

# Sistema de verificación de puntas de cautín

Rangel Sotelo, Felipe de Jesús

2016-05-23

---

<http://hdl.handle.net/20.500.11777/1510>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Decreto  
Presidencial del 3 de abril de 1981



## **SISTEMA DE VERIFICACIÓN DE PUNTAS DE CAUTÍN**

DIRECTOR DEL TRABAJO

DRA. CYNTHIA MARIA MONTAUDON TOMAS

ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO

que para obtener el Grado de

MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CALIDAD

presenta

FELIPE DE JESUS RANGEL SOTELO

Puebla, Pue.

2016

## INDICE GENERAL

ABSTRACT.

INTRODUCCIÓN.....	i
CAPÍTULO 1. PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN.....	1
1.1 Contexto.....	1
1.2 Problema de investigación.....	1
1.2.1 Pregunta de investigación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcances y limitaciones.....	7
1.6 Glosario.....	9
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Marco conceptual.....	10
2.2 Marco académico.....	25
2.3 Marco contextual.....	28
2.3.1 Misión y visión.....	30
2.3.2 Filosofía.....	31
2.3.3 Política y modelo de calidad.....	32

2.3.4 Estructura organizacional.....	35
CAPÍTULO 3. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO DE MEJORA.....	39
3.1 Situación actual.....	39
3.2 Descripción del problema.....	40
3.3 Definición de causa raíz.....	42
3.4 Proyecto de mejora.....	43
3.4.1 Propuesta de acciones de mejora.....	43
3.4.2 Instalación de equipos de medición.....	45
3.4.3 Sistema de entrenamientos.....	59
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	65
4.1 Evaluación de resultados preliminares.....	65
4.2 Resultados en relación con los objetivos.....	66
4.3 Resultados en relación con otros aspectos.....	66
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	70
5.1 Conclusiones.....	70
5.2 Sugerencias.....	72
REFERENCIAS.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS E IMÁGENES.

### TABLAS.

Tabla 1. Resumen informal de pérdidas por descargas electrostáticas.....	11
Tabla 2. Fuentes y puntas de cautín vs. cantidad de puntas.....	40
Tabla 3. ANOVA de dos factores con interacción.....	53
Tabla 4. ANOVA de dos factores sin interacción.....	53
Tabla 5. R&R del sistema de medición.....	53
Tabla 6. R&R del sistema para resultados.....	53
Tabla 7. Criterios para la aceptación o rechazo de un sistema de medición.....	54
Tabla 8. Resultados de los cautines.....	65

### FIGURAS.

Figura 1. Evolución de la compañía en estudio.....	29
Figura 2. Modelo de calidad de la empresa en estudio.....	34
Figura 3. Mapa estratégico de calidad.....	35
Figura 4. Estructura organizacional.....	37
Figura 5. Departamento de calidad.....	38
Figura 6. Causa raíz del problema.....	42
Figura 7. Diagrama de pescado.....	43
Figura 8. Resumen gráfico del estudio.....	52
Figura 9. Dibujo mecánico.....	58
Figura 10. Desviaciones en auditoría.....	65
Figura 11. Ayuda visual para el uso correcto del equipo.....	61

### IMÁGENES.

Imagen 1. Simulación del evento ESD – HBM.....	15
Imagen 2. Simulación del Machine Model.....	16

Imagen 3. Simulación del Modelo de Dispositivo Cargado CMD.....	16
Imagen 4. Mesa de trabajo.....	44
Imagen 5. Fuente de cautín.....	44
Imagen 6. Fuente y probador.....	47
Imagen 7. Indicador en modo de espera.....	47
Imagen 8. Indicador en verde.....	48
Imagen 9. Indicador en amarillo.....	48
Imagen 10. Indicador en rojo.....	48
Imagen 11. Equipo calibrado.....	49
Imagen 12. Diapositivas de cursos.....	59
Imagen 13. Sistema de cursos internos en línea.....	61
Imagen 14. Dibujo del case metálico para medidor de puntas.....	67
Imagen 15. Case metálico para medidor de puntas.....	67
Imagen 16. Conectores laterales.....	68

## **ABSTRACT.**

Este trabajo recepcional contiene un proyecto de mejora para evitar cargas electrostáticas en componentes electrónicos para la industria automotriz. Se analizaron diversos aspectos sobre las cargas electrostáticas a través del uso de puntas de cautín y sus efectos en componentes electrónicos de forma inmediata y en el corto plazo. Se incluye una breve descripción de la empresa en estudio y del área específica que desarrolló el proyecto de mejora, constituido hoy en día como una herramienta aplicable en otras plantas del grupo. Fueron diversas las pruebas realizadas para determinar los elementos esenciales para probar puntas de cautín desarrollando un prototipo automatizado que opera además como un *poka joke* para evitar la recurrencia de problemas través de monitoreo mensual realizado por el área de aseguramiento de la calidad.

**Palabras clave:** puntas de cautín, aseguramiento de la calidad, cargas electrostáticas, proyecto de mejora, ESD, EOS

## INTRODUCCIÓN.

A solicitud de la empresa, sus datos de identificación se mantendrán ocultos para proteger cualquier cuestión relacionada con asuntos de propiedad intelectual; por lo tanto, para fines de este estudio, la empresa será denominada como *Continente*.

El proyecto aquí planteado presenta una solución integral para prevenir o bien disminuir el riesgo de causar una descarga electrostática en componentes electrónicos para la industria automotriz por el uso de puntas de cautín con una resistencia mayor a lo indicado en el estándar. La intención del proyecto es desarrollar un sistema que permita detectar si las puntas de cautín cuentan con cargas superiores al estándar para evitar su uso y dañar los componentes.

Ahora bien, es importante señalar que la su aplicación inicial está destinada a una industria de alta especialización, que es el ensamble de componentes electrónicos para módulos electrónicos de automoción denominados clase 3, que de acuerdo al estándar IPC 610 son considerados ensambles de alto rendimiento; sin embargo, es necesario destacar que el sistema desarrollado tiene potencial de ser transferido a otro tipo de industrias que pueden tener requerimientos menores, como el ensamble de juguetes o teléfonos celulares, entre otros.

Este documento muestra un ejemplo práctico que permite automatizar controles que en la industria tradicionalmente se realizan completamente de manera manual. Hasta el momento de realización de este proyecto no había proveedores que ofrecieran un producto con un enfoque similar en el mercado, convirtiéndose así en un proyecto factible de patentar y de explotar comercialmente.



La investigación se encuentra estructurada en un total de cinco capítulos. Dentro del capítulo primero se presenta el panorama de la problemática que enfrenta este proyecto, incluyendo el objetivo general y específico, su importancia, alcances y limitaciones, y un breve glosario que permitirá comprender con claridad los términos empleados.

En el capítulo segundo se presenta una breve introducción a los términos de base de la propuesta, tales como electrostática y descarga electrostática. Se describe, además, un panorama completo de los controles para cargas electrostáticas existentes en la industria.

El tercer capítulo describe la situación a partir de la cual surge la necesidad de desarrollar las acciones de mejora propuestas en este proyecto, las anomalías en las que incurre el área de la empresa en estudio, las cuales son detectadas durante las auditorías, y los fallos más importantes que pueden ocurrir al tener desviaciones en las cargas electrostáticas con relación al estándar. En cierto sentido, este capítulo corresponde a la investigación de campo.

Los resultados de la investigación de campo se encuentran contenidos en el capítulo cuarto, en el que se observan los alcances obtenidos después de implementar el proyecto de mejora en una faceta inicial.

Finalmente, el capítulo quinto contiene las conclusiones obtenidas después de verificar los resultados, y en él también se describe, de manera breve, las mejoras que aún pueden realizarse y el futuro esperado de este proyecto.

## **CAPÍTULO 1.**

### **PROPÓSITO Y ORGANIZACIÓN.**

#### **1.1 Contexto.**

Este proyecto responde a intereses personales y profesionales, ya que desde la formación profesional ha habido una intención personal de analizar temas relacionados con la industria automotriz, específicamente las áreas de calidad. El hecho de colaborar en una organización del ramo automotriz, y particularmente en el departamento de aseguramiento de calidad, ha permitido el desarrollo de un perfil profesional orientado hacia la calidad, el cual se ha visto beneficiado con los estudios de la Maestría en Ingeniería y Gestión de la Calidad.

La experiencia de cuatro años en el control de descargas electrostáticas, y el soporte brindado a otras plantas para la formación de sus sistemas de control de descargas electrostáticas, así como la participación directa en auditorías a sus sistemas han sido esenciales para el correcto desarrollo de este proyecto.

El programa de maestría permitió contar con una visión más integral de la solución de problemas, lo cual ha quedado de manifiesto en los diferentes apartados del presente trabajo.

#### **1.2 Problema de investigación.**

Dentro de las organizaciones que pertenecen al ramo de ensambles electrónicos, las actividades de retrabajo son permitidas sólo en ciertos componentes en los que no se provoca una afectación en la forma, encaje y función del producto para el usuario final.

Para la realización de esta actividad es indispensable del uso de distintos instrumentos y herramientas, como son puntas de cautín, fuentes de cautín, soldadura, pasta, flux, principalmente los dos primeros elementos pueden ser con frecuencia factores que causen problemas por descargas electrostáticas.

En cuanto a la prevención de eventos relacionados con descargas electrostáticas causadas por el uso inadecuado de puntas de cautín y/o fuentes de cautín, se efectúa mensualmente una auditoría al cien por ciento a todas las fuentes de cautín, conforme a la Norma ESD ANSI 20.20-2014. El objetivo principal de la auditoría es retirar inmediatamente aquellas puntas de cautín que se encuentren dañadas, ya que su uso representaría una causa potencial de daño en las piezas retrabajadas.

El alcance de la auditoría ejecutada cada mes es limitado, ya que ésta se efectúa analizando la conjunción de la fuente de cautín con la punta que se encuentra en ese momento en la estación. Esto indica que sólo se analiza un número definido de puntas, ya que el personal tiene oportunidad de solicitar puntas nuevas al supervisor, contar con puntas de distintas formas para los diversos tipos y técnicas de retrabajo, e incluso puede darse el caso de préstamo de puntas entre compañeros o estaciones de trabajo, dificultándose así la obtención de resultados realistas.

Otro aspecto que limita la detección de puntas dañadas es que solo el área de aseguramiento de calidad monitorea el desempeño de estas puntas; ni el área de proceso que analiza las fallas ni el área de pruebas que realiza la actividad de retrabajo hacen una verificación del estado de las puntas.

Esta brecha en la actividad ha permitido que se cuente con un número importante de puntas no verificadas durante la auditoría.

En las auditorías planeadas se ha podido cuantificar que el número de fallas que se encuentran indica que un 46% de las fuentes de cautín trabajan con una punta que tiene una resistencia mayor de 2 Ohms<sup>1</sup>, que es el estándar establecido.

Esto significa que el riesgo que se corre de causar una descarga electrostática en el producto por el uso de una punta de cautín con una resistencia mayor a 2  $\Omega$  es alto.

El número de eventos causados por descargas electrostáticas podría seguir en aumento si no se limita la cantidad de puntas en mal estado que se ocupan durante la operación, lo que desencadenaría un incremento en los rechazos de cliente, ya sea de cero kilómetros como reclamos causados por garantías.

Estas reclamaciones indicarían un mal manejo del producto, así como controles débiles o inexistentes para la prevención de descargas electrostáticas, que podrían traducirse en malos antecedentes para la organización en relación con la obtención de proyectos futuros.

### **1.2.1 Pregunta de investigación.**

Una vez definido el problema de investigación, se puede establecer que el sistema de verificación de puntas de cautín es una solución integral al problema del uso de puntas de cautín con una resistencia mayor a 2  $\Omega$ , y que una parte importante de este sistema será el

---

<sup>1</sup>El Ohmio u Ohm es la unidad derivada de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades. Su nombre se deriva del apellido del físico alemán Georg Simon Ohm (1789-1854). En adelante, al hacer referencia a esta unidad, se empleará el signo  $\Omega$ , con el que se identifica.

entrenamiento constante y la concientización del personal para el uso adecuado de puntas que se encuentran en buen estado.

La integración de otras áreas en la verificación constante de las condiciones de la punta de cautín incrementará la detección de puntas dañadas, así como su remplazo a tiempo.

Finalmente, la verificación al cien por ciento de todas las puntas que serán ocupadas durante la operación, y no solo aquellas que se encuentren en las fuentes, evitará que se causen daños por descargas electrostáticas por el uso de puntas de cautín en mal estado.

### **1.3 Objetivos.**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

Lo que se pretende con este trabajo de investigación es desarrollar un sistema integral que permita monitorear continuamente el aterrizaje correcto de las puntas y fuentes de cautín, así como evitar eventos de descargas electrostáticas en los procesos de retoque y retrabajo en la industria de ensamble de electrónicos, sin importar la clase a la que se refiera.

Este proyecto podría dar la pauta para el desarrollo de nuevos sistemas de monitoreo y mejora de los elementos de protección de descargas electrostáticas que ofrezcan un proceso de ensamble más seguro y sencillo.

Por último, este proyecto deberá traer como consecuencia un ajuste en la distribución de tiempos de los coordinadores de descargas electrostáticas, ya que la verificación de este elemento estación por estación, y punta por punta, requiere de mucho tiempo y esfuerzo.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

Los objetivos específicos para la realización de este proyecto son:

- Determinar los elementos que se requieren para cumplir los requerimientos normativos.
- Determinar las prevenciones prioritarias para evitar daños en el producto durante el proceso de retrabajo o retoque.
- Determinar el entrenamiento que se debe dar al personal para el uso de puntas en buen estado.
- Desarrollar un equipo de medición.
- Desarrollar un sistema de entrenamiento sistemático.

Una vez concretadas estas actividades, se espera que el resultado sea satisfactorio y no se detecten más puntas de cautín con una resistencia mayor a lo indicado en la norma.

### **1.4 Justificación.**

El control de las descargas electrostáticas es importante dentro de distintas industrias desde la prevención de contaminación por partículas mediante atracción electrostática en la fabricación de pantallas led, ensamble de juguetes, ensamble de celulares, fabricación de faros, corte de papel, e incluso industrias que requieren controles más especializados y sensibles como la prevención de descargas electrostáticas en la fabricación de juegos pirotécnicos, armamento, satélites o módulos electrónicos, como partes o piezas de seguridad.

Los avances en el desarrollo de las nuevas tecnologías de los componentes los ha vuelto más rápidos, más delgados y más pequeños. Esta disminución en el tamaño es directamente proporcional al nivel de sensibilidad de los componentes, lo que indica que mientras más avance la tecnología, los componentes serán cada vez más sensibles a los fenómenos de descargas electrostáticas.

El control de las descargas electrostáticas es un tema que poco a poco va cobrando importancia en las distintas organizaciones debido al aumento en las fallas relacionadas a sobre estrés eléctrico, mismas que pueden ser relacionadas con estos fenómenos. La tarea principal del coordinador de prevención de descargas electrostáticas en las organizaciones es disminuir las probabilidades de que estos fenómenos ocurran en los procesos productivos, así como implementar controles en los distintos procesos para que estos sean seguros o se encuentren libres de cargas electrostáticas.

