



*Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.*



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

## “Modelo de administración de operaciones para el control de cargas electrostáticas en la industria electrónica”

MTRO. JUAN ANTONIO FLORES MORA<sup>1</sup>  
MTRO. ALFREDO A. PALOS DELGADILLO  
DR. HUMBERTO PALOS DELGADILLO

### Resumen

La industria maquiladora, específicamente la electrónica es de suma importancia estratégica para el desarrollo de la economía de México y para el estado de Jalisco, por la significativa inversión que esta representa, además de apoyar a incrementar la competitividad de la región. Actualmente, ésta industria es exigida al cumplimiento de estándares internacionales que aseguren productos de alta calidad y bajo costo en la manufactura de bienes y servicios que produce. Al respecto, los costos de los componentes sensibles a las descargas electrostáticas es alto, ya que el fenómeno triboeléctrico, medio por el cual las cargas electrostáticas son generadas, cobra vital importancia debido a que estos cada día tienen una mayor escala de integración. En este sentido, la presente investigación está referida a una empresa maquiladora ubicada en la zona metropolitana de Guadalajara, en la que se infiere metodológicamente bajo el estudio de caso y se presenta un modelo de administración de operaciones para el control de cargas electrostáticas, tomando como base la norma ANSI ESD 20/20-2007.

**Palabras clave:** Industria electrónica, norma ANSI, cargas electrostáticas, componentes de calidad, administración de operaciones.

### Abstract

The electronic maquila industry, is known by their strategic importance for the development of Mexico's economy and also for the state of Jalisco, because of the significant financial investment that represents, and also to increase the regional competitiveness. Currently, this industry is required to be committed with international standards that ensure high quality products and lowest costs in the manufacture of goods and services that they produced. Relative to this situation, the costs of components sensitive to electrostatic discharge are very expensive because of the triboelectric phenomenon, means by which the electrostatic charges are generated, and that's why they represented a vital importance because they also have a higher level of integration.

In this sense, this research is referred to a electronic maquila company located in the metropolitan area of Guadalajara. Methodologically it is a case study that presents an operations management model for the control of electrostatic charges, developed by the fundamentals of the ANSI ESD base 20/20-2007.

**Keys words:** Electronic Industry, ANSI norms, electrostatic charges, quality components, Management Operations

---

<sup>1</sup> Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara.

## **I. Introducción**

La industria de la electrónica, tiene fuertes pérdidas monetarias porque el costo de los componentes sensibles a las descargas electrostáticas es alto. El incremento en la escala de integración, aumenta la complejidad para el re-trabajo de las tarjetas ensambladas, ya que los Circuitos integrados suelen tener una mayor cantidad de terminales en un menor espacio. La paradoja es que estas pérdidas no son fácilmente cuantificables debido a que las fallas eléctricas en los componentes son difíciles de detectar. Al respecto, la presente investigación tiene como objeto estudiar la norma ANSI ESD 20/20-2007 (American National Standard Institute. Instituto de Normas Nacionales Americanas), para que con base en ella se desarrolle un modelo de administración de operaciones para el control de cargas electrostáticas, y apoye a mejorar la competitividad de la empresa.

## **II. Marco teorico**

El sector electrónico es de suma importancia estratégica y prioritaria tanto para el desarrollo de la economía del país, así como de la competitividad, de ahí el interés de este trabajo para proporcionar herramientas que respondan al reto de las exigencias globalizadas y al cumplimiento de estándares establecidos en normas internacionales como la que ha continuación se trata.

### **El modelo ANSI ESD 20/20-2007**

Para entender que es una descarga electrostática es necesario primero comprender como se genera una carga estática. Una carga estática es generada cuando dos materiales no conductivos se frotan, los átomos de los materiales se excitan lo que incrementa el nivel energético de sus electrones, generando de esta manera, que estos se desprendan sus capas externas en forma de iones de energía. A este fenómeno se le llama fenómeno triboeléctrico, sin embargo, estos iones de energía al no conducirse a través de un metal se acumulan dando lugar a la energía estática. El cuerpo puede ganar energía estática de tres maneras de acuerdo a la ESD (Electronic Discharge Association, 2010); frotamiento, contacto e inducción. La energía estática contempla tres estados de conductividad para los materiales dependiendo de su nivel de la resistencia eléctrica que posean.

Esto es con referencia en estándar ANSI ESD 20TR4.0-01-02. Una descarga electrostática, es la transferencia de energía entre dos cuerpos con diferente carga negativa o positiva. Los circuitos electrónicos son sensibles a las descargas electrostáticas por la sencilla razón de que tienen poca área para conducir grandes corrientes de voltaje a través de ellos (ESD, 2010).

Al respecto, los conceptos más importantes acerca del modelo de los estándares (también conocido como norma, por su interpretación sajona) ANSI ESD 20/20-2007, está constituida por sus alcances

y sus limitaciones. Según el prefacio del mismo modelo ANSI/ESD 20/20-2007, se enuncia... *“Este estándar cubre los requerimientos necesarios para diseñar, establecer, implementar y mantener un Programa de Control de Electroestática para las actividades de; manufactura, proceso, ensamble, instalación, empaque, etiquetado, servicio, prueba, inspección ó manejo de partes eléctricas ó electrónicas, ensambles y equipo susceptible a daño por descargas electroestáticas mayores ó iguales a 100 voltios Modelo del Cuerpo Humano (HBM, Human Body Model). Cuando se manejen dispositivos susceptibles a menos de 100 voltios HBM, Requerimientos Técnicos de Programa de Control de Electroestática más estrictos podrán ser requeridos, incluyendo el ajuste del programa de Rangos Recomendados para Elementos Técnicos”*.(Norma<sup>2</sup> ANSI ESD 20/20 pag.4).

