

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

UNIVERSIDAD VIRTUAL

**PROYECTO SEIS SIGMA
CERTIFICADO BLACK BELT EN SEIS SIGMA**

**“ELIMINACIÓN DE TORNILLOS LEVANTADOS
DURANTE EL ENSAMBLE DE MECANISMO DE
RADIO”**

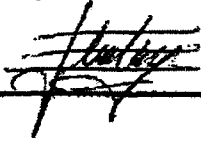
**DEYANIRA AVALOS PADILLA 667394
JUAN MARIO MARÍN CAMACHO 507901**

NOVIEMBRE, 2007

**ELIMINACIÓN DE TORNILLOS LEVANTADOS
DURANTE EL ENSAMBLE DE MECANISMO DE
RADIO**

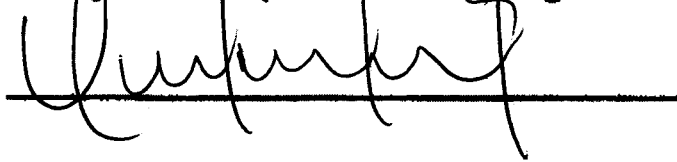
ASESOR:

Noé Cruz
Black Belt, I&CIM Six Sigma Principal Engineer



SINODALES:

Mario Saavedra Raya
Profesor de Cátedra en el ITESM y Consultor Senior
en Synchron Operations Management S.C



José Guadalupe Ríos Alejandro
Profesor de Planta, Campus Monterrey Departamento
de Matemáticas

**ELIMINACIÓN DE TORNILLOS LEVANTADOS
DURANTE EL ENSAMBLE DE MECANISMO DE
RADIO**

**DEYANIRA AVALOS PADILLA 667394
JUAN MARIO MARÍN CAMACHO 507901**

***Proyecto Seis Sigma presentado a la facultad del
ITESM***

***Este trabajo es requisito parcial para obtener el
Certificado Black Belt en Seis Sigma.***

ÍNDICE

Tabla de Contenido	Página
Lista de Tablas y Figuras	i
Capítulo I. Introducción.	
1.1 Resumen.	1
1.2 Descripción de la empresa.	2
Capítulo II. Metodología de Investigación.	3
Capítulo III. Desarrollo del proyecto.	
3.1 Definición de oportunidades (Define).	4
3.2 Medición de resultados (Measure).	11
3.3 Análisis de oportunidades (Analysis).	14
3.4 Mejora del rendimiento (Improve).	16
3.5 Control del rendimiento (Control).	19
Capítulo IV. Recomendaciones y trabajos futuros	20
Capítulo V. Conclusiones.	22
Bibliografía	iii
Vita.	iv
Anexos.	vi

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.

Lista de Tablas.

Tabla	Título	Página
Tabla 3.1	Tabla de Modos de Falla	16

Lista de Figuras.

Figura	Título	Página
Figura 3.1	Thought Map del Proyecto	6
Figura 3.2	Herramienta de Apriete y Certificador de Torque	7
Figura 3.3	Brazo Ergonómico	8
Figura 3.4	Balancín	8
Figura 3.5	Defecto de Tornillo Levantado	9
Figura 3.6	PMAP del Proceso de Ensamble Final del Radio.	10
Figura 3.7	Diagrama de Concentración de Defectos en el Radio.	11
Figura 3.8	Retornos del Cliente por Tornillos Levantados en el Radio.	12
Figura 3.9	Tornillos Levantados en la Contención Durante el Mes De Octubre.	12
Figura 3.10	Estudio de Capabilidad del Desarmador Eléctrico.	13
Figura 3.11	Diagrama de Causa y Efecto para Tornillo Levantado en el Radio.	14
Figura 3.12	Diagrama de Árbol de Fallas.	15
Figura 3.13	Ejemplo de Mecanismo de Bloqueo Desactivado	16
Figura 3.14	Ejemplo de Mecanismo de Bloqueo Activado.	17
Figura 3.15	Mecanismo de Bloqueo Instalado en la Línea de Manufactura de Radios.	17
Figura 3.16	Gráfica Individual de Tornillos Levantados.	18
Figura 3.17	Diagrama Box Plot de la variación del monitoreo del tiempo del calificador.	20

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Resumen.

La calidad representa un elemento básico para obtener una ventaja competitiva. Las empresas deben implementar una estrategia que persiga la calidad en todos sus productos, servicios y procesos que los diferencien de su competencia y les permita afrontar nuevos desafíos a través del uso de diferentes metodologías, técnicas de calidad y mejora continua. Una de estas metodologías es la "Metodología Seis Sigma", la cual representa una estrategia empresarial muy eficaz que permite a las organizaciones que la utilizan alcanzar ahorros económicos importantes y a su vez, mejorar o incrementar la satisfacción de sus clientes en un período de tiempo corto.

En Delphi Electronics & Safety se envían radios al ensamblador de vehículos. Durante las pruebas de rodamiento del automóvil el cliente detectó un ruido excesivo y el análisis que se realizó para encontrar la fuente del ruido arrojó que éste proviene del radio, por consiguiente, éste es retirado del vehículo y reemplazado por otro libre de defecto (ruido mecánico producido por la vibración del vehículo). Finalmente, el radio retirado es devuelto al proveedor (Delphi).

Hasta el momento se han rechazado varios radios debido a este problema y el análisis muestra que existen tornillos de ensamble del mecanismo del manejador de CD que no están correctamente ensamblados, por lo tanto, el objetivo de esta investigación será "Eliminar al 100% los tornillos levantados durante el ensamble del mecanismo de CD con la finalidad de eliminar las quejas del cliente por ruido vibratorio en el automóvil". Para llevar a cabo este objetivo se aplicará la metodología Seis Sigma estimando un ahorro de 106,000 USD anuales de costo evitado.

La secuencia de actividades y mecánica del análisis del problema a lo largo de las diferentes etapas del proceso DMAIC de la metodología Seis Sigma, consistirá en definir el problema e identificar el modo de falla que lo genera así como la cuantificación de su ocurrencia. Posteriormente, se procederá a construir el Diagrama de Causa y Efecto del proceso identificado como fuente del problema y la determinación de la causa raíz. Finalmente, se identificarán las potenciales acciones de mejora para contrarrestar la causa raíz identificada y se medirá su efectividad con la finalidad de corroborar si dichas acciones fueron efectivas. Como etapa final de la metodología, se documentarán las recomendaciones y cambios respectivos en los procesos de control para evitar re incidencias así como utilizar el conocimiento adquirido en trabajos futuros dentro de la organización que se vean beneficiados con mejores prácticas aprendidas durante esta investigación.

1.2 Descripción de la empresa.

Delphi Electronics & Safety
Operaciones Deltronicos
Parque Industrial del Norte
Matamoros Tamaulipas
México

Operaciones Deltronicos de Matamoros esta creada en base al perfil de maquiladora desde los ochenta, en donde se reciben materiales de Estados Unidos para el ensamble de diferentes productos de electrónica automotriz en calidad de importaciones temporales y son regresados a su país de origen ya ensamblados. Esta estrategia de la maquila permite al país crear nuevos empleos en la zona fronteriza y tener contacto con tecnologías en la manufactura de productos electrónicos a través de incentivos fiscales y mano de obra calificada a bajo costo para las empresas que hacen sus negocios en el país con ese giro.

Delphi tiene localizado en Matamoros la unidad de negocios de Entretenimiento y Comunicaciones, la cual incluye la manufactura de sistemas de entretenimiento tales como radios, receptores satelitales de señal de radio SDAR, amplificadores, sistemas de audio y video para asientos traseros (DVD's), sistemas de navegación, etc. En la categoría de comunicaciones están los sistemas de comunicación remota como los Telematics y Onstar. Estos dos últimos son sistemas de emergencia que entran en acción en caso de un accidente donde el sistema llama al conductor y a los sistemas de emergencia en caso de una colisión.

