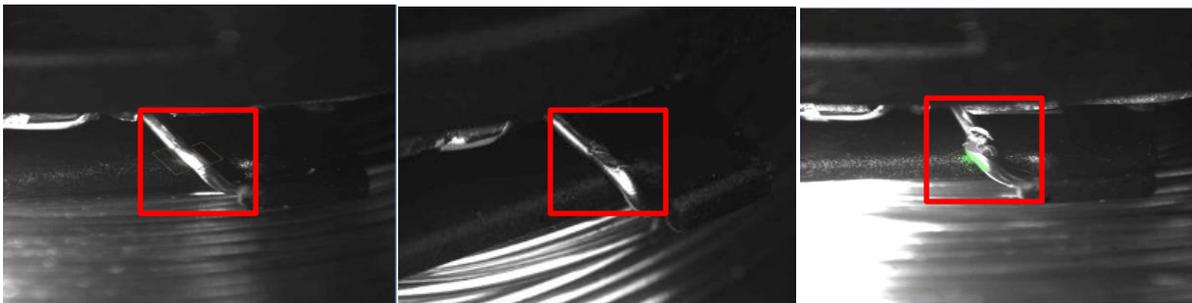


Imagen 33. Alambres con diferente severidad de daño.

La cámara Cognex fue capaz de detectar todos estos defectos incluso la que solo tenía un pequeño rasguño el cual también es considerado un defecto, ya que el alambre no debe presentar daño alguno. Esto se logró gracias a la resolución de la cámara y que esta tiene la capacidad de tomar imágenes a color lo que permite hacer una comparación de colores y alertar si existe una anomalía, de igual forma gracias a la detección de defectos mediante la comparación de áreas y de formas logra alertar cualquier desviación que se tenga en el alambre de las terminales.

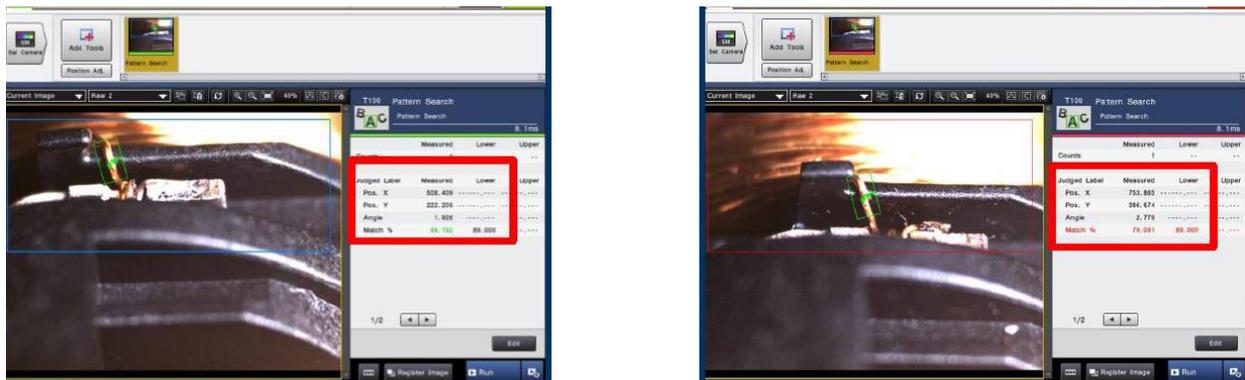


Imagen 34. Inspección visual realizada por la cámara Cognex.

En la imagen de arriba esta la inspección visual que realiza la cámara Cognex y como el software analiza si la pieza presenta o no el daño mediante la comparación de áreas, formas y colores de la pieza en inspección con los parámetros de una pieza conforme, y para que la cámara la tome como una pieza conforme debe tener como mínimo un 98% de coincidencia con los parámetros establecidos.

Una vez finalizada la demostración de la cámara se habló con las personas de Cognex para realizar la orden de compra y se realizara la instalación completa del equipo.

La cámara comenzó a operar como parte del proceso el día 1 de Septiembre de 2015. Obteniendo los siguientes resultados al final de la línea, en la prueba EoL (fin de la línea)

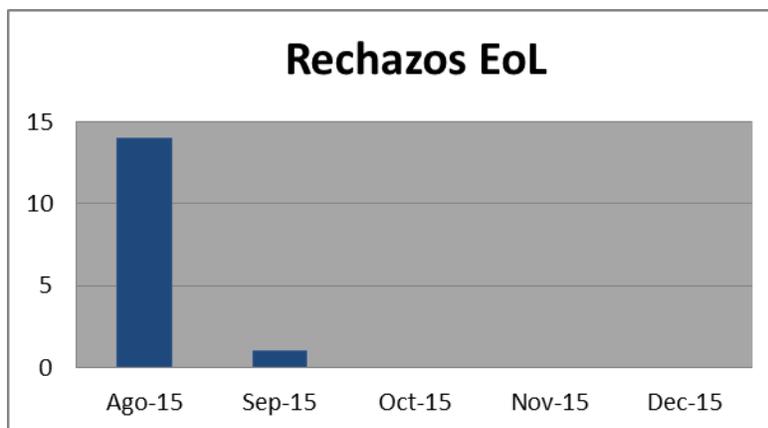


Imagen 35. Gráfica de rechazos en prueba End of Line

Una vez que se instaló la cámara Cognex, los solenoides que llegaron defectuosos a esta etapa de la línea de producción disminuyeron considerablemente y para Octubre de 2015 la cámara Cognex detectaba el 100% de las bobinas defectuosas evitando que estas continuaran en el proceso.