Los factores que tienen una probabilidad mayor de causar una descarga electrostática son aquellos en los que ocurre un contacto íntimo con el producto y materiales generadores de cargas electrostáticas como materiales aislantes o bien metales cargados no aterrizados. Uno de estos son las puntas de cautín que, al ser un instrumento metálico que cuenta con poca resistencia, permite el flujo descontrolado de las cargas que se puedan encontrar en ellas debido a un mal aterrizaje. De ahí la importancia de asegurar que las puntas de cautín se encuentren aterrizadas apropiadamente durante los procesos de retoque y retrabajo.

Se ha observado, durante los procesos de auditoría, que el porcentaje de puntas que se encuentran en las estaciones de retrabajo muestran una resistencia mayor a lo que indica

el estándar, y esto representa un riesgo importante durante los procesos de producción. Aun cuando el porcentaje de puntas dañadas disminuyese, el riesgo latente persistiría. La probabilidad de que suceda una descarga electrostática sería el equivalente a jugar a la ruleta rusa, ¿cuántas veces se estaría dispuesto a jalar el gatillo antes de que suceda una falla?

En el desarrollo de este proyecto coinciden distintos sectores que podrían mejorar: En primera instancia, los procesos productivos serían más seguros; la verificación mensual de las puntas de cautín de las fuentes sería una actividad más *lean*; y aún más importante, el cliente final tendría un riesgo menor de verse afectado con daños en el producto por esta causa.

### **1.5 Alcances y limitaciones.**

El estudio se realizó con datos históricos de auditorías a puntas y fuentes de cautín, mismos que son verificados cada mes, y los cuales pueden mostrar el comportamiento de fallas en cuanto a puntas dañadas que podrían afectar algún componente durante el retrabajo. Se limita a una empresa del sector automotriz.

Lo que se pretende realizar con este proyecto es generar un sistema integral para eliminar las puntas dañadas en el piso de producción. Esto implica entrenamiento intensivo en distintas áreas y capacitación en el uso de la aplicación, así como crear conciencia del uso adecuado de las puntas de cautín, además de la fabricación masiva de equipos de medición y elaboración de planes de mantenimiento para los mismos, así como la compra de refacciones. Una vez observados los diferentes tipos de actividades, se puede notar que se requiere de un periodo de tiempo prologando para su análisis, por lo que el estudio se



concretará a determinar las bases que consistirán en generar un equipo de medición y su validación como equipo prototipo, así como el sistema de entrenamiento para el personal.

## **1.6 Glosario.**

**EMI** - Electromagnetic interference / Interferencia electromagnética.

**EOS** – Electrostatic Over Stress / Sobre Estrés Eléctrico.

**ESD** – Electrostatic Discharge / Descarga Electrostática.

**ESDS** –Electrostatic Sensitive Devices / Componentes sensibles a descargas electrostáticas.

**First Pass Yield** – Cantidad de piezas que pasan por una prueba sin falla.

**Ohmio u Ohm ( $\Omega$ )** - Unidad derivada de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades. Su nombre se deriva del apellido del físico alemán Georg Simon Ohm (1789-1854).

## **CAPÍTULO 2.**

### **MARCO TEORICO.**

#### **2.1 Marco conceptual.**

La electricidad estática es compleja. Es mucho más que aquella sensación que se experimenta como un “toque” cuando se entra en contacto con algún objeto metálico después de generar fricción con ciertas telas, alfombras o el interior de un automóvil, por ejemplo. La electricidad estática ha sido un problema importante para la industria desde sus inicios.

En el sector industrial, la era de la electrónica trajo consigo problemas asociados con cargas y descargas electrostáticas. La sensibilidad de la descarga electrostática ha aumentado al reducirse el tamaño de los componentes electrónicos y al incrementar su velocidad. La carga y descarga electrostática tiene un impacto directo en la productividad y la confiabilidad en los ambientes electrónicos, motivo por el cual se han desarrollado tecnologías para el control de la electrostática aplicables en numerosas industrias, como es el caso de los cuartos limpios (*clean rooms*).

A pesar de que se han llevado a cabo numerosas innovaciones en tecnología para reducir las cargas electrostáticas, estas continúan afectando el rendimiento de la producción, teniendo una incidencia en costos de manufactura, en la calidad y confiabilidad del producto, y, finalmente, en la rentabilidad de un proyecto, de la manufactura de un producto, o de una empresa en lo general.

Diversos expertos en el área han estimado que en promedio el porcentaje de productos no conformes o defectuosos por causas asignadas a problemas de estática se ubican en un rango que va desde el 8% hasta el 33%. En cuanto al costo anual por productos y partes dañadas por cargas electrostáticas, las estadísticas señalan que el costo anual en productos dañados por descargas electrostáticas a la industria electrónica es de alrededor de un billón de dólares (EDS, 2001).

El costo por cada componente dañado es muy variable, dependiendo del tipo componente del que se trate. En el caso de un diodo, por ejemplo, el costo por el año será de tan solo centavos, mientras que si se trata de un componente híbrido complejo, el costo puede ascender a cientos de dólares. Al realizar un análisis de los costos de reparación y retrabajo de productos dañados, se puede observar que se trata de un área de oportunidad de mejora sustancial.

La tabla 1 muestra información de Halperin (1990), uno de los teóricos más importantes en el tema de las cargas electrostáticas. La tabla contiene un resumen de las pérdidas por cargas electrostáticas, donde es posible observar que las pérdidas pueden llegar a niveles en los cuales la rentabilidad de un proyecto puede verse comprometida.

**Tabla 1. Resumen informal de pérdidas por descargas electrostáticas.**

<b>Pérdidas por Estática Reportadas</b>			
Descripción	Pérdida menor %	Pérdida mayor %	Promedio estimado de pérdida. %
Manufactura de componentes.	4	97	16 - 22
Subcontratistas.	3	70	9 - 15
Contratistas.	2	35	8 - 14

Usuario final.	5	70	27 - 33
----------------	---	----	---------

Fuente: Stephen Halperin. "Guía gerencial para control de electrostática." Eurostat, 1990.

- **Carga electrostática.**

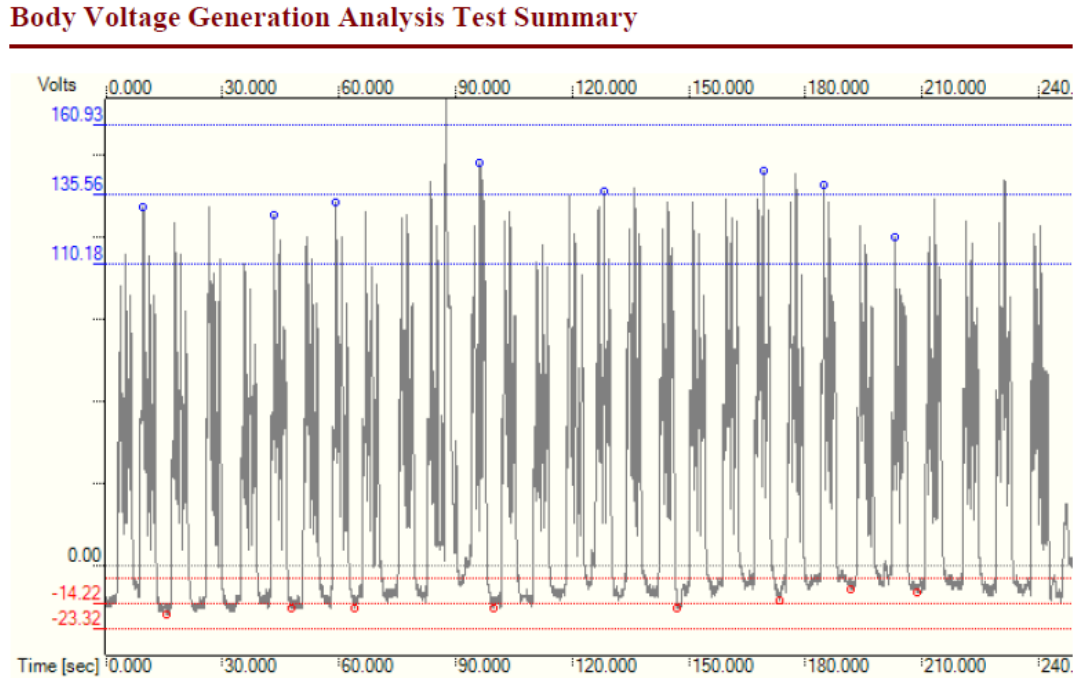
La carga electrostática es definida como la carga eléctrica causada por el desbalanceo de electrones en la superficie de un material. Este desbalance de electrones produce un campo electrostático que puede ser medido y que puede influenciar otros objetos a la distancia. La descarga electrostática es definida como la transferencia entre dos cuerpos con diferente potencial eléctrico (EDS, 2001).

La descarga electrostática puede cambiar las características eléctricas de los semiconductores, o bien, degradarlos o destruirlos. También puede afectar la operación normal de un sistema electrónico, causando mal funcionamiento o fallas. Otro problema causado por cargas electrostáticas ocurre en cuartos limpios. Las superficies cargadas eléctricamente pueden atrapar y mantener contaminantes. Cuando estas contaminaciones son atraídas a una oblea de silicón (componentes para cuarto limpio ultra sensibles a la contaminación) o a una circuitería eléctrica, estas partículas pueden causar daños aleatorios y reducir el rendimiento de los productos (EDS, 2001).

El control de descargas electrostáticas inició al comprender cómo ocurre la carga electrostática. La carga electrostática es comúnmente creada por contacto y separación de dos materiales. Por ejemplo, una persona caminando genera carga electrostática cuando la suela de su zapato entra en contacto y luego se separa de la superficie del piso. Como se muestra en la gráfica 1, que muestra un ejemplo de una persona caminando utilizando un

sistema de aterrizaje (taloneras), sobre una superficie dañada (piso no ESD Safe), en la cual se pueden visualizar mediciones que sobrepasan los 100 V, mientras que el estándar indica que las mediciones no deben ser superiores a este estándar.

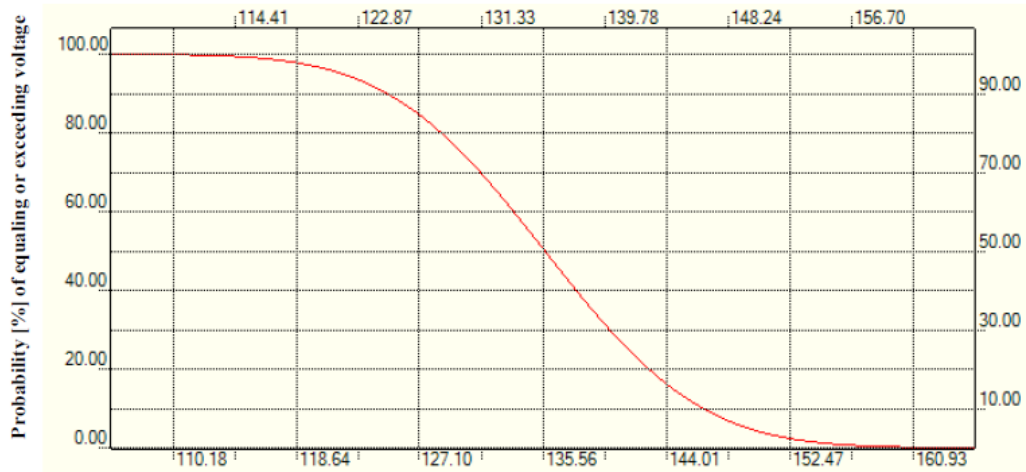
**Gráfica No.1. Ejemplo de generación de voltaje.**



Durante el mismo estudio los equipos de medición pueden calcular la probabilidad de generar cargas electrostáticas mientras una persona camina, como se puede visualizar en la gráfica No. 2. La probabilidad de generar una carga de 150 V es del 50%, lo cual representa un riesgo importante de una descarga electrostática de una persona hacia un componente mientras camina transportándolo o al hacer un contacto con el producto.

**Gráfica No. 2. Probabilidad de voltaje al caminar.**

### Walking Voltage Probability



Voltage [V]	110.18	118.64	127.10	135.56	144.01	152.47	160.93
Probability [%]	99.87	97.72	84.13	50.00	15.87	2.28	0.13

Otro ejemplo puede ser un componente al ser introducido en una bolsa y entrar en contacto con el plástico, o bien, al resbalarse dentro de la bolsa genera carga electrostática. Lo mismo ocurre con un rack o tubo al entrar en contacto con otro elemento, siendo la magnitud de carga electrostática diferente en cada caso.

El resultado de crear carga electrostática por contacto y separación es conocido como carga triboeléctrica (EDS, 2001), la cual involucra la transferencia de electrones entre materiales. Los átomos de un material sin carga electrostática tienen la misma cantidad de carga positiva (protones) y carga negativa (electrones) en su núcleo. Cuando los átomos de dos materiales sin carga se ponen en contacto, al separarlos uno quedará cargado negativamente al ganar carga, mientras que el otro quedará cargado positivamente al perder carga.

La transferencia de carga es mucho más compleja de lo que se mencionó anteriormente, ya que este proceso se ve afectado por el área de contacto, la velocidad de

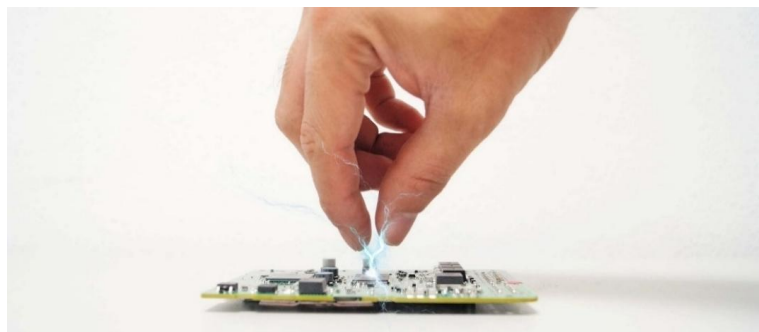
contacto y separación, la humedad relativa, y otros factores. Una vez que se crea carga en la superficie de un material, se convierte en “carga electrostática”, la cual puede ser transferida a otro material creando una descarga electrostática (ESD, 2001).

Las descargas electrostáticas se pueden presentar en tres modelos, que son los siguientes:

*a. Human Body Model (Modelo Cuerpo Humano)*

El modelo de cuerpo humano se utiliza con frecuencia para caracterizar la susceptibilidad de un componente electrónico a ser dañado por una descarga electrostática (ESD). El modelo es una simulación de una descarga cuyo poder ocurre cuando una persona toca un componente electrónico. En la imagen 1, que se presenta a continuación, se simula el evento ESD conocido como HBM (Modelo Cuerpo Humano).