Este trabajo se realiza en el área de manufactura de radios y nace como una necesidad imperativa para minimizar el impacto al cliente debido al rechazo de unidades que no cumplen con sus requerimientos de calidad. Estos rechazos afectan tanto la percepción de calidad del cliente hacia Delphi como el métrico de calidad asignado como meta anual de calidad de la empresa.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto de implementación Seis Sigma dentro de Delphi Electronics & Safety fue la “Metodología DMAIC”, la cual consiste en las siguientes etapas:

- Definición de oportunidades: En esta etapa se define claramente en qué consiste el proyecto y se describe la situación actual con el objetivo de entender y establecer los objetivos a seguir durante el desarrollo del trabajo.
- Medición de resultados: Se evalúa la capacidad y estabilidad de los sistemas de medición por medio de estudios de R & R (Repetibilidad y Reproducibilidad), se realiza la toma de datos para cuantificar el problema y así poder identificar la(s) causa(s) raíz del problema.
- Análisis de oportunidades: En esta etapa se identifica la causa raíz del problema donde se considerarán los posibles efectos de todas las variables que participan en el proceso.
- Mejora del rendimiento: Se identifican e implantan soluciones a los problemas encontrados que contrarresten las causas raíces y que a su vez generen los resultados esperados.
- Control del rendimiento: Se monitorea y mantiene en control el proceso mediante mediciones y esquemas de revisión acordes a la organización, de tal forma que se eviten reincidencias de viejos hábitos y procesos.

Dentro de cada una de estas fases se utilizaron diversas herramientas estadísticas como diagramas de flujo, mapas de proceso, diagramas de causa y efecto, etc., las cuales serán descritas dentro del cuerpo del proyecto. Las referencias o bibliografía de estas técnicas se encuentran registradas en la sección de bibliografía.

CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Definición de oportunidades (Define).

En esta etapa se hará la definición a detalle del proceso a mejorar a través del "Project Charter" que se muestra a continuación:

Project Charter

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Descripción del problema	Radio con ruido vibratorio <i>Descripción.</i> El cliente, ensamblador de vehículos, ha rechazado varios radios debido a un excesivo ruido durante la prueba del vehículo. El análisis de los radios retornados realizado por los ingenieros de producto han identificado tornillos de ensamble del mecanismo de CD que no están correctamente ensamblados o están levantados, es decir, la cabeza del tornillo no esta asentada en la base del chasis. Esta condición genera el ruido vibratorio y es la causa del rechazo por parte del cliente.
Propósito del Proyecto	El propósito del proyecto es <i>eliminar los tornillos levantados durante el ensamble del mecanismo con la finalidad de eliminar las quejas del cliente por ruido vibratorio en el automóvil.</i>
Objetivos	Métricos claramente definidos. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Eliminación al 100% de tornillos levantados durante ensamble ▪ Eliminación al 100% de rechazos de planta por ruido vibratorio por tornillos levantados.
Beneficios financieros	Beneficio Financiero. Existe un beneficio financiero por la reducción de costo de calidad. Costo de retorno de cliente: \$ 7,000.00 USD Presupuesto de reducción de rechazos del cliente: \$ 50,000.00 USD por evento. Pronóstico inicial del ahorro. Costo de rechazos anualizados: $8 \times 7000 = 56,000$ USD Gastos de mejora continua por evento: 50,000 USD Total de costo evitado: 106,000 USD.
Miembros del equipo	Deyanira Avalos Padilla FIRMA  Juan Mario Marín Camacho FIRMA  BB: Noé Cruz FIRMA  Dueño del Proceso: Francisco García FIRMA 
Alcance del proyecto	Tiempo del proyecto. El alcance del proyecto esta determinado por la línea de producción en donde ocurre el defecto en el producto bajo estudio. El tiempo de terminación del proyecto es aproximadamente 8 semanas (Ver Anexo I: Diagrama Gantt)

Continuación Del Project Charter

Beneficios a clientes externos	<u>Satisfacción del cliente.</u> El cliente identificado para este proyecto es la planta ensambladora de vehículos que utiliza el radio bajo estudio. Actualmente son ellos los que reportan los radios con estas características y los que generan las quejas formales de calidad a través de APR (Assembly Plant Return). Estas quejas impactan directamente sobre el costo de calidad y percepción del cliente, por lo tanto, el beneficio del cliente externo es la eliminación del tiempo perdido y retrabajo de vehículos en la planta ensambladora.
Alineación del proyecto a estrategias de la empresa	<u>Enlace directo a la estrategia del negocio.</u> La estrategia de la empresa se ve impactada por los métricos de calidad, PPM de defectos y WWFCC (World Wide Formal Customer Complaint). Los indicadores actuales de estos métricos son negativos, por lo tanto este proyecto ayudara a mejorarlos.

TMAP

Con la finalidad de llevar el control de las actividades a realizar durante el desarrollo del proyecto se generó un TMAP (Thought Map) el cual relaciona las diferentes herramientas del proceso DMAIC y su aplicación acorde a la naturaleza del proyecto.

La mecánica del análisis del problema consistirá en determinar las características del defecto, es decir, que es y que no es, posteriormente se identificará el proceso que lo genera, la estrategia de "prueba de error" utilizada y su evaluación de efectividad. A continuación, se identificara la ocurrencia actual del problema, se construirá el diagrama de causa y efecto del proceso seleccionado y se evaluarán las potenciales acciones de mejora continua para eliminar o disminuir la ocurrencia así como la efectividad de éstas. Finalmente, se evaluarán los cambios en los procesos de control para evitar re incidencias.

El TMAP tiene coincidencia con las etapas de DMAIC y tiene como finalidad entender las etapas del proceso de mejora continua durante el transcurso del análisis del problema, en otras palabras, asegura el orden adecuado de las ideas de acuerdo al uso de la metodología DMAIC.

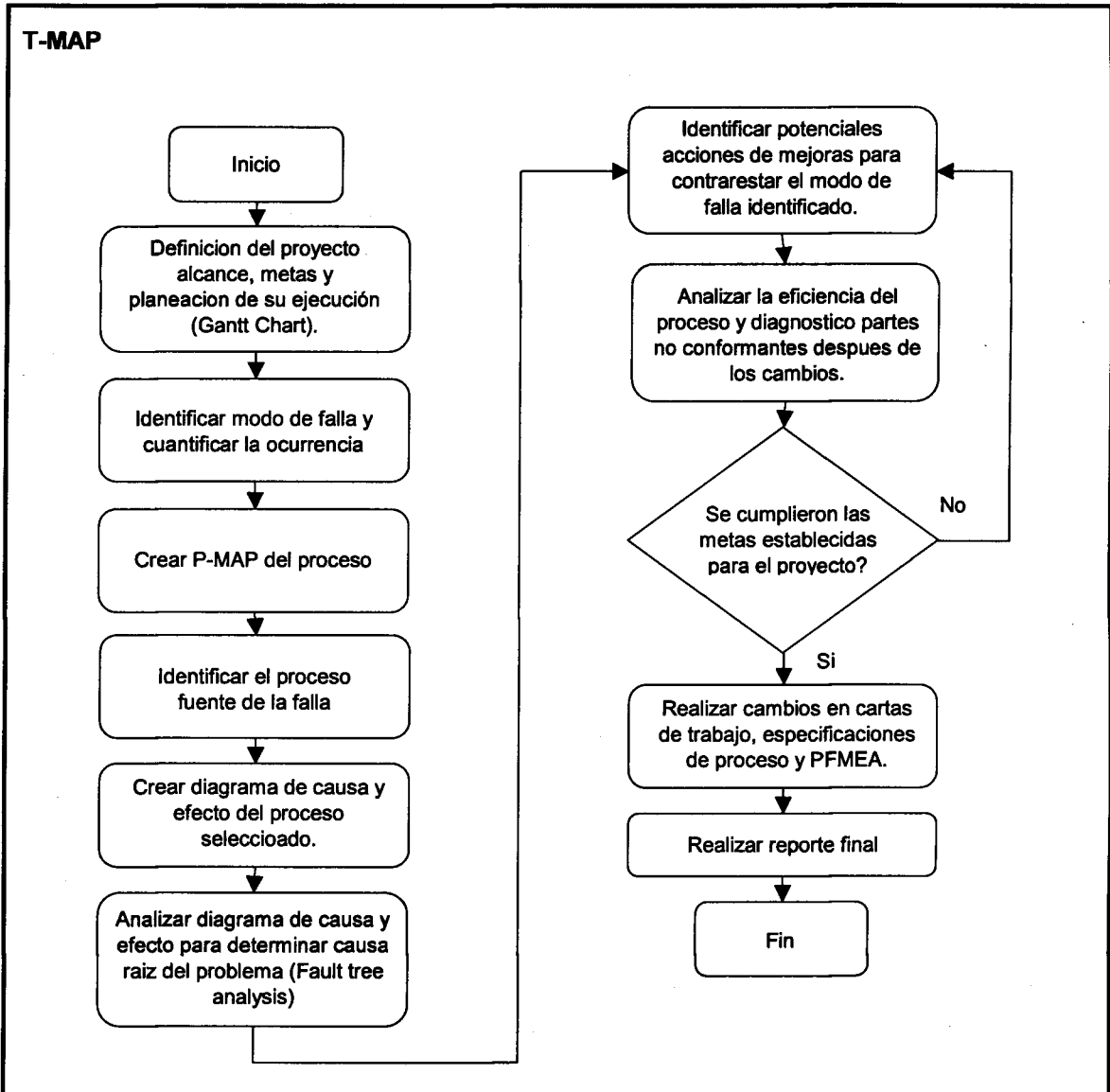


Figura 3.1. Thought Map del Proyecto.