4.4 Resultados modificación brazo mecánico.

Cuando el brazo estuvo listo para ser probado se tuvo que hacer la aprobación del mismo mediante el proceso de aprobación de PPAP, con el fin de asegurar que la capacidad de producción no se viera afectada con el cambio de brazo mecánico.

Una vez aprobado el brazo mecánico él 23 de Octubre se comenzó a correr la línea llevando un control de las bobinas que salían mal al final de la estación St.1050 obteniendo los siguientes resultados.

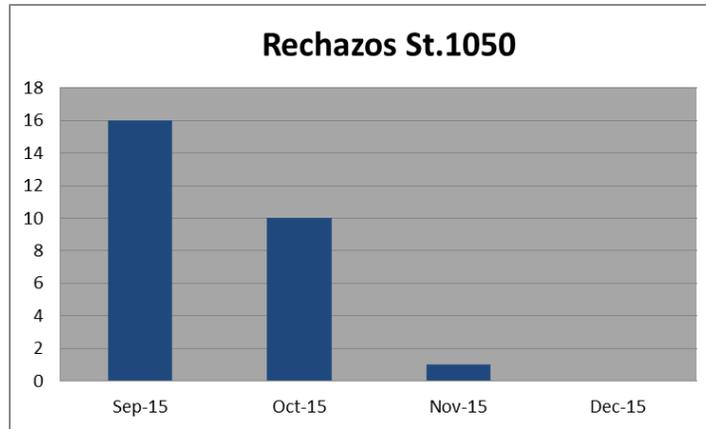


Imagen 36. Gráfica de rechazos en estación St.1050

Con el cambio del brazo mecánico logramos eliminar la ocurrencia de las terminales dobladas ya que antes de implementar el brazo la cámara Cognex había rechazado 16 bobinas con terminales dañadas en Septiembre en la estación St.1050 y 10 más en Octubre antes de que el brazo fuera liberado para correr la línea de forma normal. Para Diciembre de 2015 tuvimos un proceso sin terminales dañadas.

Conclusiones.

La calidad es un factor muy importante dentro de la industria automotriz ya que, en gran parte, de eso depende la satisfacción del cliente final, es por eso que la industria automotriz se esmera día con día para fabricar automóviles de calidad. Esto se logra trabajando continuamente con los proveedores para conseguir procesos controlados y evitar desperdicios.

Aun cuando se lleva a cabo la Planificación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP) la cual se encarga de verificar que los procesos tengan lo necesario para que estén controlados y se asegure una producción exitosa, con los Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) para conocer los diferentes factores que pueden afectar en el proceso, se llegan a presentar piezas defectuosas en el proceso y es muy importante dar una solución inmediata ya que no se pueden retrasar la producción de automóviles por estos sucesos.

La correcta aplicación de las herramientas de solución de problemas es de suma importancia para poder solucionar este tipo de problemas en el menor tiempo posible, para ello es de suma importancia conocer a la perfección las herramientas y tener una capacidad de análisis adecuada para poder encontrar la causa-raíz de los problemas y así poder dar solución a dicho problema.

Para este caso en especial tardamos casi dos meses en encontrar la causa raíz del problema debido a la naturaleza del mismo a pesar de que los controles de calidad que utilizaba el proveedor eran bastante robustos, o al menos eso se creía en un principio ya que no fue suficiente para lograr que se enviaran piezas que cumplieran las especificaciones necesarias al 100%.

Una vez que se implementaron las acciones correctivas para evitar la ocurrencia del defecto fue de suma importancia analizar que estas acciones evitaran al 100% la ocurrencia del defecto ya que el objetivo principal que se tiene como área de calidad a proveedores es tener 0 defectos en los procesos del proveedor. También es de suma importancia verificar que la capacidad del proceso no se vio afectada ya que esto también se puede convertir en un problema al no cumplir con el número de piezas que se envían a La Empresa Automotriz.

La buena comunicación con los proveedores y el trabajo en equipo ayudan a la resolución de problemas de una forma más eficiente y lograr resultados exitosos para tener procesos productivos libres de defectos.

Referencias.