**Imagen 1. Simulación del evento ESD conocido como HBM (Modelo Cuerpo Humano)**



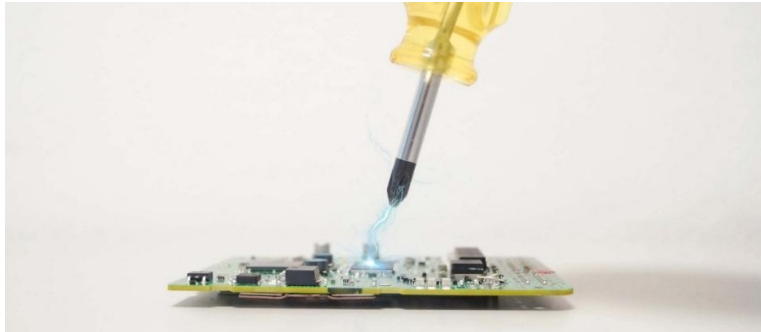
La causa más común del daño electrostático es la transferencia directa de cargas electrostáticas del cuerpo humano o un material cargado a un dispositivo sensible a descargas. El simple contacto de un dedo permite la descarga del cuerpo humano al componente causando daños latentes o catastróficos.



*b. Machine Model (Modelo Máquina).*

Una fuente de daños por el modelo maquina históricamente se describe como una rápida transferencia de energía a los cables conductores del dispositivo.

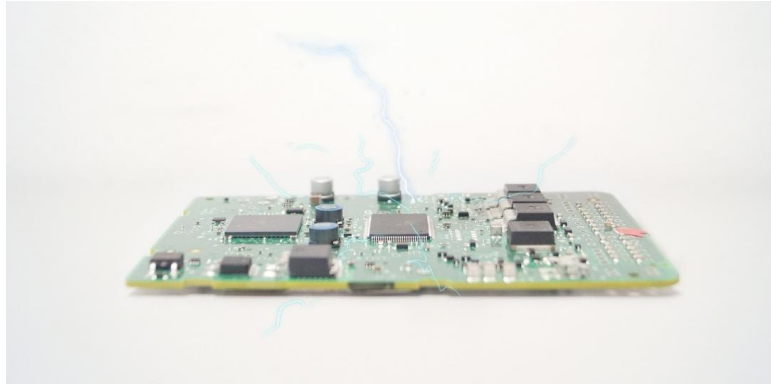
**Imagen 2. Simulación del Machine Model (Modelo Máquina).**



*c. Charge Device Model (Modelo de Dispositivo Cargado).*

El CDM es un modelo que caracteriza la susceptibilidad de un componente electrónico para daños por descarga electrostática (ESD). Los dispositivos que son clasificados de acuerdo al CDM son expuestos a una carga en un nivel de voltaje estandarizado, y luego a prueba de supervivencia; si resiste el nivel de tensión, se prueba en el siguiente nivel. Esto se realiza hasta que el dispositivo falla. La carga estática puede acumularse en dispositivos sensibles a ESD por sí sola a través de la manipulación o contacto con materiales de empaque, superficies de trabajo o superficies de la máquina.

**Imagen 3. Simulación del Modelo de Dispositivo Cargado (CDM).**



Todos los materiales se pueden cargar por cargas electrostáticas, incluyendo el agua o partículas de suciedad en el aire. Sin embargo, la cantidad de carga generada, el destino de la carga y su velocidad, están en función de las características eléctricas de los materiales.

Para el control de descargas electrostáticas, los materiales se pueden clasificar de la siguiente manera (ANSI/ESD, 2002):

- **Materiales aislantes:** Este tipo de material limita o nulifica el flujo de electrones en su superficie o a través de ellos. Los materiales aislantes tienen una resistencia extremadamente alta, generalmente mayor a  $1\text{ T}\Omega$ ,<sup>2</sup> ya que un material aislante difícilmente permite el flujo de electrones, cargas positivas y negativas pueden permanecer en un material aislante en diferentes partes del material. Como no existe flujo de carga en estos materiales, tanto las cargas positivas como las cargas negativas pueden permanecer por largo tiempo.
- **Materiales conductivos:** Este tipo de material tiene una resistencia eléctrica baja, lo cual permite que los electrones fluyan fácilmente en la superficie o volumen. Los materiales conductivos tienen baja resistencia

---

<sup>2</sup> Un Tera ohm ( $\text{T}\Omega$ ) equivale a un millón de millones de ohms ( $10^{12}$ ).

eléctrica, regularmente menor a 1 k $\Omega$ .<sup>3</sup> Cuando un material conductor se carga eléctricamente, la carga se distribuye uniformemente a través del material. Si el material conductor cargado se pone en contacto con otro conductor, los electrones se transferirán entre los materiales rápida y fácilmente. Si el segundo material conductor se encuentra aterrizado, los electrones fluirán a tierra y el exceso de carga en el conductor será neutralizado. Las cargas electrostáticas en conductores pueden ser creadas por triboelectricidad de la misma manera que en materiales aislantes. Mientras el conductor se encuentra aislado de otros conductores o de la tierra, la carga electrostática permanecerá en el conductor.

- **Materiales disipativos:** Los materiales disipativos tienen una resistencia intermedia entre los materiales conductivos y los materiales aislantes 10 k $\Omega$  a 1 T $\Omega$ . En ellos, los electrones pueden fluir de manera controlada en su superficie o a través de ellos. La transferencia de carga en este tipo de material es mucho más rápida que en materiales aislantes y mucho más lenta que en materiales conductivos.

Ahora bien, los daños por descargas electrostáticas pueden suceder en cualquier punto de manufactura o servicio de campo. Los daños pueden ser causados por manejos inadecuados o por controles nulos o inexistentes. Generalmente, los daños causados por descargas electrostáticas pueden ser clasificados en fallas catastróficas o latentes. A continuación se describen estos tipos de falla con mayor detalle:

---

<sup>3</sup> Un kilo ohm (k $\Omega$ ) equivale a mil ohms (10<sup>3</sup>)

- **Fallas catastróficas:** Ocurren cuando un componente electrónico es expuesto a una descarga electrostática, y éste deja de funcionar permanentemente. El circuito eléctrico se encuentra dañado completamente y puede ser detectado en pruebas previas al embarque. Si el evento ocurre después de las pruebas, el daño no será detectado hasta que falle en la operación.
- **Fallas latentes:** Estas fallas son más difíciles de identificar. En este caso, un componente es expuesto a un evento de descarga electrostática y éste se encuentra parcialmente degradado, pero aún funciona. La vida de operación del componente se ve dramáticamente reducida. Un producto o sistema experimentará fallas prematuras después de que es usado en campo. Éste tipo de fallas son usualmente costosas para reparar y pueden crear riesgos personales. Este defecto es extremadamente difícil de detectar o probar con la tecnología actual, especialmente después de que un componente ha sido ensamblado en un producto terminado (EDS 2001).

- **Control de la electrostática y protección EDS.**

El daño en los componentes sensibles a electrostática por un evento de descarga electrostática está determinado por la habilidad de disipar la energía de una descarga o de resistir los niveles de voltaje involucrados. Definir la sensibilidad de descargas electrostáticas de los componentes electrónicos es el primer paso para determinar el grado de protección que se requiere. Estos procedimientos están basados en modelos de eventos

ESD que ayudan a definir la sensibilidad de componentes a una descarga electrostática (ESD, 2001).

Muchos componentes electrónicos son susceptibles a daños por descargas con un bajo nivel de voltaje. Igualmente, numerosos componentes son susceptibles a daños con rangos de voltaje menores a 100 V, y para mostrar su impacto, se puede citar como ejemplo que una gran cantidad de discos duros cuentan con una sensibilidad menor a 10 V. Actualmente la tendencia del diseño de productos y el desarrollo de circuitos integrados es integrar más circuitería en pequeños componentes, incrementando su sensibilidad, lo cual incrementa el problema de las descargas electrostáticas.

- **Principios básicos para el control de electrostática**

Los principios básicos para el control de la electrostática son el diseño de productos y ensamblajes inmunes a las cargas, definir los niveles de control requeridos, identificar áreas protegidas de las cargas y, finalmente, eliminar la fuente de las cargas electrostáticas. (ANSI/ESD, 2002). Estos principios describen con mayor detalle a continuación:

1. **Diseñar productos y ensamblajes inmunes a los efectos de una descarga electrostática.** Esto involucra algunos conceptos como no usar componentes sensibles a descargas electrostáticas o proveer la protección necesaria en los componentes, tarjetas electrónicas, ensamblajes y equipos. Para los ingenieros y diseñadores, la paradoja consiste en que conforme la tecnología avanza se requieren componentes más pequeños, con figuras geométricas que frecuentemente son más susceptibles a una descarga electrostática.

2. **Definir los niveles de control que se requieren en el área de trabajo.** Determinar la susceptibilidad de los componentes que se están usando, los que se están manufacturando y empacando. Las normas actuales (ESD ANSI 20.20) establecen los controles adecuados para contar con un programa de control para manejar componentes con sensibilidad menor a 100 V Modelo Cuerpo Humano. Cada ambiente de trabajo es diferente.

3. **Identificar y definir las áreas protegidas de descargas electrostáticas.** Estas son las áreas donde se manejarán partes sensibles a descargas y las áreas donde se necesitarán aplicar los controles de descargas electrostáticas.

4. **Eliminar y reducir la generación.** El cuarto principio de control es eliminar o reducir la generación y acumulación de cargas electrostáticas en primer lugar. Es muy básico: no hay carga, en consecuencia no habrá descargas. Reduciendo tanta carga electrostática como sea posible en materiales, procesos, como es el contacto y separación, o retirar materiales plásticos de las áreas de trabajo. Mantener otros procesos y materiales al mismo potencial eléctrico evitará eventos de descarga electrostática. Para mantener el mismo potencial en el control de electrostática, se han provisto puntos de aterrizaje, como pulseras de aterrizaje, pisos conductivos, zapatos especiales, y superficies de trabajo para reducir las cargas generadas y su acumulación.

5. **Disipar y neutralizar, ya que eliminar la generación de cargas electrostáticas no es una tarea sencilla.** El quinto principio se refiere a disipar y neutralizar aquellas cargas electrostáticas que ocurrirán. Para aquellos materiales aislantes como plásticos comunes y otros aislantes, el aterrizaje no eliminará la carga electrostática ya que no hay camino de aterrizaje. Comúnmente la ionización

es utilizada para neutralizar cargas en este tipo de materiales aislantes. La ionización produce cargas positivas y negativas que son atrapadas en la superficie del material cargado eléctricamente. De este modo se neutraliza efectivamente la carga electrostática.

**6.- Proteger los productos.** El último principio de protección es prevenir descargas que ocurren en el manejo de las partes o ensamblajes. Un método para lograrlo es proveer de conexión a tierra a los componentes o disipar las cargas; otro método consiste en empaquetar y transportar los componentes sensibles en empaques adecuados y manejar los componentes con los controles adecuados. Estos materiales pueden blindar el producto de cargas, así como disminuir la generación de cargas causadas por el movimiento del producto dentro de contenedores.

En cuanto a los principios básicos para contar con un programa de control de electrostática ANSI/ESD (2002), considera los siguientes:

1. Establecer un coordinador ESD y equipos ESD. De esta manera se asegura que se de seguimiento a la implementación, mantenimiento y mejora de los controles ESD.
2. Evaluar la organización, instalaciones, procesos y pérdidas. De esta manera se conocerá el ambiente de trabajo y el impacto que puede tener una descarga. Se debe contar con personal, equipo de medición, materiales para identificar campos electrostáticos en el área. A su vez, se deben analizar los reportes de calidad, rendimiento de producción, etc., de tal manera que se puedan enfocar los esfuerzos al área que se requiere.

3. Establecer la documentación adecuada. Establecer un programa de control ESD. El plan debe contar con un alcance, preparar y distribuir procedimientos escritos, así como especificaciones para que a todos les resulte claro lo que se hará.
4. Generar justificación para obtener el soporte de la Dirección. Para que un programa sea exitoso se debe de contar con el soporte de la Dirección.
5. Definir un plan de capacitación. Mantener al personal capacitado sobre el programa de control de electrostática y procedimientos.
6. Desarrollar, implementar y mantener un plan de verificación. Esto es importante para mantener, auditar, analizar, realimentar y mejorar los controles contra la electrostática. La realimentación para los involucrados y para la gerencia es muy importante, de tal manera que se refuercen aquellas áreas de oportunidad. Conducir evaluaciones periódicas nos indicará los aspectos que deben mejorarse, incluso en el plan de verificación.

Algunos de los controles que deben estar integrados en el plan de verificación son:

- Aterrizaje. Este es el principal método de control, ya que mantiene el mismo potencial eléctrico en el área de trabajo; por absurdo que parezca, implica aterrizar todo lo aterrizable (materiales conductivos y disipativos). Algunos elementos son:
  - Piso.
  - Pulseras de aterrizaje.
  - Tapetes.
  - Calzado, taloneras.
  - Vestimenta.
- Empaque.



- Ionización.
- Identificación.
- Entrenamiento.
- Superficies de trabajo.

Un proyecto de mejora enfocado a temas de prevención de descarga electrostática siempre se referirá a minimizar los riesgos que se toman para tener un evento de descarga electrostática, que pueda ocasionar un daño latente que concluya en un EOS, y finalmente con un defecto con el cliente fallando en la aplicación final.

Dados los distintos elementos que pueden causar una falla que se pueden generar por una descarga electrostática, se seleccionó el elemento más crítico que tiene una interacción frecuente con el personal y contacto íntimo con el producto, que representa un desgaste continuo: el uso de fuentes y puntas de caudín.

El proyecto de mejora relacionado con las fuentes de caudín y la resistencia en la punta de caudín tiene como objetivo tener un mayor control y que se elimine el uso de puntas de caudín con resistencia alta.

## **2.2 Marco académico.**

Un antecedente a este trabajo de estudio es el reporte: “Effective ESD Control Programs”, publicado por ESD Association (2004), el cual muestra los seis elementos que son críticos para el éxito de implementar un programa de control para descargas electrostáticas:

1. Establecer un coordinador de ESD y equipos de ESD.
2. Auditar la organización, instalaciones, procesos y pérdidas.

3. Establecer y documentar un plan de control para el programa de prevención de descargas electrostáticas.
4. Tener el soporte de la gerencia.
5. Definir un plan de entrenamiento.
6. Desarrollar e implementar un plan de cumplimiento de verificación

El artículo: “Mastering ESD Control in Automated Handling Systems”, de Taplett (2008), considera un antecedente que explica la importancia del control de descargas electrostáticas, ya que resulta vital para mantener un nivel alto de *first pass yield* en la producción.

El control de descargas electrostáticas debe asegurar que el manejo automático de ESDS con brazos robóticos, prensas automáticas, colocación superficial de componentes, de manera que sean capaces de manejar componentes altamente sensibles, principalmente en este tipo de maquinarias, ya que pueden procesar entre 4,000 a 20,000 componentes en una hora o más a estas velocidades equipos con poco diseño para la prevención de descargas, lo que permite que los componentes se carguen, por lo que maneja una cantidad importante de componentes se puede dañar en un tiempo muy corto.