Definición del Problema.

Proceso

Como parte del proceso de ensamble de radios, este requiere de varios sub-ensambles tales como el mecanismo de CD, el tablero electrónico principal, el tablero de teclado, el chasis y los dispositivos de ensamble comúnmente llamados brackets. Estos sub-ensambles a su vez, son integrados para conformar el radio terminado. El ensamble es hecho a través del uso de tornillos como estrategia de acoplamiento.

Los acoplamientos a través de tornillo permiten el fácil ensamble y desensamble de los componentes del radio. El uso de tornillos es el método de ensamble más comúnmente usado de componentes mecánicos de diferentes tipos. El éxito del acoplamiento mecánico a través de tornillos esta dado por la correcta selección del tornillo y su adecuado apriete.

Herramientas

En la industria de manufactura de los componentes electrónicos, entre ellos los radios, se utilizan herramientas de apriete comúnmente conocidos como desarmadores para asegurar el adecuado acoplamiento de los ensambles. La unidad utilizada comúnmente para medir la eficiencia de estos acoplamientos es el torque.

El torque es una fuerza angular que genera un movimiento rotacional en el elemento que lo recibe. Las unidades de medida del torque son el Newton-Metro (N-m) en el sistema métrico y en Libras-Pulgadas (Lb-in) en el sistema inglés.

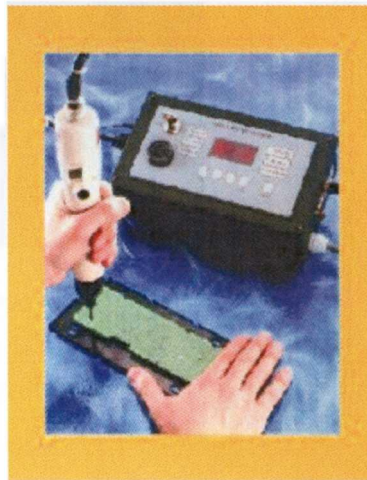


Figura 3.2. Herramienta de apriete y certificador de torque.

La figura 3.2 muestra las herramientas comúnmente usadas para el ensamble de tornillos para lograr un adecuado acoplamiento de los sub-ensambles en el radio. Estas herramientas consisten en:

1. Desarmador eléctrico
2. Calificador de torque (Qualifier)
3. Herramienta o punta (Esta debe de coincidir con el tipo del tornillo)

Es muy común en la industria manufacturera el uso de brazos ergonómicos y balancines como se muestra en las figuras 3.3 y 3.4 para evitar que los operarios se fatiguen cargando el desarmador de forma repetitiva además del golpe de torsión en la muñeca como resultado de la fuerza angular aplicada a los tornillos.

Estos dispositivos además de ayudar a dar firme soporte a las herramientas también evitan el daño potencial a las articulaciones de los operadores.



Figura 3.3 Brazo Ergonómico.



Figura 3.4 Balancín.

Descripción del defecto

El defecto bajo estudio es el ruido generado por la vibración del chasis y los sub-ensambles que integran el radio en estudio, generalmente este ruido se presenta cuando el radio es ensamblado en el automóvil y la vibración que genera

el funcionamiento del vehículo se trasmite al radio y este a su vez a sus partes, las cuales al vibrar generan el ruido excesivo al no estar adecuadamente ensambladas.

En la industria automotriz se establecen niveles de ruido permisibles (decibeles) que el diseño del radio debe cumplir para contribuir con el nivel total permisible de ruido en el vehículo, sin embargo, un tornillo levantado genera niveles de ruido muy por encima de la especificación y por lo tanto, este representa un rechazo de planta con responsabilidad para la compañía manufacturera del radio.

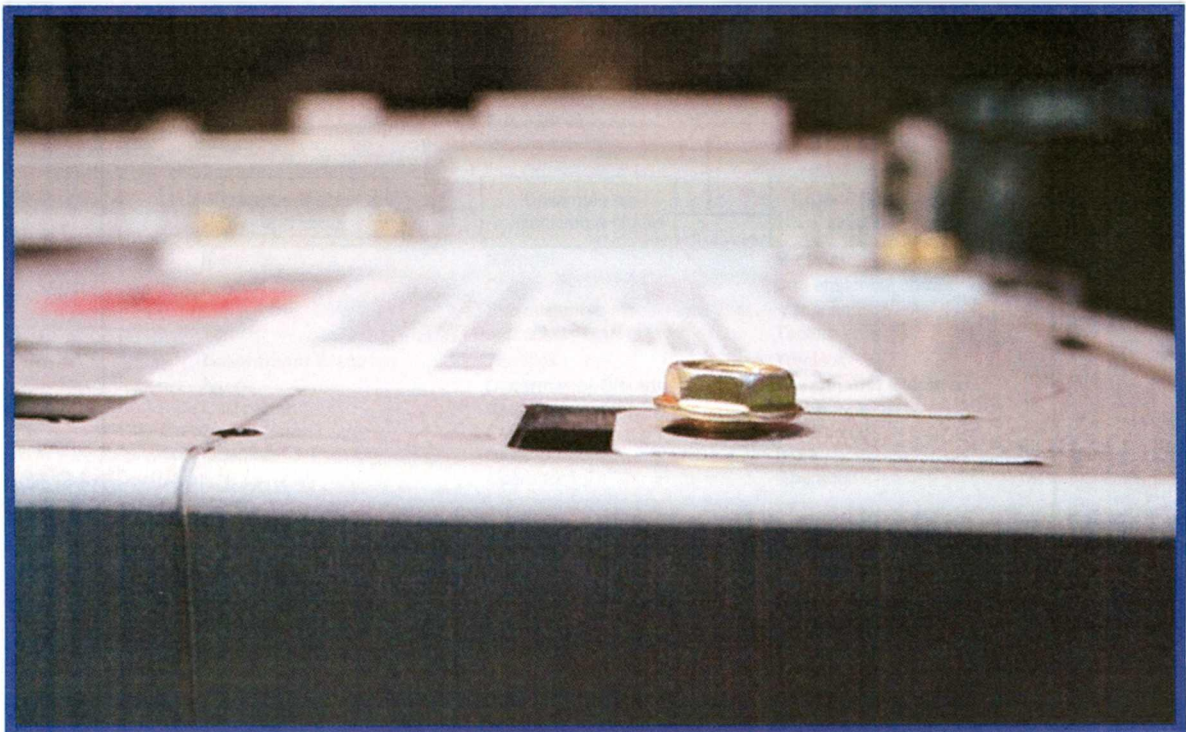


Figura 3.5. Defecto de tornillo levantado.

La figura 3.5 muestra un ejemplo de un tornillo levantado. Este defecto permite que el elemento de sujeción del chasis vibre y genere un ruido por el choque del chasis con el tornillo y este a su vez con el mecanismo.

Este problema se ha venido presentado desde el año 2006 con una ocurrencia bastante significativa en el segundo semestre y en ese entonces se le prometió al cliente que las mejoras implementadas en las líneas de producción serían lo suficientemente efectivas para que no se volviera a presentar este problema, sin embargo, hoy en día, el problema persiste como se analizará en la sección de "MEASURE".

PMAP

Todos los retornos son relacionados con un tornillo de sujeción del mecanismo del CD y la instalación de éste se lleva a cabo en el área de ensamble final de este radio.

El diagrama de flujo o PMAP presentado en la figura 3.6 corresponde al área de ensamble final y en el que se representan todos los sub-ensambles requeridos para completar el radio hasta su empaque. Como se puede apreciar en el PMAP, la celda de ensamble del mecanismo de CD a chasis está señalada en rojo debido a que en esta celda se ensamblan los tornillos que se han reportado levantados.