1. La industria Automotriz en México, Arturo Vicencio Miranda, visto en: <http://www.ejournal.unam.mx/rca/221/RCA22110.pdf> pag.4
2. Besterfield, Dale (2009). Control de calidad (8va ed.) México: Pearson Educación.
3. Bentley William(1994), Lean six sigmasecrets for the CIO, Broken Sound Parkway NW: Taylor and Francis Group LLC
4. SHINGO Shingeo (1990), Tecnologías para el cero defectos: Inspecciones en la fuente y el sistema Poka-yoke (3ra ed.) Madrid: editorial.
5. Anthony Manos, "The Benefits of Kaizen and Kaizen Events", Quality Progress, febrero de 2007, pp. 47-50.
6. APQP Advanced Product Quality Planning, disponible en: <http://spcgroup.com.mx/apqp/>
7. Acuña Acuña Jorge E, Mejoramiento de la calidad: un enfoque a los servicios (1ª Ed) Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2005.
8. AMEF Análisis del Modo y Efecto de Falla <http://spcgroup.com.mx/amef/>
9. Características del sensor de visión disponible en: <http://www.keyence.com.mx/products/sensor/vision-sensor/iv/features/index.jsp>
10. Herramientas potentes de visión disponible en: <http://www.cognex.com/products/machine-vision/in-sight-explorer-software/vision-tools/>

Referencias de imágenes.

Imagen 1. Foto del sistema de transmisión tomada por Eduardo Franco. Pag. 1

Imagen 2. Prueba funcional de continuidad en corriente eléctrica tomada por Eduardo Franco. Pag. 2

Imagen 3. Organigrama Compras y Calidad a Proveedores Norteamérica realizado por Eduardo Franco. Pag. 6

Imagen 4. Organigrama Compras y Calidad a Proveedores México realizado por Eduardo Franco. Pag. 7

Imagen 5. Organigrama Calidad a Proveedores Eléctricos realizado por Eduardo Franco. Pag. 8

Imagen 6. Ejemplo de reporte de Requerimientos permanentes realizado por Eduardo Franco. Pag. 9

Imagen 7. Ejemplo de reporte Gestión Global de Problemas. Pag. 9

Imagen 8. Ejemplo de reporte de Plataforma QMS. Pag. 10

Imagen 9. Diagrama Causa Efecto disponible en: http://images.slideplayer.es/7/1732834/slides/slide_50.jpg. Pag. 12

Imagen10. 5W+1H Avanzado realizado por Eduardo Franco. Pag. 14

Imagen 11. . Etapas de APQP disponible en: <http://spcgroup.com.mx/apqp/> Pag. 16

Imagen 12. Ejemplo de cómo llenar un AMEF. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 17

Imagen 13. Avance en el mes de diciembre de las tareas de la Planeación Avanzada de la Calidad del Producto. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 18

Imagen 14. Gráficos del seguimiento de días para contención y análisis de causa-raíz. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 19

Imagen 15. Ejemplo de cómo reporta la planta los problemas a calidad a proveedores. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 21

Imagen 16. . Evaluación de proveedores. Realizado por Eduardo Franco Pag. 22

Imagen 17. Lay-Out de la línea de producción. Imagen proporcionada por el proveedor. Pag. 23

Imagen 18. Imagen 18. Resultados de End of Line. Imagen proporcionada por el proveedor. Pag. 24

Imagen 19. Mapeo de proceso de las estaciones 1040, 1050 y 1060. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 25

Imagen 20. 5W+1H del solenoide de transmisión. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 26

Imagen 21. Análisis de riesgo en operación 1050. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 27

Imagen 22. Análisis de riesgo en operación 1060. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 27

Imagen 23. . Terminal dañada vista en microscopio. Imagen proporcionada por el instituto de ingeniería de "La Empresa Automotriz". Pág. 27

Imagen 24. Terminal siendo dañada por la máquina de doblado. Imagen tomada por Eduardo Franco. Pag. 28

Imagen 25. Sensor de visión serie IV. Imagen Disponible en: <http://www.keyence.com.mx/products/sensor/visi-on-sensor/iv/features/index.jsp>. Pag. 30

Imagen 26. Adecuaciones a la línea. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 31

Imagen 27. Cámara instalada en estación 1050. Imagen tomada por Eduardo Franco. Pag. 32

Imagen 28. Modificación al Brazo mecánico. Imagen proporcionada por el proveedor. Pag. 33

Imagen 29. Brazo mecánico anterior y brazo mecánico actual. Imagen tomada por Eduardo Franco. Pag. 33

Imagen 30. Solenoide conforme y solenoide no conforme para pruebas de cámara Keyence. Imagen proporcionada por proveedor. Pag. 34

Imagen 31. Solenoide no conforme detectado como conforme. Imagen proporcionada por el proveedor. Pag. 35

Imagen 32. Inspección visual y prueba de continuidad eléctrica. Imagen tomada por Eduardo Franco. Pag. 35

Imagen 33. . Alambres con diferente severidad de daño. Imagen proporcionada por el proveedor. Pag. 36

Imagen 34. Inspección visual realizada por la cámara Cognex. Imagen proporcionada por el proveedor. Pag. 36

Imagen 35. Gráfica de rechazos en prueba End of Line. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 37

Imagen 36. Gráfica de rechazos en estación St.1050. Realizado por Eduardo Franco. Pag. 38