El documento indica que las descargas electrostáticas generan una importante cantidad de interferencia electromagnética; el EMI causado por una ESD es suficientemente poderosa para interrumpir la operación de los equipos, y puede causar una variedad de problemas operativos, como detener los procesos de producción, apagones, fallas de software, fallas en pruebas y calibraciones erróneas, así como mal manejo.

De los tres tipos de modelos de una descarga electrostática se ha identificado que solo el 0.10 % de las fallas son causadas por el Modelo Cuerpo Humano, ya que los controles para el personal se encuentran suficientemente robustos.

Por otra parte, los controles para el Modelo Maquinaria, no se encuentran suficientemente robustos. Esto se refiere a que las máquinas se encuentren correctamente aterrizadas, y el manejo de componentes no genere cargas electrostáticas aun cuando los procesos se encuentren en movimiento o se estén procesando.

Para prevenir o reducir los daños por equipo, la maquinaria se debe aterrizar correctamente mientras esté en movimiento. Todos los equipos y partes que estén en contacto con los componentes sensibles, deben tener un contacto firme a tierra para disipar la carga acumulada

En el artículo: “ESD Control for Class 0 ESDS Devices” de Pierce (2008), se explica que debido a que la evolución de los componentes es extremadamente rápida, las organizaciones se deben preparar para la clase 0 de componentes, estos son componentes que se pueden dañar con una descarga electrostática entre 20 V y 100 V. Algunos de esos controles son los siguientes:

1. Control de humedad.
2. Piso ESD.
3. Carros ESD.
4. Sillas ESD.
5. Superficies de trabajo ESD.
6. Botes de basura.

7. Herramientas para protección ESD.
8. Empaque de protección ESD.
9. Aterrizaje de personal.
10. *Shunt* < 100 V ESDS *devices*.
11. Ionizadores.
12. Papeles de trabajo (papel especial de trabajo).
13. Batas de protección de ESD.
14. Diseño de producto de plástico común.
15. Disciplina para temas de ESD.
16. Guantes de protección ESD.
17. Reglas 12 pulgadas de distancia de materiales que generan cargas electrostáticas, incrementarla a 18 pulgadas.
18. Cuidado en bandas transportadoras.
19. Eliminación de materiales aislantes, en operaciones donde no sea estrictamente necesarias.
20. Revisiones diarias de los operadores.

Finalmente, el artículo: “Compliance Verification” de Swenson (2006), abarca un punto medular en el cumplimiento con el programa de descargas electrostáticas, indicando que deben tener información detallada de quién, qué, dónde, cuándo y cómo se deben realizar las pruebas técnicas. Después de tener ese plan detallado se debe verificar que el sistema esté funcionando, con el fin de tener un mejor control, principalmente en aquellas organizaciones muy grandes donde una sola persona no puede ejecutar el plan de verificación.

Se recomienda ampliamente que las áreas más críticas se midan con mayor frecuencia, y las revisiones de rutina se hagan con una frecuencia cuatrimestral, mientras que todos los elementos de toda la organización se midan anualmente.

### **2.3 Marco contextual.**

La industria automotriz se caracteriza por ser una industria que es punta de lanza en cuanto a innovación, desarrollo, solución y prevención de problemas, así como la optimización de recursos para la fabricación de sus productos. Uno de los retos que enfrenta es hacer más eficiente el consumo de energéticos para movilizar al mundo.

Para este proyecto de mejora se seleccionó a la empresa Continente.<sup>4</sup> La evolución de la compañía Continente (corporativo) se presenta en el siguiente diagrama:

**Figura 1. Evolución de la compañía en estudio.**

---

<sup>4</sup> Para proteger el nombre de la empresa por cuestiones de privacidad se ha omitido el nombre real de la empresa. En adelante se me referiré a ella con el nombre de “Continente”.



Fuente: Empresa en estudio

La fecha de fundación de la planta en el Parque Industrial Cuautla fue el 15 de mayo de 1983. Los sucesos que dieron paso a la empresa que se conoce hoy en día son los siguientes:

La empresa Continente inició con la venta de equipo electrónico de telecomunicaciones y de medición para la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Comisión Federal de Electricidad y Petróleos Mexicanos entre otros.

Posteriormente tuvo la oportunidad de obtener un proyecto para la venta de un módulo para la industria automotriz, el cual es un módulo electrónico que genera el alto voltaje para crear la chispa en la bujía de encendido, que a su vez produce la explosión de la mezcla de aire y gasolina en cada cilindro del auto, y además así se elimina el uso de los platinos en el distribuidor de encendido.

El módulo que se menciona anteriormente trabaja en sincronía con el cerebro del auto conocido por las empresas ensambladoras autos como control de inyección de gasolina.

Una empresa alemana ensambladora de autos (ubicada en Puebla capital) lanzó el concurso para la fabricación del módulo de inyección de gasolina, el cual fue ganado por Continente Cuautla con el fin de reducir los costos logísticos, razón por la cual en el año de 1992 la empresa Continente formó una alianza con la empresa Olimpo,<sup>5</sup> la cual tiene experiencia en la fabricación de módulos electrónicos.

Al iniciar las operaciones se tenían metas de producción de cuatrocientos ochenta módulos de inyección de gasolina diarios; pero la planta en sus inicios solo producía entre 20 y 40 con calidad aceptable. Un día se producían 90 y hubo celebración en el piso de producción, meses después se estarían produciendo dos mil módulos diariamente con muy buena calidad.

---

<sup>5</sup> Para proteger el nombre de la empresa por cuestiones de privacidad se ha omitido el nombre real de la empresa.

Al obtener estos buenos resultados, el negocio con la empresa armadora poblana mejoró notablemente, lo que dio pauta a iniciar nuevos negocios entre la empresa Continente y la empresa Negro & Decker.<sup>6</sup> El contrato con esta empresa incluía la fabricación de módulos de control para un tostador de pan y una cafetera eléctrica.

Como se puede ver, desde un inicio la empresa ha utilizado componentes sensibles a descargas electrostáticas, pero el incremento en la sensibilidad obligó a la compañía a mejorar sus controles y a implementar mejores prácticas.

### **2.3.1 Misión y visión.**

Misión: En la empresa Continente participamos para que la movilidad sea más segura y más confortable, suministrando a nuestros clientes del sector automotriz productos innovadores fabricados en México de excelente desempeño a precios competitivos.

Todo ello en el marco de la mejora continua, apoyándonos en nuestros valores y asegurando un futuro brillante para nuestro corporativo, nuestros trabajadores y la comunidad.

Visión: Seremos la planta modelo del grupo Continente y el proveedor preferido de nuestros clientes.

### **2.3.2 Filosofía.**

La filosofía de la empresa en estudio considera una cultura de alto rendimiento:

---

<sup>6</sup> Para proteger el nombre de la empresa por cuestiones de privacidad se ha omitido el nombre real de la empresa. Durante el proyecto se nombrará Negro & Decker.



Nuestra cultura recompensa la excelencia. Nuestro énfasis por obtener un alto rendimiento inspira las acciones de cada individuo, así como a los equipos y divisiones de toda la comunidad Continente.

Aspirando a lo mejor. Sólo lo mejor es suficientemente bueno. Continente tiene objetivos ambiciosos. Por esta razón, cada uno de nosotros aspira a lo mejor ejerciendo las funciones de su respectivo campo. Somos responsables de aceptar sólo lo mejor.

Cooperación y trabajo en equipo. Cooperamos mutuamente. El espíritu de colaboración guía a todos los equipos, niveles y divisiones dentro del Grupo.

Inspira las buenas relaciones entre la dirección, los empleados y sus representantes. Constantemente aprovechamos las oportunidades que nos ofrece nuestra red global para forjar vínculos personales más estrechos, tanto a nivel interno como externo.

Nuestro rendimiento depende de la mutua cooperación. Todos los empleados reconocen formar parte de una empresa que opera a nivel global y cuyo negocio requiere equipos de trabajo amplio y multicultural.

Para crear el espíritu de cooperación, hemos desintegrado la burocracia y las jerarquías. Promovemos una filosofía que alienta la delegación y recompensa el espíritu empresarial. Nos comunicamos de forma abierta y activa. Contemplamos la información como algo que nos pertenece a cada uno de nosotros.

Responsabilidad y dirección. Cada uno tiene que ser responsable de sus actos. Los empleados de Continente toman la responsabilidad completa de sus actos y de su trabajo en cualquier momento. Contamos con que todos los trabajadores den la bienvenida a la crítica

constructiva, agradezcan las sugerencias de otros *stakeholders* (actores involucrados) y logren un mejor rendimiento mediante sus propias ideas.

Cada empleado es consciente de que, tanto para los *stakeholders* como para el público, él determina en parte la reputación de Continente.

Contamos con que los directores de todas las áreas y todos los niveles fomenten un estilo de gestión cooperativa que alienta a delegar y tomar responsabilidades.

Los directivos abrazan su función modelo y son juzgados de acuerdo a nuestros estándares de dirección.

Aprender y gestionar el conocimiento. La ventaja competitiva se basa en la ventaja del conocimiento.

Continente es un Grupo que aprende. Hacemos que el conocimiento sea accesible en todas las partes del Grupo, de modo que directivos y empleados puedan adaptarse por un igual y de forma rápida a los ambientes en transformación, y forjen y participen en mercados.

Alentamos a cada uno de los empleados a aprender continuamente de por vida. Desarrollamos iniciativas para facilitar el intercambio de conocimiento y la adquisición de habilidades técnicas a nivel interno y con nuestros socios fuera del grupo.

### **2.3.3 Política y modelo de calidad.**

La Política de Calidad es un claro indicio de una organización muy comprometida con la calidad; en primer plano se encuentra la satisfacción de los clientes, como base del éxito de la organización, incluyendo a su personal como fuente de calidad y toma de buenas

decisiones, considerando las diversas áreas para fomentar un espíritu de calidad desde el inicio.

**Figura 2. Modelo de calidad.**



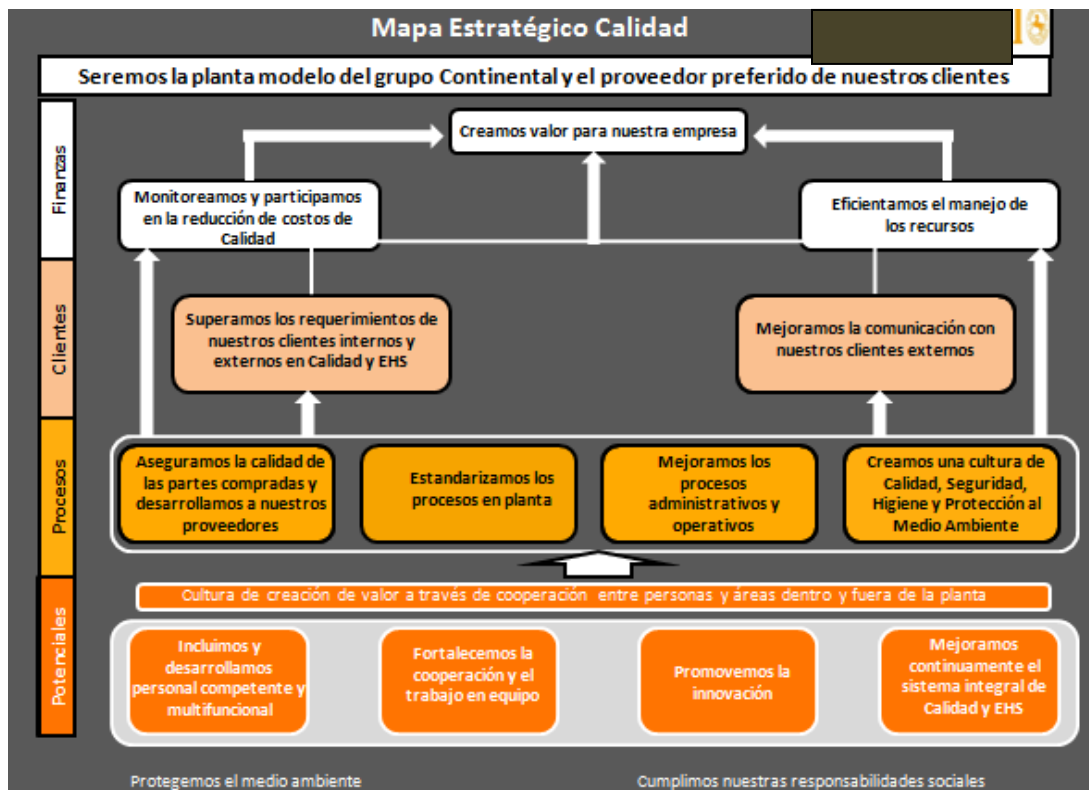
Fuente: Empresa en estudio

El modelo de calidad de la organización Continente se podría describir de la siguiente manera:

- **Descendente.** Todas las iniciativas surgen de las Unidades de Negocios y se trasladan a la gerencia.
- **Basado en el cliente.** En esta organización como en toda la industria automotriz, deben cumplirse todos los requerimientos de los clientes.
- **De afuera hacia adentro.** Es una industria que recaba las mejores prácticas de todas las demás.
- **Abierto.** Al complementarse con diferentes lineamientos se convierte en un modelo abierto.

- **Obligatorio.** El modelo de Calidad en la organización es obligatorio para poder obtener las certificaciones correspondientes.
- **Balanceado.** Cuenta con la misma cantidad de elementos, y se utilizan los mismos colores para generar una clara identificación del mismo.

Figura 3. Mapa estratégico de calidad.

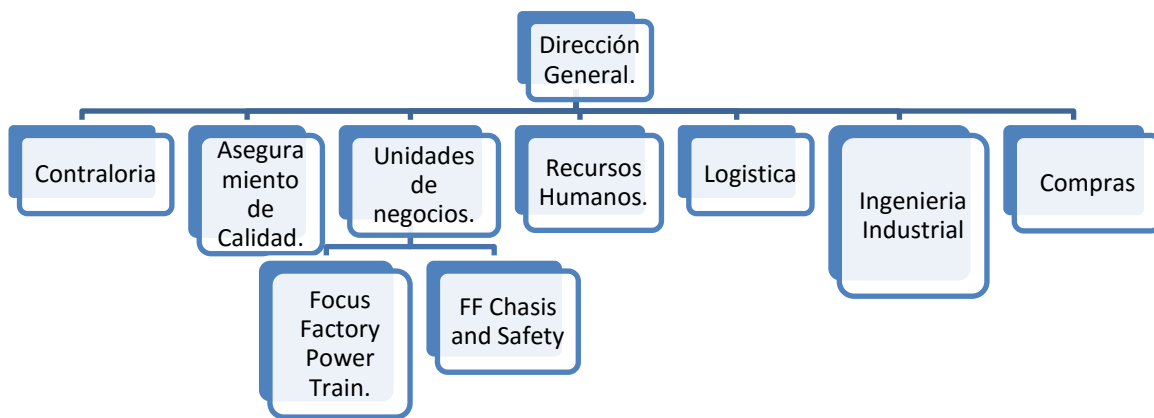


Fuente: Empresa en estudio.