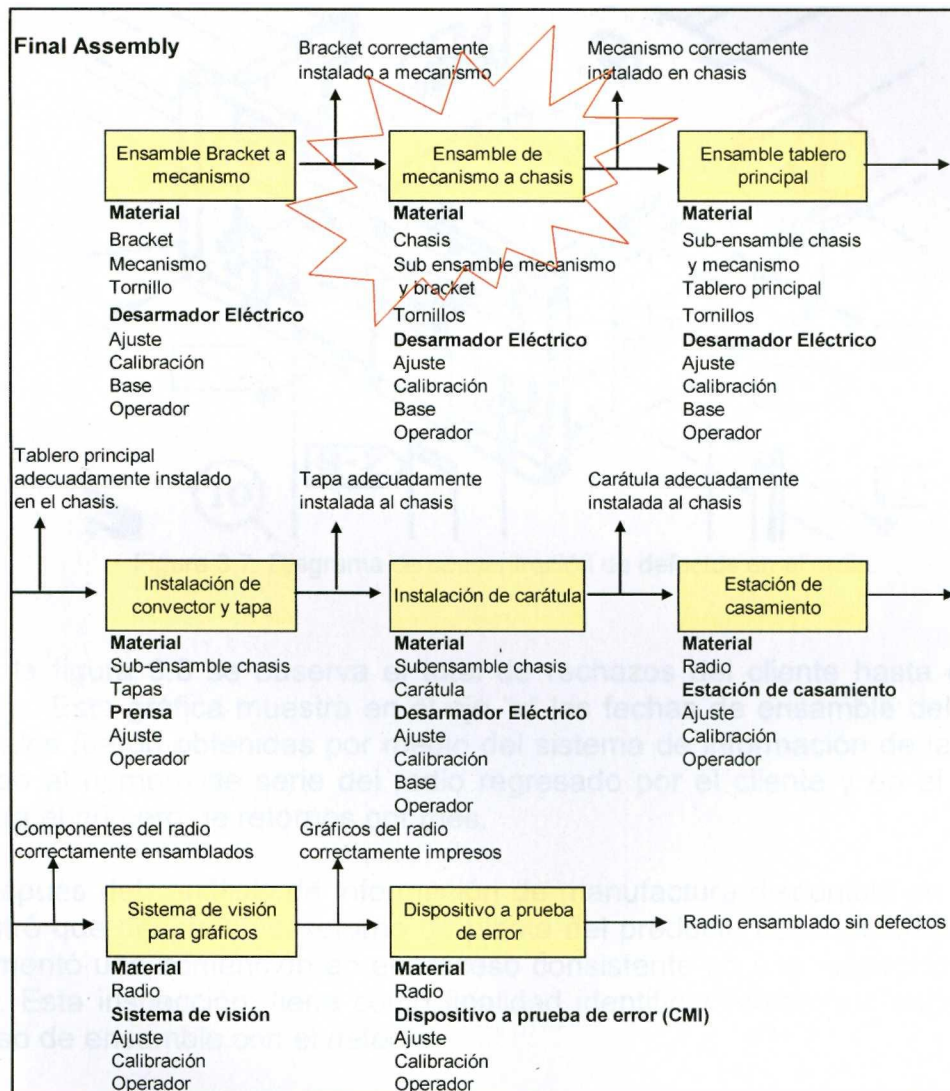


Figura 3.6 PMAP del proceso de ensamble final de radio.

3.2 Medición de Resultados (Measure)

Del total de productos retornados por el cliente, todos los tornillos levantados son relacionados con el ensamble del mecanismo, de los cuales, ocho coinciden en una sola ubicación mostrada con el círculo rojo y el número 8 (lado etiqueta) mientras que el restante se ubica del lado contrario círculo rojo y número 1 (Lado convector). Ver figura 3.7.

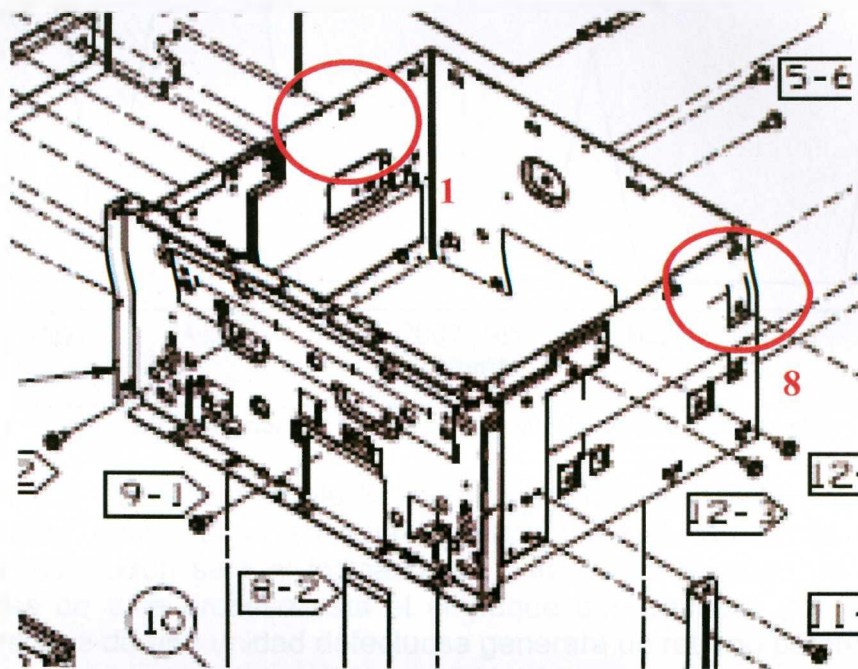


Figura 3.7. Diagrama de concentración de defectos en el radio.

En la figura 3.8 se observa el total de rechazos del cliente hasta el mes de Octubre. Esta gráfica muestra en el eje "x" las fechas de ensamble del producto, las cuales fueron obtenidas por medio del sistema de información de la planta de acuerdo al número de serie del radio regresado por el cliente y en el eje "y" se muestra el número de retornos por mes.

Después del análisis de información de manufactura disponible en planta, se encontró que después del retorno de planta del producto construido en Marzo se implementó una contención en el proceso consistente en una inspección visual al 100%. Esta inspección, tiene como finalidad identificar radios que escaparon del proceso de ensamble con el defecto.

La inspección es realizada por una operadora que examina selectivamente las posiciones conocidas de falla y en caso de encontrar un defecto registra la ocurrencia y alerta a los departamentos soportes para analizar la falla.

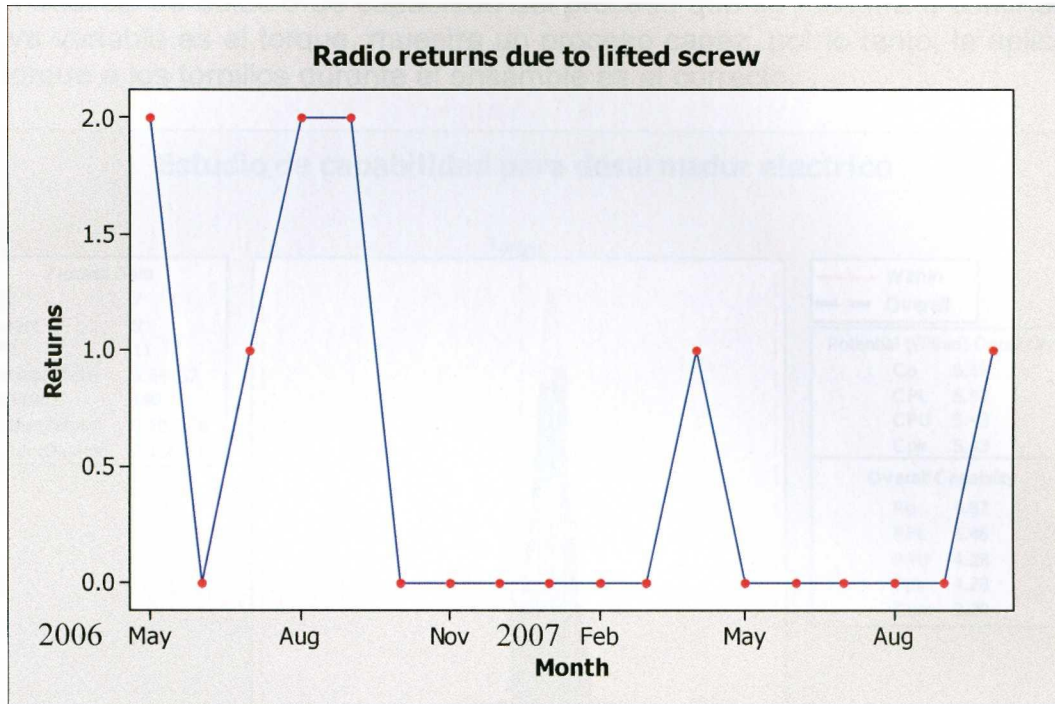


Figura 3.8. Retornos del cliente por tornillos levantados en el radio.