### 2.3.4 Estructura organizacional.

Debido a que la organización es muy grande, para fines de este trabajo se establecerán únicamente los diferentes departamentos que ahí operan.

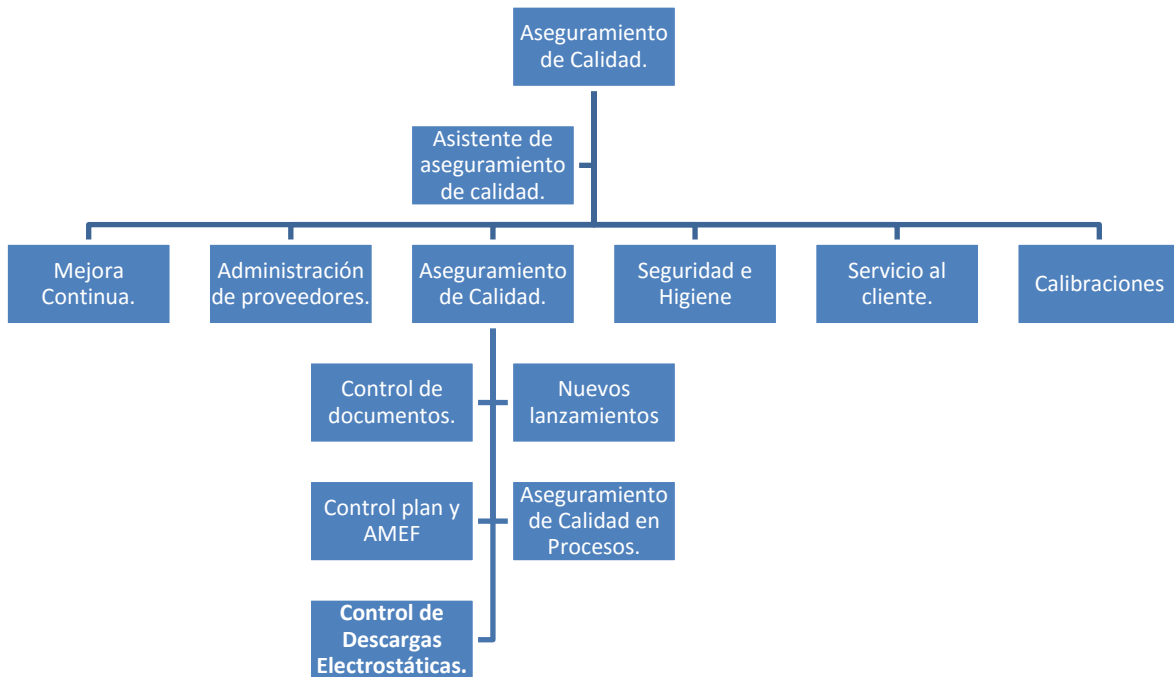
Figura 4. Estructura organizacional.



Fuente: Empresa en estudio.

Para el departamento de calidad las funciones se encuentran divididas como se muestran en el organigrama siguiente.

**Figura 5. Departamento de calidad.**



Fuente: Empresa en estudio.

El desarrollo del proyecto es una actividad compartida entre los requerimientos y verificaciones establecidos por el departamento de aseguramiento de calidad y la responsabilidad de mantener el control óptimo por las funciones de cada una de las plantas productivas.

## **CAPITULO 3.**

### **INTRODUCCIÓN AL PROYECTO DE MEJORA.**

#### **3.1 Situación actual.**

Las puntas de cautín son un elemento de trabajo esencial, utilizadas para realizar retoques de soldadura y para la realización de retrabajos.

Este tipo de actividad se encuentra restringido al personal que cuenta con la capacitación suficiente para poder ejecutar la misma. Esta capacitación contempla desde la determinación o identificación de un defecto, su retrabajo, su autorización, el manejo de fuentes y puntas de cautín.

Muchos aspectos en la selección de las fuentes de cautín apropiadas son determinados por los ingenieros de procesos. El aspecto más importante es el control de la temperatura de la punta de cautín, ya que los componentes son sensibles a temperaturas elevadas si esta es aplicada directamente en los pines de comunicación.

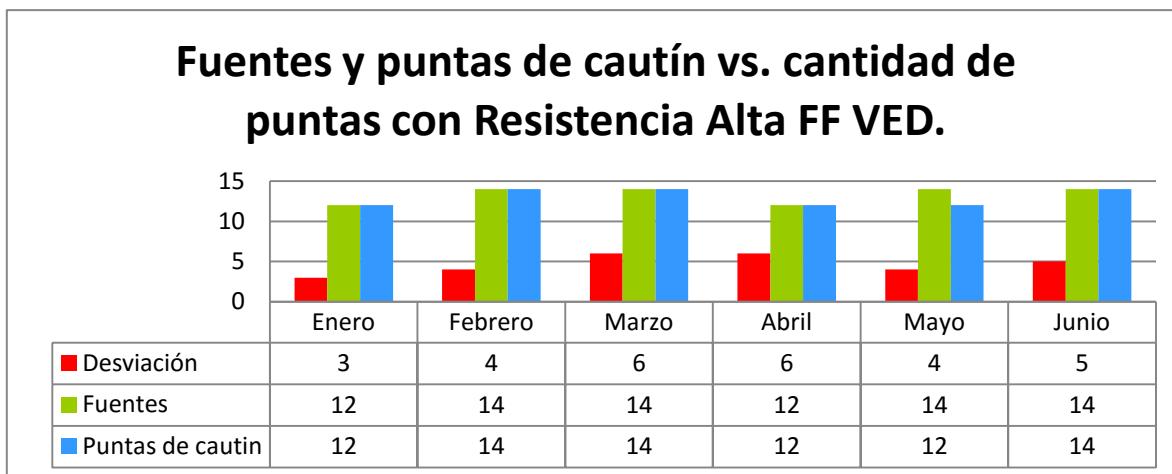
Otro factor muy importante a revisar en estos instrumentos es la resistencia de las puntas de cautín a tierra, la cual debe ser menor a  $2 \Omega$  de acuerdo con la norma ESD ANSI 20.20.

Dado que el proceso de retrabajo de los componentes implica el contacto de dos partes metálicas, como se analizó anteriormente, si estas no se encuentran aterrizadas se corre un riesgo muy elevado de tener una descarga electrostática de gran magnitud, principalmente si la carga se traslada de la fuente de cautín hacía el componente ya que por su propio ensamble cuenta con una gran capacitancia.

Dada la importancia y el gran riesgo de que ocurra una descarga electrostática por el uso inadecuado de estos equipos, es mandatorio por el procedimiento corporativo *Electrostatic Discharge (ESD) Protection in Continente Automotive (CAP1012001-03)* CAP realizar la verificación de estos instrumentos de manera mensual y considerando el cien por ciento de las fuentes de cautín que se encuentren en las áreas de producción.

Los resultados encontrados en las diversas auditorías muestran una cantidad importante de instrumentos con resistencia mayor a  $2\Omega$ . Los datos que se muestran en la tabla 2 son resultados de las auditorías mensuales que se realizan al 100%:

**Tabla 2. Fuentes y puntas de cautín vs. Cantidad de puntas con Resistencia Alta FF VED.**



### 3.2 Descripción del problema.

De acuerdo con la situación observada durante las auditorías de control de electrostático el problema se podría definir de la siguiente manera:



- Durante la verificación mensual ESD de cautines en las mesas de APNC en el FF VED se ha detectado que las puntas de cautín tienen una resistencia mayor a la que indica la norma ( $2\Omega$ ). (*ESD STM 13.1-2000*).
- En promedio el 46 % de las puntas de cautín auditadas presentan una resistencia mayor a  $2\Omega$ , desde enero a julio 2013, de acuerdo a las auditorías ESD mensuales.
- El objetivo al final del proyecto es lograr 0% de desviaciones de auditoría ESD en la resistencia de puntas de cautín.

Como se puede apreciar en la Tabla 2, se cuenta con una incidencia importante de fuentes de cautín con una resistencia mayor a  $2\Omega$  desde el mes de enero al mes de junio con un promedio de fallas detectadas del 46 % durante la verificación mensual. Los resultados mostrados en la tabla 2 son una compilación y análisis de las diversas auditorías realizadas mensualmente.

La forma de acotar mejor el problema se definió de la siguiente manera: Se encontraron 46 % de las puntas de cautín con una resistencia mayor a  $2\Omega$ , de acuerdo a las auditorías internas ESD llevadas a cabo de enero del 2013 a junio del 2013.

### 3.3 Definición de causa raíz

Una vez detectada esta importante falla en estos instrumentos se procedió a realizar un análisis de tres porqués para determinar la causa raíz del problema, el cual se muestra en la siguiente figura:

Figura 6. Causa raíz del problema



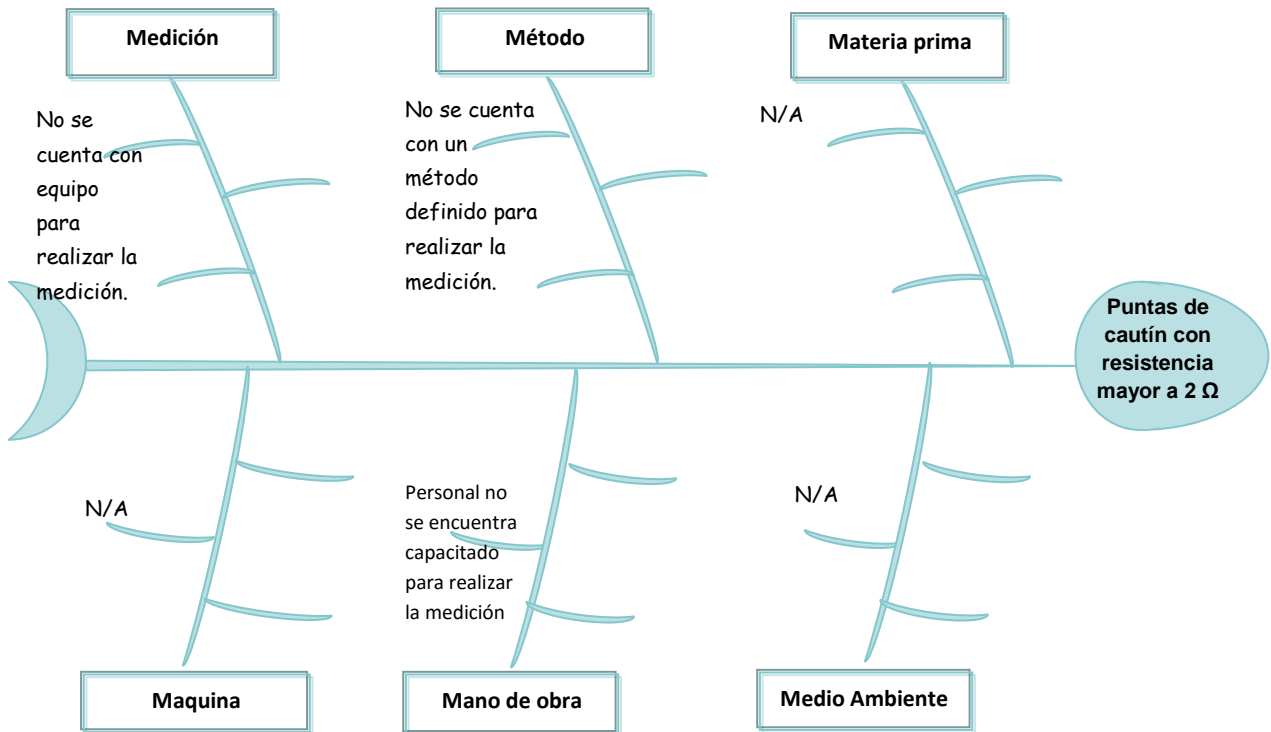
Como se puede apreciar, en el ejercicio anterior se evaluaron tres aspectos fundamentales para mantener un sistema de verificación operando correctamente:

- ¿Por qué sucedió el problema?
- ¿Por qué el sistema no detectó el problema?

- ¿Por qué no se había detectado el problema?

Una vez detectadas las causas de los problemas anteriores se asignaron actividades para mejorar la situación actual.

**Figura 7. Diagrama de pescado**



Una vez aplicadas esas herramientas de calidad se confirmaron las causas sobre las cuales se deben tomar acciones para minimizar el riesgo de causar un defecto en el producto.

### 3.4 Proyecto de mejora.

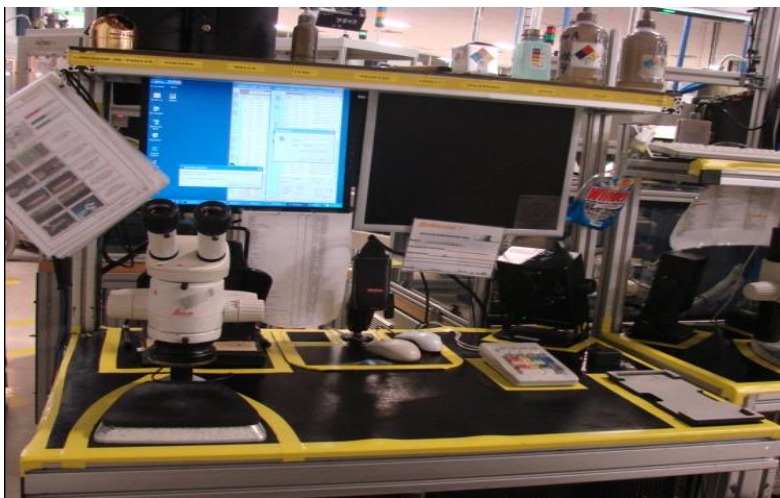
#### 3.4.1 Propuesta de acciones de mejora.

El proyecto de mejora se enfocará en la reducción de puntas de caudín con resistencia a tierra mayor a 2 Ω, para que el personal conozca la importancia de mantener en óptimas

condiciones las puntas de cautín y considere el riesgo que se toma al emplear una punta dañada.

El proyecto se aplicará en todas las fuentes de cautín que se encuentran en la planta de producción, de tal manera que no se tenga la posibilidad de ocupar una fuente de cautín dañada o una punta de cautín con fallas.

**Imagen 4. Mesa de trabajo.**



**Imagen 5. Fuente de cautín.**



Con base en los problemas detectados por medio de la aplicación de herramientas de calidad se determinaron las siguientes acciones:

1. Actualización del *checklist* de liberación ESD.
2. Capacitar al personal durante el curso de “Inducción de ESD” sobre la medición de puntas de cautín.
3. Capacitar al personal durante el curso de “IPC 610” (Inspección de soldadura y retrabajo) sobre el correcto uso de las puntas de cautín, así como su mantenimiento frecuente.
4. Desarrollar un método para la constante verificación de puntas de cautín.
5. Desarrollar un equipo para realizar la verificación de puntas de cautín.
6. Compra e instalación de equipos de medición de puntas de cautín.
7. Calibración de equipos de medición.