La figura 3.9 muestra en el eje “x” los días del mes de Octubre y en el eje “y” las ocurrencias encontradas en esta inspección visual, las series muestran el turno. Esta inspección será el indicador de potenciales retornos de planta dado que después de este proceso esta el empaque del producto, por consiguiente, cualquier escape de una unidad defectuosa generará un retorno potencial.

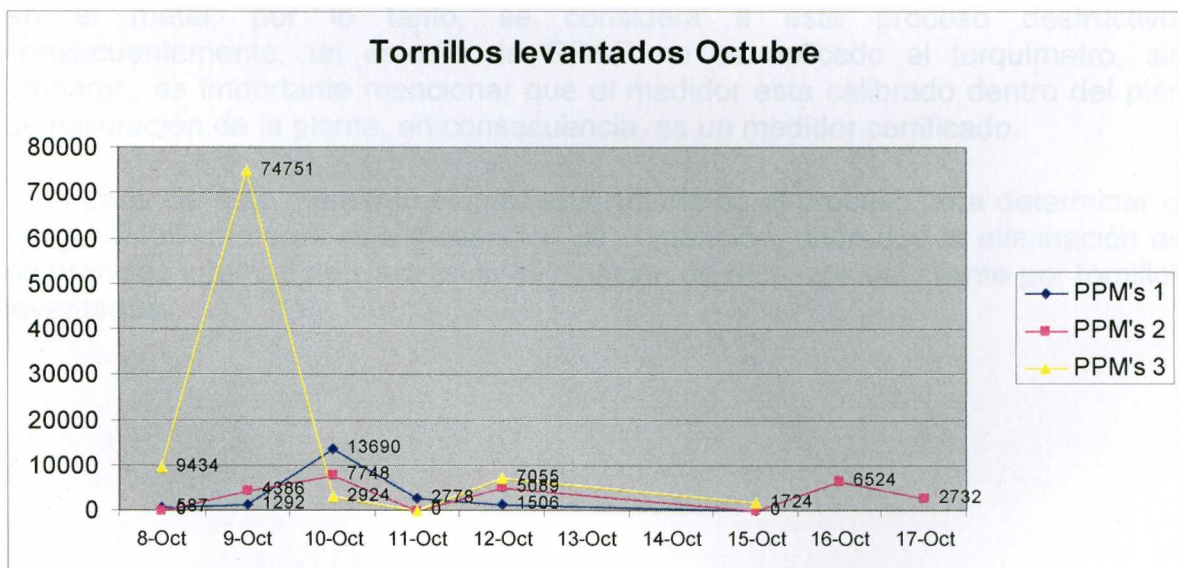


Figura 3.9. Tornillos levantados en la contención durante el mes de Octubre.

El análisis de estudio de capacidad del proceso que se muestra a continuación y cuya variable es el torque, muestra un proceso capaz, por lo tanto, la aplicación del torque a los tornillos durante el ensamble es el correcto.

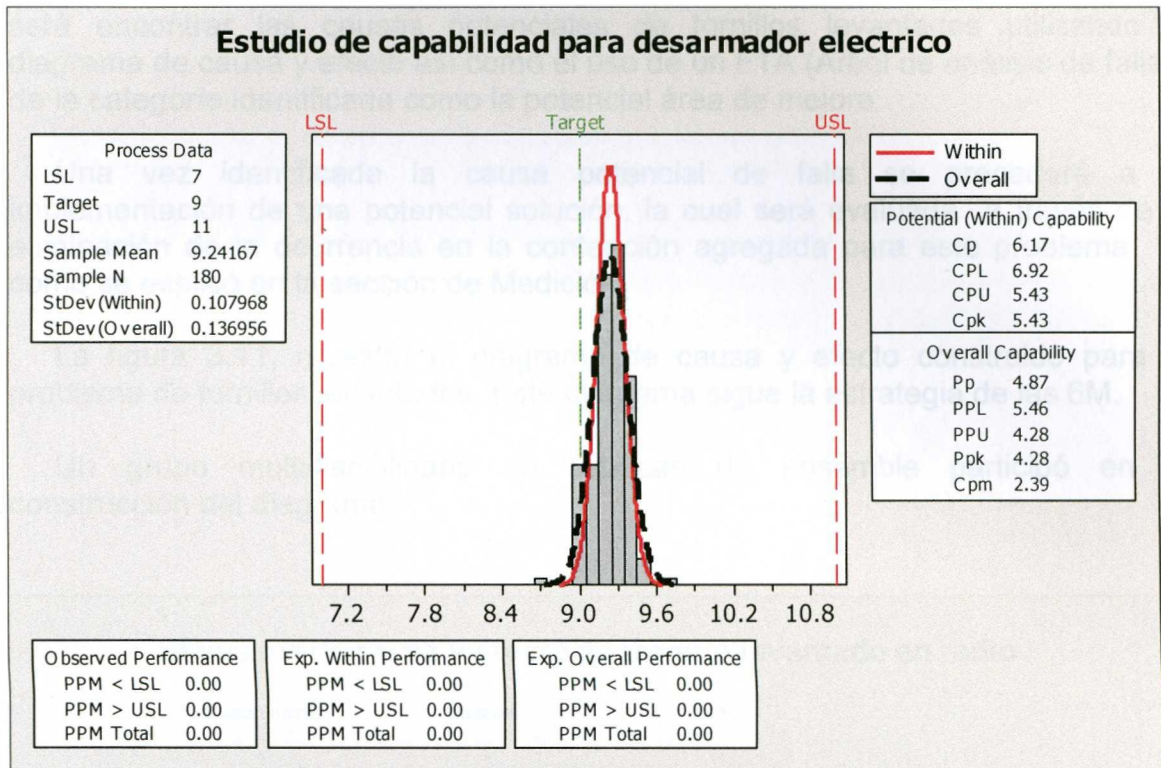


Figura 3.10. Estudio de capacidad del desarmador eléctrico.

Cuando el tornillo es ensamblado en el chasis se forma la rosca para el tornillo en el metal, por lo tanto, se considera a este proceso destructivo, consecuentemente, un estudio de GR&R no es aplicado al torquímetro, sin embargo, es importante mencionar que el medidor esta calibrado dentro del plan de calibración de la planta, en consecuencia, es un medidor certificado.

A partir de este momento el indicador natural en el proceso para determinar el riesgo del cliente será esta inspección de contención, dado que la eliminación de ocurrencias internas derivará en la eliminación de rechazos del cliente por tornillos levantados.

3.3 Análisis de Oportunidades (Analysis).

A partir de este momento la estrategia de este proyecto de acuerdo al T-MAP será encontrar las causas potenciales de tornillos levantados utilizando el diagrama de causa y efecto así como el uso de un FTA (Árbol de análisis de fallas) de la categoría identificada como la potencial área de mejora.

Una vez identificada la causa potencial de falla se procederá a la implementación de una potencial solución, la cual será evaluada a través de la eliminación de la ocurrencia en la contención agregada para este problema tal como se explicó en la sección de Medición.

La figura 3.11, muestra el diagrama de causa y efecto construido para el problema de tornillos levantados. Este diagrama sigue la estrategia de las 6M.

Un grupo multidisciplinario en técnicas de ensamble participó en la construcción del diagrama.

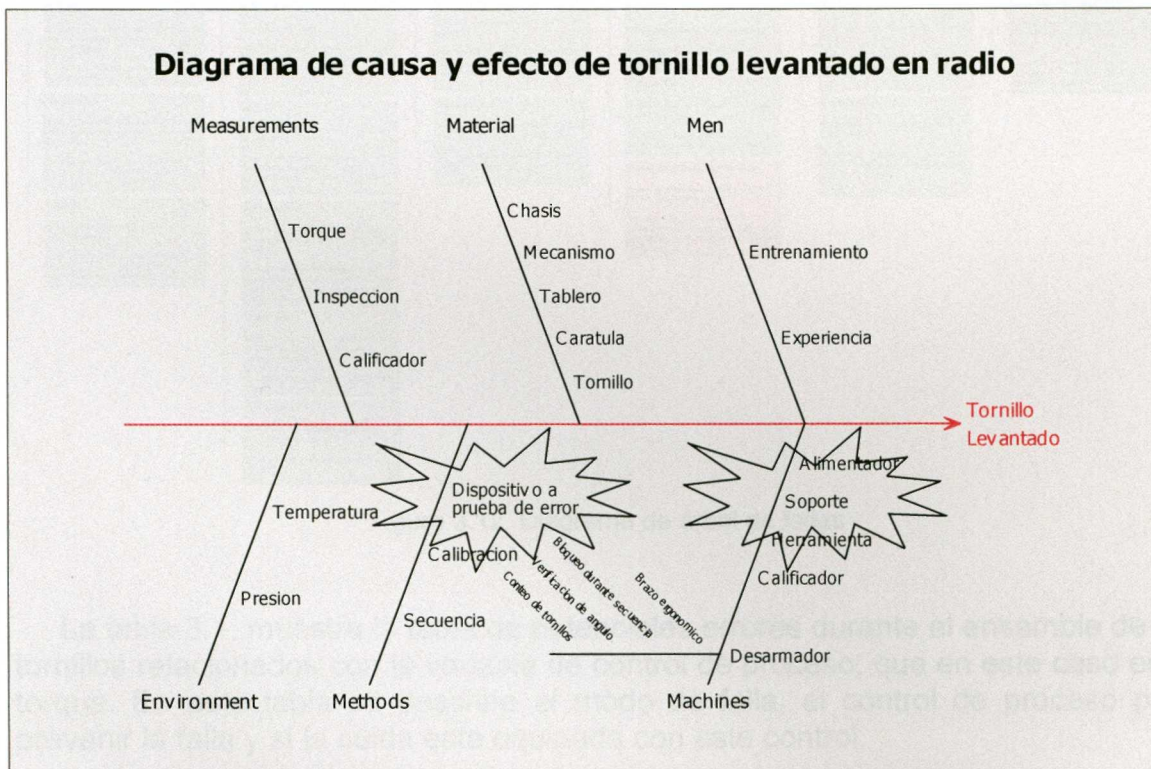


Figura 3.11. Diagrama de causa y efecto para tornillo levantado en radio.

Como parte del proceso de análisis de la información generada hasta el momento se procede a evaluar cada categoría de falla con la finalidad de evaluar los actuales métodos utilizados durante el ensamble así como los controles del proceso asociados.

Dado que el proceso involucrado con el tornillo levantado es uno de los tornillos del mecanismo se pretende analizar la estación donde estos tornillos son ensamblados, en este caso es la estación # 3 “Ensamble de mecanismo a chasis”. Se procede el análisis de un árbol de fallas para esta estación en específico.

Durante el análisis del árbol de fallas se identifica la potencial fuente del defecto, esta se encuentra en el método de prueba de error utilizado en la base utilizada para el ensamble, el cual permite que el producto sea retirado del área de ensamble antes de que se complete la secuencia de atornillado correctamente. Ver figura 3.12.

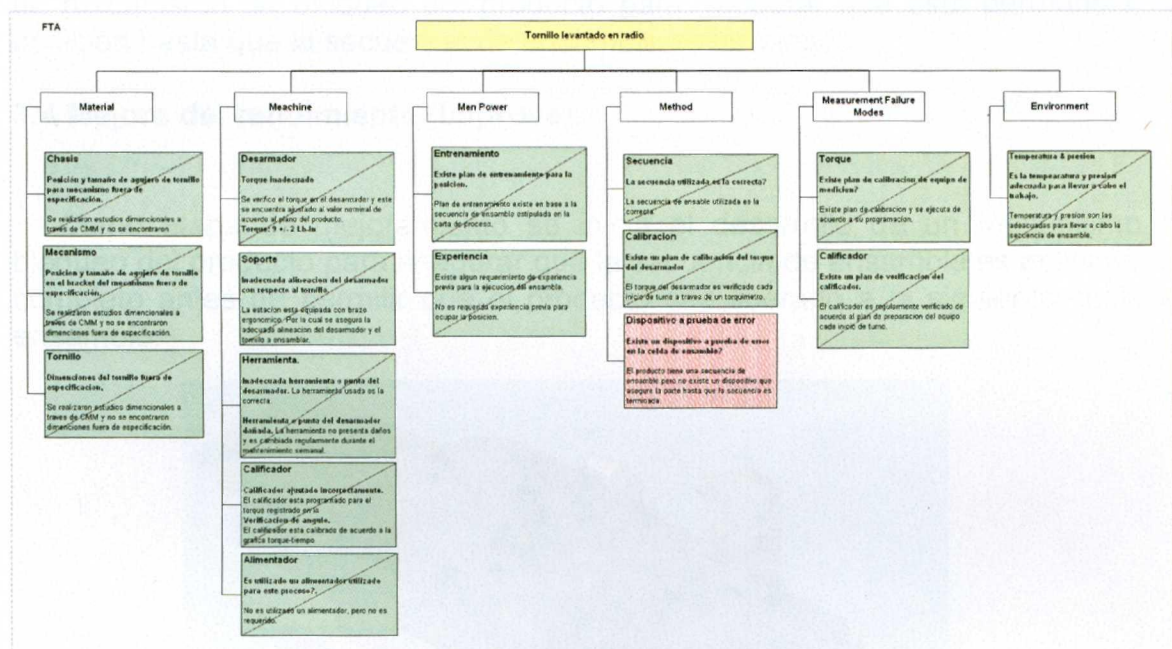


Figura 3.12. Diagrama de árbol de fallas

La tabla 3.1, muestra la tabla de potenciales errores durante el ensamble de los tornillos relacionados con la variable de control de proceso, que en este caso es el torque. En esta tabla se describe el modo de falla, el control de proceso para prevenir la falla y si la celda esta equipada con este control.

	Modo de falla	Control de proceso	Aplicado
1	Torque es aplicado pero no el suficiente para asentar correctamente el tornillo	Grafica de analisis de torque Monitoreo de torque cada inicio de turno.	Si
2	Torque no es aplicado correctamente	El soporte del producto bloquea el producto de manera que no puede ser retirado hasta que la secuencia de ensamble es completada con su respectivo torque.	No
3	El torque aplicado no corresponde con el torque esperado.	Estudio de capacidad del desarmador en cuestion.	Si

Tabla 3.1. Tabla de modos de falla.

En la tabla adjunta se manifiesta el potencial error que puede ocurrir al no tener un mecanismo de bloqueo del producto para asegurar que éste permanece en posición hasta que la secuencia de ensamble es terminada.

3.4 Mejora del rendimiento (Improve).

Como etapa de mejoramiento se inicia el desarrollo de un mecanismo de bloqueo del producto para asegurar que la secuencia de ensamble es aplicada por completo antes de permitir que el producto sea liberado a la siguiente celda de ensamble.

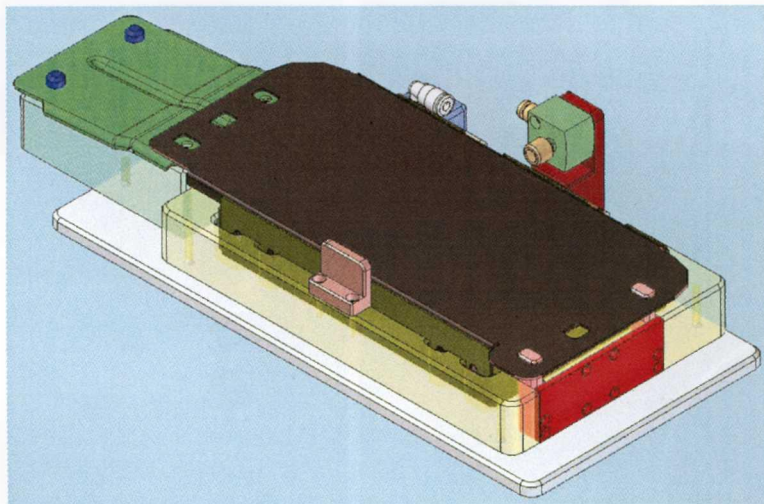


Figura 3.13. Ejemplo de mecanismo de bloqueo desactivado.