### **3.4.2 Instalación de equipos de medición.**

El equipo de medición que se describe a continuación ha sido desarrollado hasta una etapa de prototipo por el área de análisis de rechazos (pruebas), la cual cuenta con un amplio conocimiento en cuanto a programación y desarrollo de ensamblajes electrónicos.

- **Objetivo del equipo de medición.**

Diseñar y elaborar un equipo automático que realice pruebas para las puntas de cautín, con el propósito de medir la resistencia de la punta y evitar el riesgo de daño a componentes sensibles a ESD, el cual corta el suministro eléctrico de la fuente de cautín cuando la resistencia es mayor a lo especificado.

En caso de que la resistencia sea la correcta, se permite que el equipo opere durante 10 minutos, mientras se hace el retrabajo o retoque. Este periodo es el tiempo promedio que le toma a un operador especializado realizar la tarea.

- **Justificación.**

El equipo de medición desarrollado permite de una manera sencilla que el operador sea capaz de determinar el estado de la punta de cautín con la que realiza su trabajo.

Lo más importante es permitir que cualquier persona que no cuente con conocimientos del control de descargas electrostáticas pueda realizar la medición de la punta y así prevenir su uso cuando ésta se encuentra fuera de rango.

Al final del proyecto se espera el 100% de cumplimiento en los resultados de las auditorías mensuales de puntas de cautín que realiza el departamento de calidad.

- **Beneficios cualitativos.**

Garantizar que siempre se trabajará con puntas de cautín con una resistencia menor a la especificada por la norma ANSI/ESD 20-20.

- **Beneficios cuantitativos.**

- Aumentar el tiempo de vida de las puntas de cautín, ya que una fuente que permanece encendida con la punta conectada sufre un desgaste prematuro.
- Disminuir el riesgo de producir descargas electrostáticas y dañar componentes sensibles a descargas electrostáticas retrabajados.
- Disminuir de costos en energía eléctrica.

- **Funcionamiento del probador.**

Cada punta de cautín será medida por el operador y el resultado será verificado por el probador que determina si esta se encuentra en condiciones para ser utilizada o si se debe rechazar.

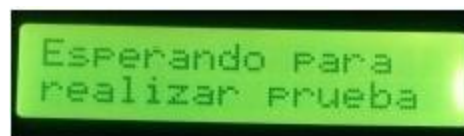
- **Proceso de funcionamiento.**

1.- Presionar el botón de encendido de la fuente y del probador. Una vez hecho esto el probador se queda en espera para realizar la prueba.

**Imagen 6. Fuente y probador.**



**Imagen 7. Indicador en modo de espera.**

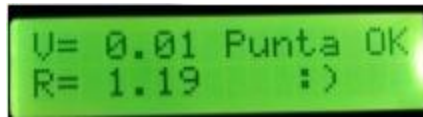


2.- Presionar el botón para empezar la prueba y colocar la punta sobre la placa de cobre estañada.

3.- Si la punta está en condiciones óptimas para utilizarse se enciende un LED verde y el cautín permanecerá encendido durante 10 minutos, al término de este tiempo encenderá el LED amarillo (parpadeando) el probador le pedirá que vuelva a realizar la prueba para cerciorarse de que la punta sigue estando en condiciones de operación aceptables. Durante

el tiempo en el que el probador realiza la prueba el LED amarillo permanece encendido sin parpadear.

**Imagen 8. Indicador en verde.**



**Imagen 9. Indicador en amarillo.**



4.- En caso de que la punta presente una resistencia mayor a  $2\Omega$  el probador encenderá una un LED rojo y deshabilitará la alimentación de la fuente del caudín, esperando a que vuelva a realizar la prueba con una punta nueva.

**Imagen 10. Indicador en rojo.**



### **Calibración de equipo de medición.**

El equipo, como todo equipo de medición que puede afectar la calidad del producto, debe ser calibrado. Como se puede ver en la imagen 11, el equipo se encuentra calibrado, lo que indica que el equipo puede repetir una medición contra un patrón o década de resistencias.



**Imagen 11. Equipo calibrado.**



- **Calidad de las mediciones.**

Es frecuente que al realizar una medición a cierta variable se esté tentado a creer ciegamente en los números que se generan, sin detenerse a cuestionar su calidad, y sin preguntarse cuál es el posible error que ese número trae consigo. Esta creencia no es correcta, puesto que si las mediciones tienen un error grande, los datos obtenidos serán engañosos y las decisiones que de ahí se deriven pueden ser incorrectas. Por ejemplo, uno de los efectos más inmediatos de las malas mediciones es que puede ocurrir que un artículo considerado defectuoso sea en realidad bueno, o que uno considerado bueno sea en realidad defectuoso.

La solución integral a la problemática planteada durante este ejercicio considera las 6 M, y en consecuencia se debe determinar que la medición (el instrumento), cuenta con una variabilidad aceptable.

En particular, las fuentes principales que contribuyen al error del proceso de medición son el equipo de medición, los operadores (reproducibilidad) y la variación dentro de la muestra. La variabilidad del equipo se divide a su vez en los siguientes componentes:

- Calibración: La exactitud y linealidad del instrumento.
- Estabilidad: El cambio de instrumento con el transcurso del tiempo.
- Repetibilidad: La variación observada cuando un operador mide de manera repetida la misma pieza con el mismo instrumento.
- Linealidad: La exactitud a lo largo del rango de operación del instrumento, por ejemplo en el caso de una báscula que mide un rango de 0 a 100 kilogramos, interesa que sea exacta en todo este rango.

La variación dentro de la muestra es una variación dentro del mismo objeto a medir, y se presenta en los objetos que, por su naturaleza, tienen cierta heterogeneidad en sus superficies, dimensiones, etc. Por ejemplo, si se requiere medir un diámetro interior con un calibrador con vernier, entonces la medición variará ligeramente dependiendo de dónde y cómo se coloque el vernier. Otro caso se da cuando se requiere medir la rugosidad de una superficie, que puede variar de una zona a otra de la misma pieza.

Por lo que respecta a la repetibilidad y la reproducibilidad, durante el estudio R&R se evalúa de modo experimental qué parte de la variabilidad total observada en los datos es atribuible al error de medición; además, permite cuantificar si este error es mucho o poco en comparación con la variabilidad del producto y con las tolerancias de la característica de calidad que se mide.

Las fuentes de variabilidad que se pueden evaluar en un estudio R&R largo son: variabilidad del producto, del instrumento y de los operadores.

Con el fin de realizar la validación del equipo, se llevó a cabo un estudio de repetibilidad y reproducibilidad, para poder detectar las variaciones dadas por el operador y/o el sistema de medición.

El procedimiento que se siguió para realizar el estudio anteriormente mencionado consideró los siguientes puntos:

1. Se seleccionan tres operadores para la realización del ejercicio.
2. Se seleccionan diez puntas con resistencias que abarcarán todo el espectro de medición que estén cerca del límite superior ( $10 \Omega$ ).
3. Cada operador realiza la medición (tres veces cada uno).
4. Se identifican las muestras que serán medidas.
5. Se ejecutan las mediciones por parte de los operadores, entregándolas en un orden aleatorio cada una. Una vez que terminen las 10 muestras, se aleatorizan nuevamente las partes para volverlas a medir, hasta cumplir los 3 ciclos con cada operador.
6. Finalmente, se hace el análisis estadístico de los datos, se emite un juicio acerca de la calidad del proceso de medición y se deciden las acciones futuras sobre el mismo.

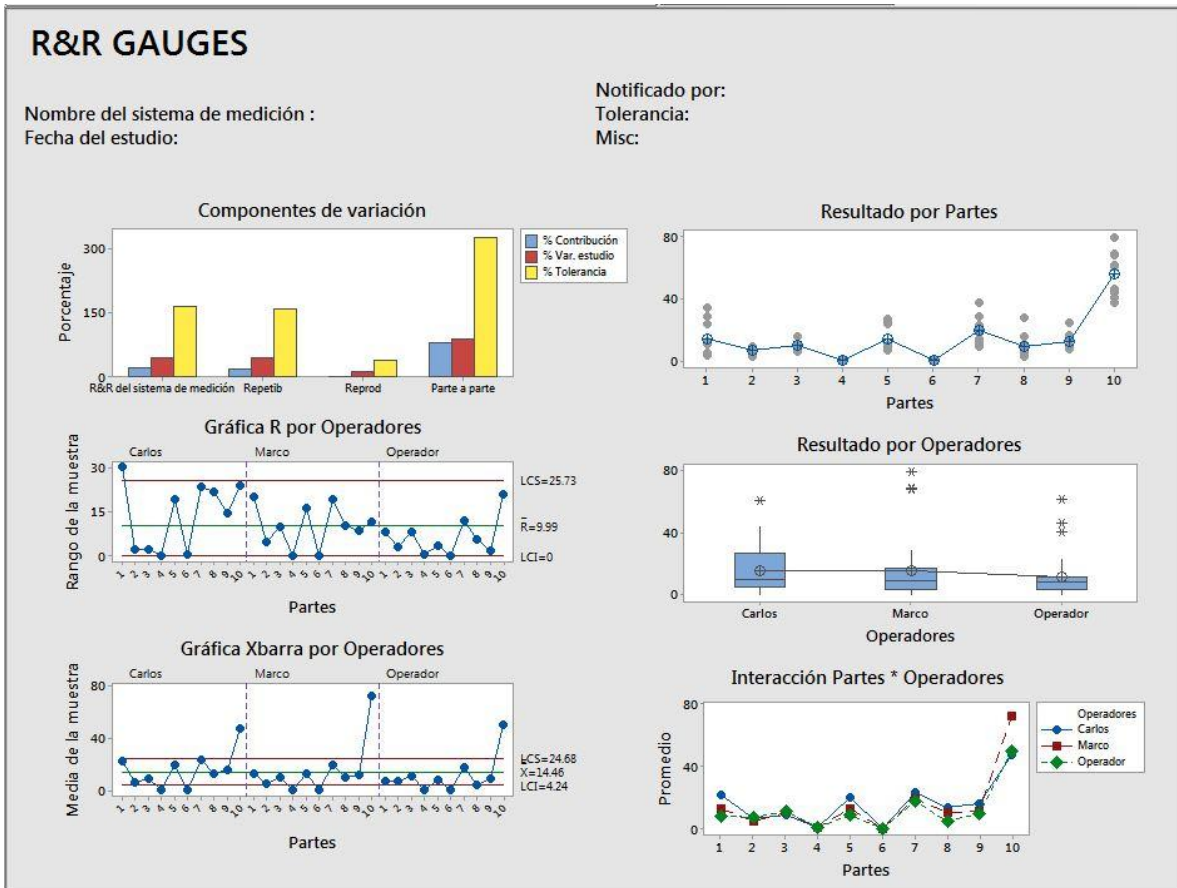
Realizar este estudio permitirá tener un panorama de la variabilidad del sistema de medición; algunas consideraciones importantes al realizar este tipo de estudio es que en las muestras que se medirán no debe variar el valor nominal. En este caso esto no es posible ya que hay variaciones inherentes en las muestras a medir; algunas de ellas son:

- Temperatura de la punta del caudín.
- Superficie del área de contacto.

- Fuerza de contacto entre la punta de cautín y el punto de prueba, entre otras.

Un estudio más confiable pero que no muestra la variación dada por el operador es la calibración, ya que durante esa validación no hay influencia de las variables anteriormente mencionadas. El estudio se resume gráficamente como se muestra en el siguiente cuadro.

**Figura 8. Resumen gráfico del estudio.**



- **Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA.**

**Tabla 3. ANOVA de dos factores con interacción.**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Partes	9	20706.9	2300.77	26.4264	0.000
Operadores	2	330.3	165.13	1.8966	0.179
Partes * Operadores	18	1567.1	87.06	1.7491	0.055
Repetibilidad	60	2986.5	49.77		
Total	89	25590.8			

$\alpha$  para eliminar el término de interacción = 0.05

**Tabla 4. ANOVA dos factores sin interacción.**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Partes	9	20706.9	2300.77	39.4104	0.000
Operadores	2	330.3	165.13	2.8285	0.065
Repetibilidad	78	4553.6	58.38		
Total	89	25590.8			

**Tabla 5. R&R del sistema de medición.**

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	61.938	19.91
Repetibilidad	58.380	18.77
Reproducibilidad	3.558	1.14
Operadores	3.558	1.14
Parte a parte	249.154	80.09
Variación total	311.092	100.00

El límite inferior de tolerancia del proceso es = 0

**Tabla 6. R&R del sistema de medición para Resultado.**

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)	%Tolerancia (VE/Toler)
Gage R&R total	7.8701	47.220	44.62	163.28
Repetibilidad	7.6407	45.844	43.32	158.52
Reproducibilidad	1.8863	11.318	10.69	39.13
Operadores	1.8863	11.318	10.69	39.13
Parte a parte	15.7846	94.708	89.49	327.47
Variación total	17.6378	105.827	100.00	365.92

Número de categorías distintas = 2

Para la aceptación o rechazo de un sistema de medición se deben considerar los criterios que se muestran en la tabla 7..

**Tabla 7. Criterios para la aceptación o rechazo de un sistema de medición.**

	%Contribución (%TV)	P/TV (% Var Estudio) (% R&R)	P/T (%Tolerancia)	Categorías distintas
No hay problema	< 1%	< 10%	< 10%	> 4
Marginalmente Aceptable	1 - 9%	10 - 30%	10 - 30%	3 - 4
No lo utilice	> 9%	> 30%	> 30%	< 3

Como se ha mencionado anteriormente el análisis R&R no es el ideal para determinar si el equipo de medición tiene una variación aceptable, dado que la resistencia de las muestras presentan una variación significativa dependiendo de diferentes causas.

Lo primero que se puede observar en la tabla 5 del estudio es que la variabilidad total del estudio es inferior al 30% de variación total con un 19.91% de variación, lo cual indica que el sistema de medición puede ser aceptable para algunas aplicaciones. La decisión de ocupar el instrumento está sustentado en el hecho de que las muestras medidas varían su valor dependiendo de diversas condiciones.

El siguiente punto a revisar es el número de clases utilizadas, lo cual por recomendación deben ser al menos de 5; en el estudio es posible observar que se tienen 2 clases, lo cual indica que no es el mejor sistema de medición. Este resultado muestra correlación directa con la variación total del estudio.

Continuando con el análisis, es posible observar que el porcentaje de la variación parte a parte representa el 80.09% del total, lo cual es importante ya que esto representa las muestras que son seleccionadas correctamente para realizar el estudio, considerando todo el rango de medición.

La variación entre operadores es del 1.14% al igual que la reproducibilidad, lo que indica que existe poca variabilidad en las mediciones obtenida cuando diferentes operadores miden la misma parte.

La repetibilidad indica la variación de las mediciones obtenida cuando el mismo operador mide la misma parte múltiples veces. Esto nulifica dos fuentes de variación el operador y la parte a medir. En este caso el porcentaje de contribución es del 18.77%, lo cual indica que cuando la variación de la repetibilidad es mayor a la reproducibilidad es necesario considerar los siguientes aspectos:

- El instrumento de medición necesita mantenimiento o calibración.
- Existe variación excesiva entre las partes
- El soporte o la ubicación para la calibración necesita mejorarse.

En este caso y como se ha comentado anteriormente, las partes tienen variación excesiva, lo cual puede comprobarse a través del análisis gráfico utilizando:

- **Gráfico de “Componentes de variación”.**
- Como un buen paso inicial, en este gráfico se puede observar que la mayor variación se encuentra entre parte y parte, dado que las partes han sido seleccionadas de tal manera que se genere un reto para el sistema de medición y se abarque todo el rango de medición requerido.
- **“Gráfico R por Operadores”.**

- La gráfica R es una gráfica de control de rangos que muestra la uniformidad de operadores. Lo que representa son las diferencias entre las mediciones de los operadores, lo que se muestra que los rangos de medición son amplios y las mediciones no son uniformes entre los operadores.
- **“Gráfica X-barra por Operadores”.**
- En este gráfico se compara la variación parte a parte con el componente de repetibilidad. Es posible visualizar la medición promedio de cada operador para cada parte. Mientras que la línea central muestra el promedio general de las partes realizadas por todos los operadores.
- Dado que las partes seleccionadas para realizar el estudio abarcan el rango de medición requerido para el equipo, el gráfico se muestra fuera de control. Por esa razón los datos muestran variación parte a parte.
- **Gráfico “Resultado por Partes”.**
- El gráfico muestra todas las mediciones del estudio organizadas por parte. Los círculos vacíos indican las mediciones, mientras que las medias se representan con círculos sólidos. La línea conecta las mediciones promedio para cada parte.
- Lo ideal sería que las mediciones de cada parte muestren poca variación (Los círculos vacíos de cada parte estén cerca), los promedios varían lo suficiente para que las diferencias entre las partes sean claras.
- Para concluir el análisis de este gráfico se puede observar lo mencionado en el planteamiento inicial antes de la realización del estudio, la variación parte a parte es considerable, lo cual es más notorio en la parte 1, 5, 7, 8 y 10.
- **Gráfico “Resultado por Operadores”.**



- En este gráfico se puede determinar si las mediciones y la variabilidad son uniformes entre los operadores. Se puede observar que los tres operadores tienen datos atípicos mientras que la mayor variabilidad de mediciones corresponden al operador Carlos.

- Dado que la línea central se encuentra casi paralela, es posible concluir que aparentemente las mediciones se están realizando de manera similar

- **Gráfico “Interacción Partes\*Operadores”.**

- Este gráfico muestra las mediciones promedio por cada operador para cada parte. Cada línea conecta los promedios de un operador. Lo ideal es que las líneas sean prácticamente idénticas y que los promedios de partes varíen lo suficientemente para que las diferencias entre partes sean claras.

- Lo que se puede interpretar es que en las partes 2, 3, 4, 6, 7 y 9 los operadores están realizando mediciones similares, mientras que en la parte 10 el operador Marco mide la parte con una resistencia mayor.

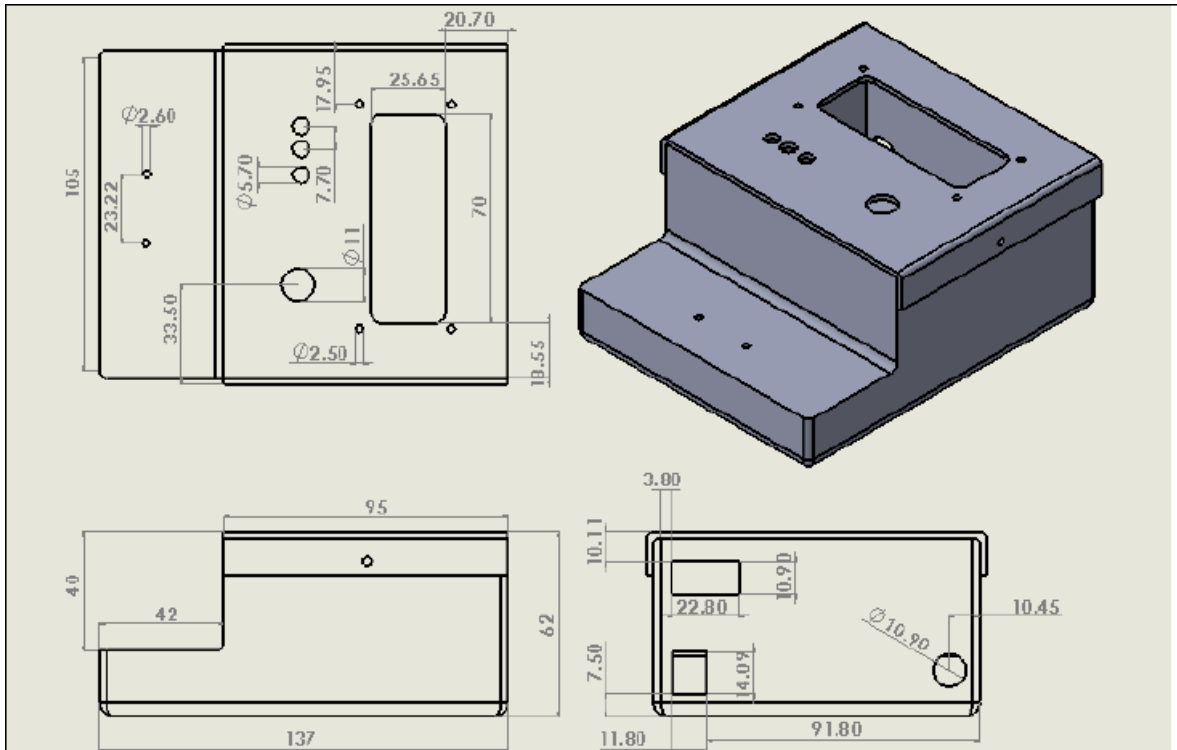
- Para concluir, el gráfico muestra que las mediciones están muy cerca una de otra y las diferencias entre partes son claras. Aparentemente los operadores miden de manera similar. La parte mas importante para concluir este gráfico es que el P valor es igual a 0.055 lo cual es mayor a un  $\alpha = 0.05$  lo que indica que la interacción parte operador si es significativo.

- **Costos del proyecto de Calidad.**

Como todo proyecto de mejora y cambio en los procesos, tiene un costo que realmente no es significativo. El listado de materiales para la generación del equipo de medición es el siguiente:

**Figura 9. Dibujo mecánico.**

Para proteger la confidencialidad de la propiedad del diseño del instrumento, en la figura siguiente se muestra el dibujo del ensamble mecánico del instrumento de medición.



De acuerdo a la lista de partes, el costo de la fabricación del equipo es de aproximadamente \$227.92 USD. El listado de material considera la base de datos SAP, de tal manera que se considere como un consumible y en caso de requerir un equipo nuevo o una refacción, este se puede fabricar o reparar inmediatamente.

Para el resto de las actividades no se requiere una inversión significativa, pero sí un esfuerzo importante para generar sinergia en el personal para evitar el uso de puntas de caudín defectuosas, y principalmente conciencia de la importancia del uso de los equipos de medición.

### **3.4.3 Sistemas de entrenamiento.**

El entrenamiento es una de las herramientas más poderosas para mantener los estándares de calidad, ya que finalmente el operador es quien aplica los controles y puede tomar decisiones en torno a ellos.

Se desarrollarán actualizaciones en los cursos institucionales de inducción, los cuales son impartidos a todo el personal de nuevo ingreso, como el curso de prevención de descargas electrostáticas y cursos más especializados como análisis y retrabajo.

La imagen 12 muestra las diapositivas actualizadas para los cursos anteriormente mencionados.

#### **Imagen 12. Diapositivas de cursos.**

1. Debo estañar las puntas antes y después de usarlas.
2. Debo elegir la punta correcta de acuerdo al componente y tipo de retrabajo a realizar.
3. Debo apagar el equipo cuando no lo este usando.
4. Debo mantener la esponja húmeda.
5. Debo limpiar el equipo y mi área de trabajo al término de mi turno.
6. Debo tomarme el tiempo necesario para realizar el trabajo bien.
7. Debo utilizar prácticas seguras de retrabajo.

8. Debo aplicar únicamente el flux necesario para el retrabajo a realizar.
9. Debo conocer las normas aplicables para inspección y retrabajo
10. Debo verificar mi retrabajo y los componentes alrededor de él.
11. Debo tomar conciencia de que el retrabajo es una operación "no deseada" y debe evitarse en la medida de lo posible.
12. Debo instruir a mis compañeras de nuevo ingreso en las buenas y malas prácticas de retrabajo.
13. Utilizar el equipo de protección personal designado (gafas de seguridad, guantes, pulsera, bata, cofia)
14. El extractor debe estar encendido y cerca de la tarjeta a retrab

La vida útil del platinado de una punta es altamente dependiente de la aplicación, el tipo de flux, la soldadura usada y la *técnica del operador*.

Las fallas en el platinado pueden dividirse en las siguientes:

**Fisuras/fallas por estrés**

**Causa:** mal uso o excesiva fuerza aplicada a la punta

**Resultado:** el platinado se fisura y la soldadura disuelve el cobre expuesto

**Prevención:** Selección y usa la punta correcta

**Corrosión**

**Causa:** interacción entre el flux y la soldadura, una función de la química de flux

**Resultado:** el platinado de la punta se cae

**Prevención:** manten estañadas tus puntas correctamente

**Dewetting en la punta**

**Causa:** Oxidación en la punta

**Resultado:** la soldadura no se adhiere a la superficie de trabajo de la punta y la transferencia de calor se reduce debido al oxido acumulado.

**Prevención:** limpieza regular y estañado de la punta, soldar a temperaturas mas bajas.

En cuanto al curso de prevención para las descargas electrostáticas, se desarrolló, con el apoyo de un una base de datos en colaboración con un proveedor, para reentrenar anualmente a todo el personal en este tema, de tal manera que se mantenga fresco el conocimiento, y el personal tenga conciencia de los diversos controles que se deben seguir.

**Imagen 13. Sistema de cursos internos en línea.**

No ha iniciado sesión

## Sistema de Cursos Internos en Línea



### Bienvenido!

#### Sistema de Cursos

Utilice su número de nómina y contraseña del ED.  
Si tiene alguna duda, consulte al administrador del sistema.

LOGIN

USUARIO

CONTRASEÑA

Administrador
  Usuario

LOGIN

[CONFIGURAR](#)
[LOGOUT](#)

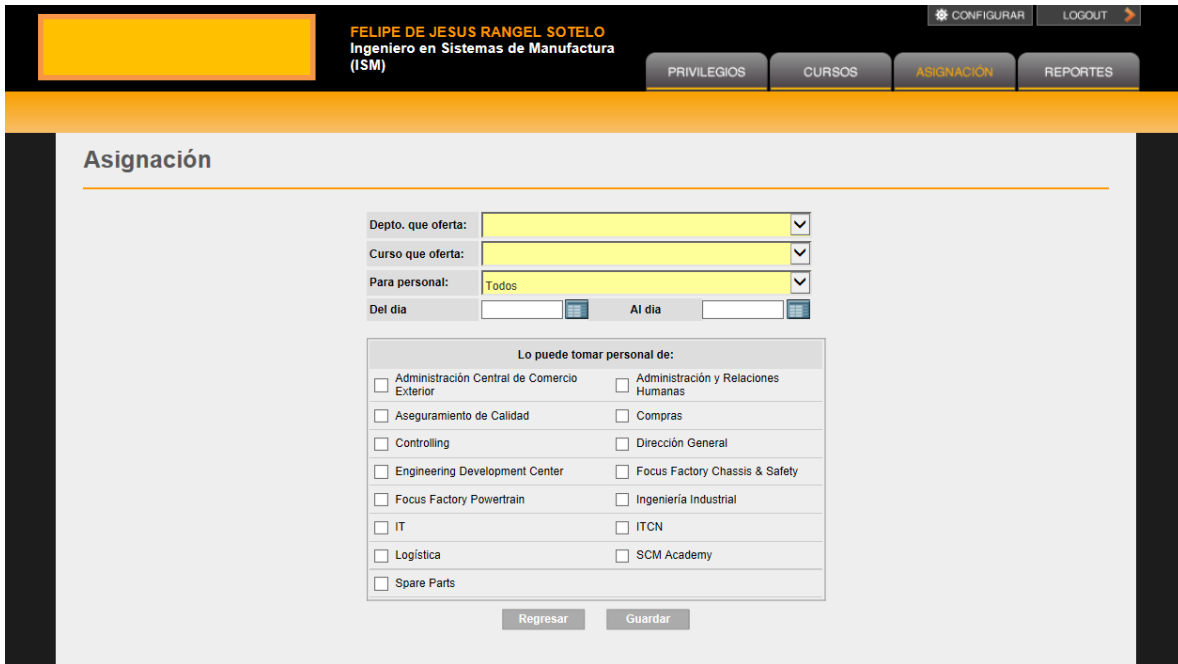
[PRIVILEGIOS](#)
[CURSOS](#)
[ASIGNACIÓN](#)
[REPORTES](#)

### Cursos

Cree nuevos cursos y/o modifique los ya existentes. Agregue el contenido y el orden de dichos archivos para cada curso.



Buscar: 
[Buscar](#)
[Nuevo](#)

#	Nombre	Departamento	Acción
1	GREEN BELT 1	Aseguramiento de Calidad	
2	Inducción a ESH	Aseguramiento de Calidad	
3	Levantamiento de Cargas Pesadas	Aseguramiento de Calidad	
4	LPA	Aseguramiento de Calidad	
5	Prenvención ESD	Aseguramiento de Calidad	

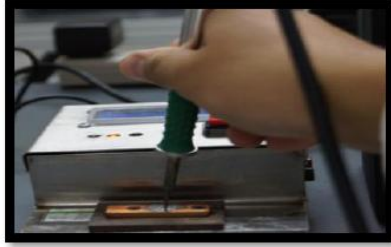


Parte importante para el entrenamiento es el uso adecuado del probador de puntas de cautín por esa razón se desarrolló una ayuda visual que indica el correcto uso del equipo, la cual permanece en el área de trabajo donde se encuentra instalado, y se utilizó para el entrenamiento del personal.

**Figura 11. Ayuda visual para el uso correcto del equipo.**

<p>Línea</p> <p>Retrabajo especializado</p>	<p>Operación: Medición de puntas de cautín.</p> <p>Rango permitido: 0 a 10 Ohms</p>	<p>Equipo: Iron Tip Tester.</p>
<p>1. Encender el equipo. El equipo estará listo cuando en el display aparezca "Esperando para realizar la prueba". Note que el LED amarillo comienza a parpadear.</p>		<p>2. Se presiona el botón para realizar la prueba. De forma inmediata se mostrara "Coloque la punta". Note que el LED amarillo deja de parpadear.</p> 

3. Se coloca la punta del cautín en la superficie de contacto del probador. Note que la fuente del cautín enciende.



4. Se mantendrá el cautín en la misma posición mientras que en el display aparece "Probando punta Espere por favor".



5. Visualización de resultados. Si la punta está en buen estado aparecerá en el display "Punta OK". Note que el LED verde enciende y el amarillo se apaga.