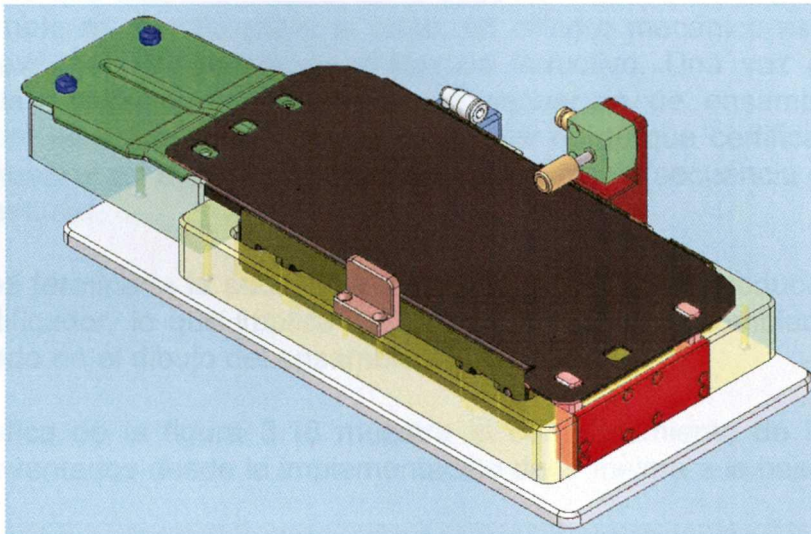


Figura 3.14. Ejemplo de mecanismo de bloqueo activado

Las figuras 3.13 y 3.14 muestran un ejemplo del mecanismo de bloqueo que se propone usar como parte de la mejora en el proceso para evitar la ocurrencia de tornillos levantados.

La figura 3.15 muestra las mejoras en la celda relacionada con el estudio basado en la sugerencia de mecanismo de bloqueo.

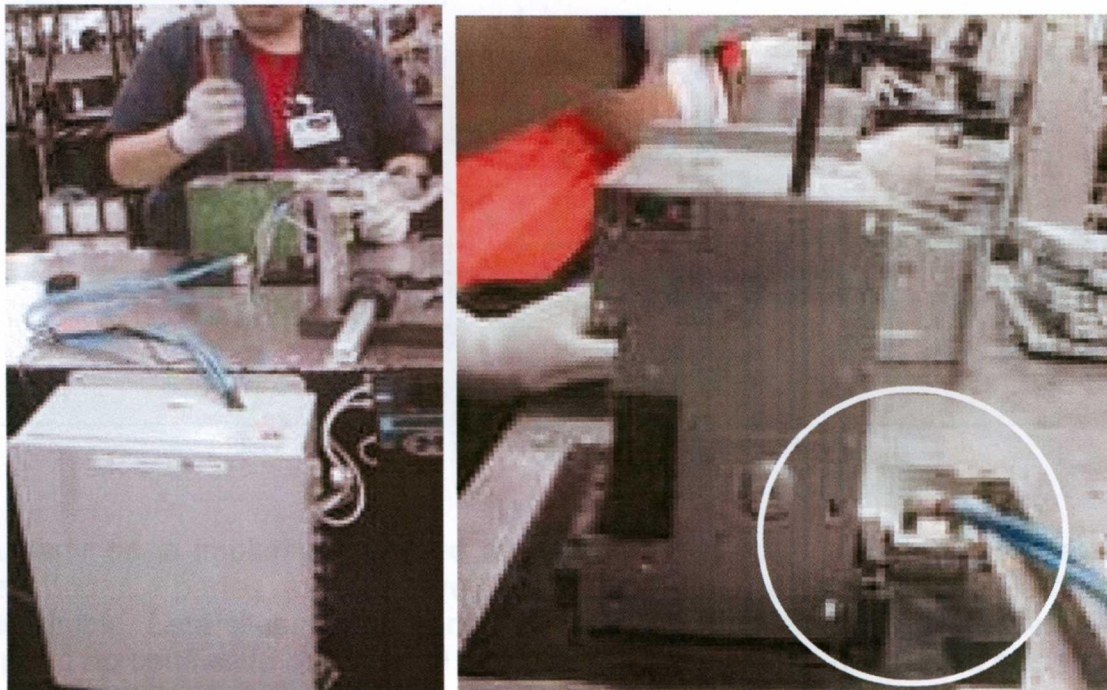


Figura 3.15. Mecanismo de bloqueo instalado en la línea de manufactura de radios.

La lógica que sigue la mejora de la base de ensamble es que una vez que el sub-ensamble es puesto sobre la base, un cilindro mecánico es activado por el PLC a través de un sensor de presencia inductivo. Una vez que la parte es identificada y bloqueada, se permite la secuencia de ensamble activando el desarmador eléctrico y a su vez, el calificador del torque certifica si fue aplicado correctamente y así sucesivamente hasta completar la secuencia de ensamble del radio en estudio.

Una vez terminada la secuencia se puede decir que el producto fue certificado por el calificador, lo que implica que cada tornillo fue ensamblado con el torque especificado en el dibujo del ensamble del radio.

La grafica de la figura 3.16 muestra el comportamiento de la ocurrencia de tornillos levantados desde la implementación de la mejora a la base de ensamble.

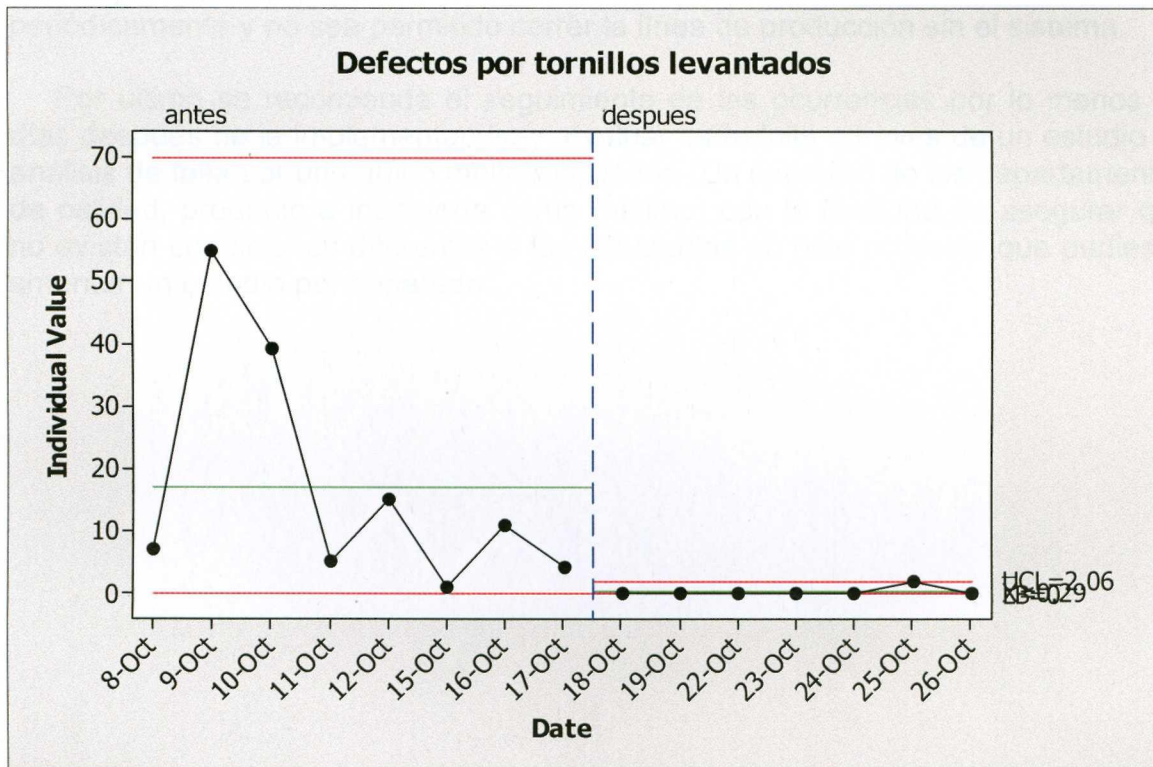


Figura 3.16. Gráfica individual de Tornillos levantados

A partir de la implementación se reportaron un par de incidentes, los cuales corresponden a partes que fueron retenidas por el sistema de bloqueo de la base de ensamble. Esta situación no genera un rechazo, simplemente no permite que una parte no certificada continúe el proceso, esto derivará en un análisis posterior como parte de la mejora continua del proceso, pero no indica en ningún momento un problema de re incidencia.