Si la punta se encuentra en buen estado, la fuente de cautín se mantendrá encendida durante 10 minutos, después de este tiempo se tendrá que repetir la prueba.



5. Visualización de resultados. Si la punta está dañada, aparecerá en el display "Punta NOK". Note que el LED rojo enciende y el LED amarillo comienza a parpadear.



Si la punta se encuentra dañada, la fuente del cautín se apagará y se tendrá que repetir la prueba con una punta distinta. Para repetir la prueba no es necesario reiniciar el equipo.





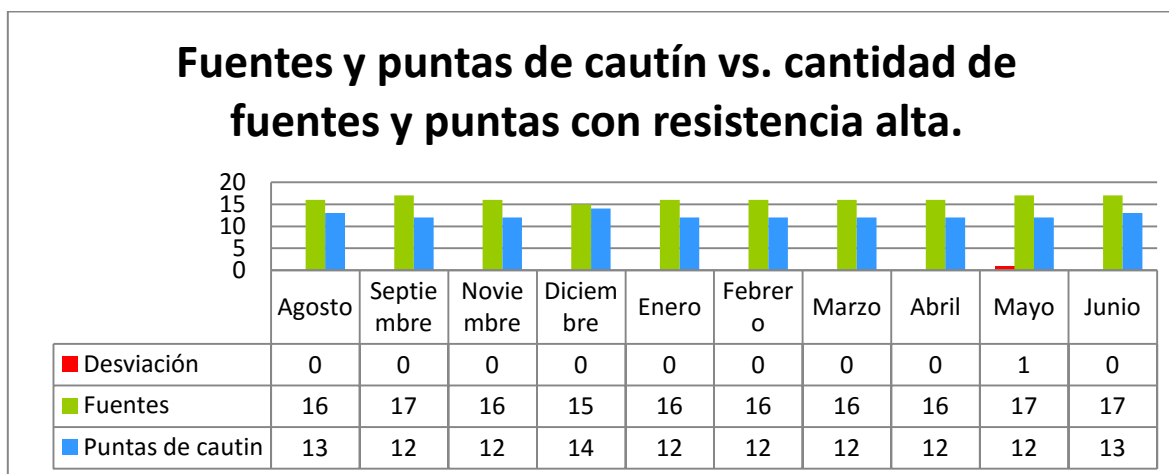
## CAPITULO 4.

### RESULTADOS.

#### 4.1 Evaluación de resultados preliminares.

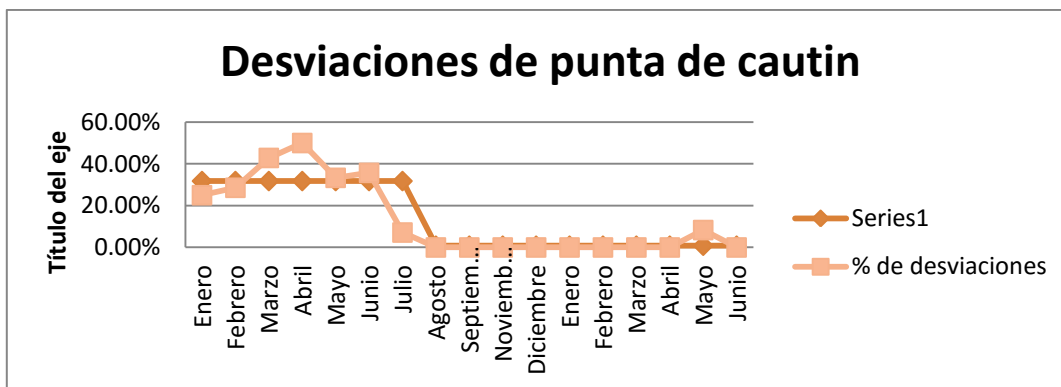
Una vez realizadas las actividades que se señalaron anteriormente en la estación de análisis y retrabajo con el prototipo mencionado el resultado de los cautines con resistencia mayor a  $2 \Omega$  es el siguiente:

Tabla 8. Resultados de los cautines.



Como se puede visualizar en los resultados, se disminuyó considerablemente el número de desviaciones en auditoría.

Figura 10. Desviaciones en auditoría



Como se puede observar, sí se logra el objetivo ideal del proyecto, que es tener cero por ciento de desviación en auditorías de control de electrostática, (esto aun cuando no se puede relacionar directamente la cantidad de fallas prevenidas en campo o 0 kilómetros), se puede considerar como una mejora en la prevención de descargas bastante importante.

#### 4.2 Resultados en relación a los objetivos.

Este proyecto cumple con los objetivos planteados inicialmente, ya que se llegó, incluso, a la fase de implementación del proyecto de mejora.

El ideal planteado para el proyecto fue lograr:

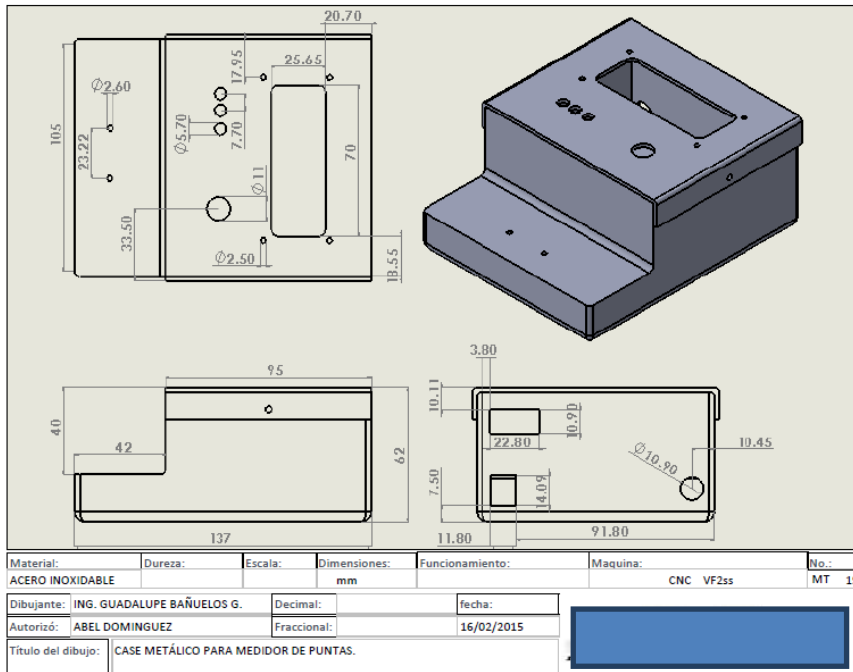
- Cero no conformidades en auditorías al sistema de puntas de cautín.
- Implementación de un sistema simple, el cual puede ser utilizado por operadores.
- Sistema que asegura el uso de puntas de cautín en buen estado.
- Eliminación al 100% de daños latentes causados por cautines.

#### 4.3 Resultados en relación a otros aspectos.

Con el objeto de que se mejore la presentación del equipo de medición y de que este sea apto para su instalación en las mesas de análisis, se deben ocupar materiales libres de

estática o que puedan producir contaminación como polvo o partículas; de otra manera no podría ser instalado. Para mejorar esta condición el equipo se rediseñó su aspecto exterior, fabricándose en un carcasa de acero inoxidable.

**Imagen 14. Dibujo del case metálico para medidor de puntas.**



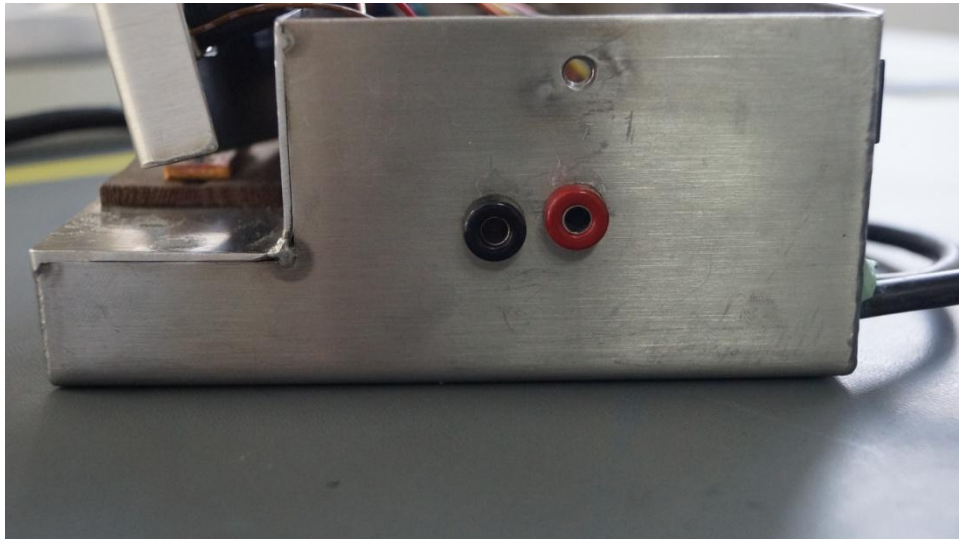
**Imagen 15. Case metálico para medidor de puntas.**



La modificación en la carcasa presentó nuevos retos para su funcionamiento, ya que se tuvieron que cambiar algunas partes para evitar corto circuito, principalmente entre el punto de prueba y el metal de la caja.

Para facilitar el proceso de calibración se agregaron dos conectores laterales que permiten una conexión directa con terminales interiores, lo cual evita que se deban hacer desconexiones durante el proceso de calibración y manejo innecesario del equipo.

**Imagen 16. Conectores laterales.**



## **CAPITULO 5.**

### **CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.**

#### **5.1 Conclusiones.**

Sin duda el proyecto realizado fue más importante de lo planteado en un inicio, ya que se propone una solución integral para evitar desviaciones en auditorías y disminución del problema.

Toda vez que se han realizado las acciones de mejora a nivel prototipo se puede ver una importante diferencia en la cantidad de puntas de cautín con una resistencia menor a  $2 \Omega$ , lo cual minimiza el riesgo de tener una descarga electrostática mientras se retrabaja o retoca una pieza.

Una vez que se han llevado a cabo las acciones anteriormente mencionadas, realmente no debería haber áreas de oportunidad adicionales, ya que se revisaron integralmente, desde el método de medición, como la capacitación continua del personal que realiza las mediciones.

Es importante mencionar que tanto la capacitación como la fabricación e implementación de cada uno de los sistemas de medición debe ser una constante para que el proyecto persista; esto debe aplicarse en cada una de las nuevas líneas de producción. En relación al personal, es también de vital importancia que cada persona que ingrese cuente con los entrenamientos para la realización de retoques, inspección y retrabajo de material.

El objetivo inicial del proyecto, como se ha mencionado anteriormente, se ha cubierto. El siguiente paso es aplicarlo en las mesas de análisis y retrabajo de toda la planta de producción; pero como todo proyecto, este lleva una secuencia de implementación.

Finalmente, cabe mencionar que este proyecto es *benchmarking* para otras plantas que se encuentran en el segmento de ensamble de componentes electrónicos, no sólo para la industria automotriz sino para otras industrias en ramos como el ensamble de juguetes, de equipos médicos, o ensamble de equipo militar, que se encuentren interesados en la prevención de descargas electrostáticas durante el uso de una herramienta de soldadura manual para el retrabajo y retoque.

Se puede decir que se logró incluso contar con un *Poka yoke* siempre y cuando no se desconecte el sistema, ya al desconectar y conectar directo se puede establecer un bypass a la prueba.

Los hallazgos principales de este proyecto fueron el hecho de que hacer un control manual de las puntas no es posible; en la planta no hay un control de las puntas de caufín y no existe mantenimiento para este herramental.

En cuanto al valor real del proyecto, el desarrollo e implementación del equipo es mucho más barato que comprar un equipo ya desarrollado, y, además, el equipo se encuentra completamente adecuado a las necesidades de las áreas de análisis y retrabajo.

Reflexionando sobre otras formas de haber realizado este proyecto, se puede considerar comprar el dispositivo ya fabricado; fabricar el equipo con una empresa de integración; impartir capacitación de manera personal y aplicar evaluaciones en papel.

Ahora bien, durante las pruebas se disminuyó el problema considerablemente, ya que el sistema no permite la utilización de puntas dañadas. Durante las pruebas piloto se redujeron los eventos de puntas de cautín con una resistencia mayor a  $2 \Omega$ .

Es importante considerar los siguientes puntos:

- Ambas unidades de negocios se encuentran totalmente interesadas para la implementación y se ofreció el presupuesto y recursos para el ensamble e implementación del equipo, así como en el entrenamiento del personal.
- La empresa se beneficiará con el proyecto ya que contará con un control automatizado para la verificación de este herramental.
- El coordinador para el control de descargas electrostáticas, ya que se eliminará esa verificación mensual al 100% de cautines.

Desde un inicio en el proyecto se planteó la implementación de un equipo piloto y el desarrollo de base de datos para capacitación del personal. Actualmente se están desarrollando listados de materiales, compra de programadores, cotizaciones masivas de material y cotización final de case del equipo.

## **5.2 Sugerencias.**

Como sugerencias finales se recomienda desarrollar planes de mantenimiento o soporte para los equipos (programación, entrenamiento en ensamble).

A futuro sería deseable la implementación del proyecto a nivel macro en toda la organización, e incluso, enviar prototipos a otras plantas para su implementación.

## REFERENCIAS.

- ANSI/ESD. (2002). *S20.20—Standard for the Development of Electrostatic Discharge Control Program*, Rome, NY: ESD Association.
- Continental. (2014). Página de internet. Disponible en línea: <http://cuautlaweb.autona.contiwan.com/> Consultado en noviembre de 2014.
- Continental Tyres. (2014). Video. Disponible en línea: <https://www.youtube.com/watch?v=YCIJ8NVFb84>. Consultada el 2 de noviembre de 2014.
- ESD Association (2004). Effective ESD Control Programs. *Circuits Assembly, UP Media* September, 50.
- ESD. (2001). Electrostatic discharge. ESD ADV 11.2, Triboelectric Charge Accumulation Testing, ESD Association: Rome, NY.
- ESD. (2001). *Fundamentals of Electrostatic Discharge, Part one—An Introduction to ESD*. Rome, NY: ESD Association.
- ESD. (2000). *ESD STM 13.1 or measuring Electrical Potential from – Electrical Soldering/Desoldering Hand Tool* Rome, NY: EDS Association.
- ESD-ADV. (2002). 1.0, Glossary, ESD Association: Rome NY
- Halperin, S. (1990). "Guidelines for Static Control Management," Eurostat.
- Pierce, R. (2008). ESD Control for class o ESDS devices. *Circuits Assembly. UP Media*. April, 50-54.
- Swenson, D.E. (2006). Compliance verification. *Circuits Assembly. UP Media*. July, 60
- Taplett, B. (2008). Mastering ESD Control in automated handling systems. *Circuits Assembly. UP Media*, March. Pp. 30-36.