Debido a que durante el presente año se presentaron dos escapes de condiciones de tornillos levantados, se pretende mantener la contención por el resto del año para asegurar que la ocurrencia se mantiene en cero y por lo tanto se tenga la más mínima probabilidad de impactar al cliente.

El costo total de implementación fue de 500 USD, el cual incluye el hardware y la programación del PLC (Programable Logic Control).

3.5 Control del Rendimiento (Control).

Como etapa de control se procederá a la documentación de las mejoras en el Plan de calidad así como dar de alta la mejora de la base de ensamble (Fixture) como proceso a prueba de error para que su efectividad sea evaluada periódicamente y no sea permitido correr la línea de producción sin el sistema.

Por ultimo se recomienda el seguimiento de las ocurrencias por lo menos 90 días después de la implementación y evaluar cada falla a través de un estudio de análisis de falla por un equipo multidisciplinario (Un miembro de los departamentos de calidad, producto e ingeniería como mínimo) con la finalidad de asegurar que no existan condiciones diferentes a las estudiadas en este proyecto que pudiesen ameritar un estudio por separado.

CAPÍTULO IV. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

Dentro de los resultados presentados en este estudio, se encuentra el reporte de fallas de productos que no pueden ser calificados, los cuales, no pueden pasar a los siguientes procesos de manufactura porque el torque no es generado en la ventana de tiempo especificada por el certificador. El certificador verifica que el torque es aplicado dentro de una ventana de tiempo programada basada en la distribución normal del proceso, llegar al torque muy rápido o muy tarde, significa una variación en las partes que potencialmente se puede deber a una variación en el diámetro del agujero para el tornillo o que el agujero ya tenía una rosca formada.

Las partes reportadas como defectuosas presentaban un tiempo demasiado bajo debido al uso de material previamente utilizado, por lo tanto, el material presenta una facilidad para llegar al torque, lo que provoca que no sea calificado adecuadamente.

La grafica 3.17 muestra el estudio del comportamiento del tiempo en milisegundos del monitoreo del calificador de torque. El eje "x" muestra la secuencia de los tornillos a ensamblar, iniciando con el tornillo 1 y terminando con el tornillo 5 y el eje "y" muestra el tiempo en milisegundos en que el torque especificado es registrado por el calificador.

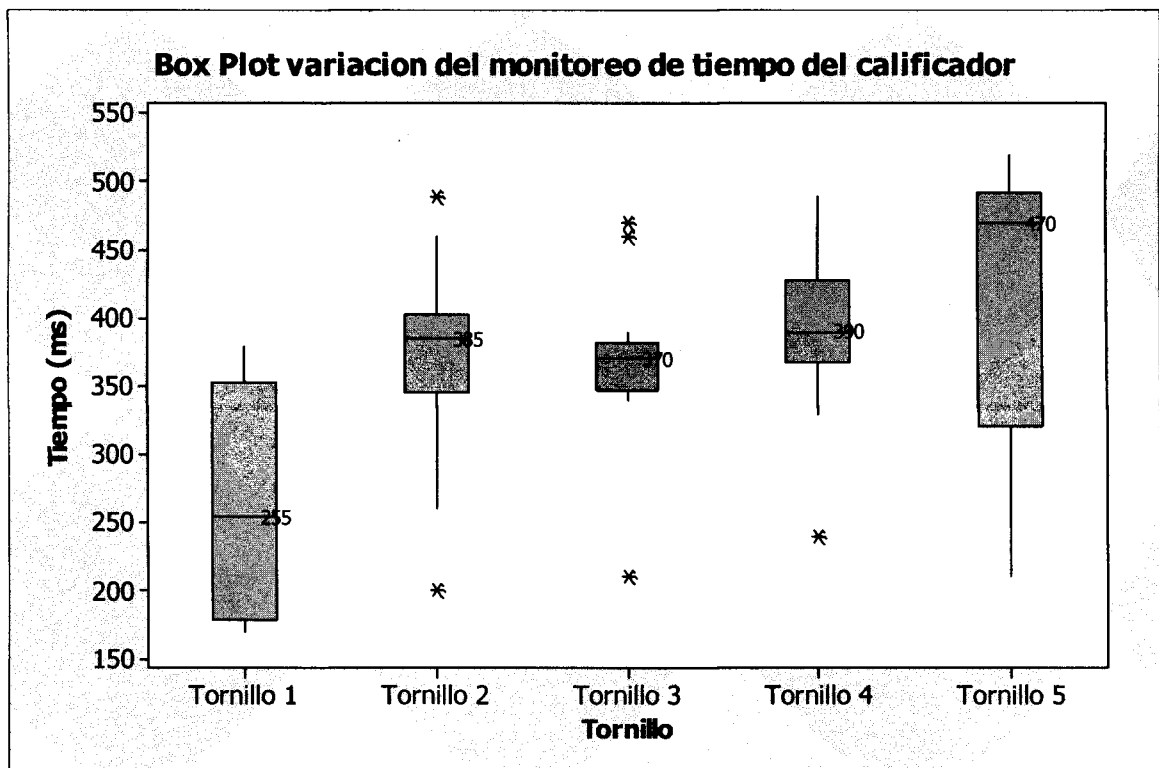


Figura 3.17 Diagrama Box Plot de la variación del monitoreo del tiempo del calificador.

El análisis de la gráfica muestra que tanto el tornillo inicial como el final tienen el rango intercuartil más grande de todos, incluso, esta variación coincide con la del diagrama de concentración de defectos mostrada en la figura 3.7. Esta variación permite entender la dificultad de poder ajustar una venta de tiempo robusta en el calificador, debido a que la fuente de variación, que es el uso de partes previamente usadas, es una práctica común dentro de la manufactura de radios, ya que los radios no pueden ser reparados por lo cual, estos son desarmados y las partes regresadas a las líneas de manufactura para ser reprocesadas.

El balance entre las partes rechazadas que no se pueden calificar y la práctica de desarmar radios debe ser localizado. De no ser así, se seguirán generando partes que no pueden ser calificadas. Otra posible solución es iniciar el estudio de esta variación en una investigación similar para identificar posibles alternativas para reducir la variación de las partes.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.

La utilización de la Metodología Seis Sigma en problemas de manufactura dentro del giro de la electrónica automotriz es de gran ayuda para identificar todos y cada uno de los modos potenciales de falla en los que se puede incurrir durante la elaboración de nuestros productos a través del correcto uso de diagramas de causa y efecto, diagramas de concentración de fallas y análisis de árbol de falla. Consecuentemente el análisis de cada una de las fuentes de falla permite evaluar el potencial riesgo de que se presente el error y eventualmente impacte al cliente. Finalmente, la evaluación de las iniciativas de mejora continúa contribuirá a la aceptación del uso de mecanismos a prueba de error a pesar del costo de los mismos, al comparar el costo de estos con el beneficio a largo plazo en la confianza del cliente y el historial de calidad para que la compañía se vea favorecida con futuros negocios, por lo tanto, el costo es ampliamente justificado.

Por último este proyecto demuestra que el uso de dispositivos a prueba de error son claves para disminuir la ocurrencia de potenciales fallas que impactan al cliente. Desgraciadamente los programas son conceptualizados con la mínima carga financiera y con estrategias de manufactura esbelta, en donde la complejidad de sistemas de prueba de error no es ampliamente aceptado, sin embargo, siempre se terminan usando porque el hecho de no hacerlo implica impactar la calidad que espera el cliente y es por la voz del mismo que exige su utilización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELPHI. Six Sigma Green Belt Training. USA 2005.
- DEVORE, Jay L. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Traductor Virgilio González Pozo y Jorge Humberto Romo. Quinta Edición. Thomson Learning. México 2001.
- ESCALANTE, Vazquez Edgardo J. Seis Sigma Metodología y Técnicas. Primera Edición. Limusa. México 2003.
- EVANS, James R, y William Lindsay. Administración y control de la calidad. Traductor Gabriel Sánchez García. Cuarta edición. Soluciones Empresariales. México 2003.
- GEORGE, Michael L. Lean Six Sigma, McGraw-Hill USA 2002.
- MONTGOMERY, Douglas. Design and Analysis of Experiments. 6th Edition. Wiley, USA 2005.
- MONTGOMERY, Douglas, et al. Introduction to Linear Regression Analysis. 3rd Edition. Wiley. USA 2001.
- SNEE, Ronal, Hoerl Roger W. Leading Six Sigma, Prentice Hall, USA 2003

ANEXO I. Diagrama Gantt.