Este documento cubre los requerimientos del programa de control y ofrece una guía para proteger y manejar los artículos sensitivos a ESD (Componentes sensibles a las descargas electroestáticas), basado en la experiencia histórica de las organizaciones militares y comerciales de Estados Unidos de Norteamérica aprobados por ANSI, para propiedades de materiales y métodos de prueba. Los principios fundamentales del control de ESD que forman las bases para este documento son:

- Todos los conductores en el medio ambiente, incluyendo al personal, deberán ser unidos ó eléctricamente conectados y agregados a una tierra conocida ó tierra creada (como en el caso de una aeronave ó a bordo de un buque). Esta unión crea un balance equipotencial entre todos los artículos y el personal.
- La protección electroestática puede ser mantenida a un potencial arriba de un potencial de voltaje de tierra “cero” mientras que todos los artículos en un sistema estén en un mismo potencial.
- Los no-conductores necesarios en el medio ambiente no pueden perder su carga electroestática por conexión con tierra.
- Los sistemas de ionización proveen neutralización de cargas en estos artículos no-conductivos necesarios (materiales de tableros de circuitos y algunos empaques de dispositivos son ejemplos de no-conductores necesarios).

Tres diferentes tipos de modelos son utilizados para caracterización de componentes electrónicos – El Modelo de Cuerpo Humano (HBM; Human Body Model), Modelo de Máquina (MM; Machine Model) y el Modelo de Dispositivo Cargado (CDM; Charge Device Model). Es importante reconocer que estos modelos, si son utilizados individualmente, son difíciles de aplicar en términos de sección de actividades. Deben estar involucrados dependiendo de las especificaciones necesarias

para el producto. Ejemplos de partes ESDS (Componentes electrónicos sensibles a descargas electroestáticas) son microcircuitos, semiconductores discretos, resistencias de película gruesas y delgadas, dispositivos híbridos y cristales piezoeléctricos.

Por otra parte, de acuerdo a Yasin Mahmoud (2002), el benchmarking es una valiosa herramienta de administración debido a que proporciona un enfoque disciplinario y lógico para comprender y evaluar de manera objetiva las fortalezas y debilidades de una compañía, en comparación con lo mejor de lo mejor. Los administradores expertos de las asociaciones de benchmarking saben que es precisamente esta conciencia dentro de la organización lo que constituye el ímpetu para el desarrollo, aplicación y actualización de los planes de acción específicos que mejorarán su desempeño.

Para formar parte integral del proceso de administración, el benchmarking depende, en última instancia, de dos actividades; el respaldo de la alta dirección y el compromiso para emplearlo de manera efectiva. El punto de arranque, como administrador de benchmarking, será asegurarse de seleccionar las actividades y mediciones más adecuadas contra las cuales compararse, llevando a cabo una revisión de la mejor inteligencia competitiva que sea posible conseguir.

Una vez que se obtenga un sentido claro de lo que debe y puede establecerse como parámetro, el siguiente paso es determinar el tipo más adecuado de estudio de benchmarking que se realizará.

El benchmarking competitivo es el método más ampliamente comprendido y aplicado. Es el más sencillo de entender para la gente debido a que se orienta hacia los productos, servicios y procesos de trabajo de los competidores directos. Los empleados saben que esta clase de información es valiosa porque están conscientes de que las prácticas de un competidor afectan a los clientes, potenciales o actuales, proveedores y observadores de la industria. La ventaja clave cuando se lleva a cabo un proceso de benchmarking entre sus competidores es que ellos emplean tecnologías y procesos iguales o muy similares a los propios, y las lecciones que usted y un competidor aprenden mutuamente se transfiere, por lo general, con mucha facilidad.

Los estudios de compensación de la industria son, tal vez, el ejemplo más común de cómo compartir datos cooperando con los competidores.

### **III. Diseño de la investigación**

La empresa que es objeto de este estudio, se encuentra ubicada en la zona metropolitana de Guadalajara. Bajo la exigencia de que la empresa manufacturera del ramo de la electrónica debe prevenir y controlar los daños eléctricos que los componentes generan en su proceso productivo, nace la necesidad de conocer el conjunto de reglas que hacen a un programa de control de cargas electroestáticas exitoso y con ello dar cumplimiento a esta exigencia de mercado. Es decir, la

industria maquiladora electrónica debe prevenir los daños eléctricos que los componentes electrónicos causan por las descargas electroestáticas que estos generan. A este respecto, la empresa de estudio contaba con poca información por lo que se recurrió a lo señalado en el modelo de la norma ANSI ESD 20/20-2007, y así conocer las especificaciones que se deben cumplir para evitar estas descargas electroestáticas.

### **Definición de la problemática**

En la industria maquiladora electrónica se tienen fuertes pérdidas monetarias porque el costo de los componentes sensibles a descargas electroestáticas es alto. Esto se presenta debido a que los componentes tienen una mayor escala de integración ya que se hacen más funciones con una pastilla de silicio las que son cada vez más pequeñas. Como consecuencia, el incremento en la escala de integración, aumenta la complejidad para el re-trabajo de las tarjetas ensambladas, por la razón de que los Circuitos integrados (IC's) suelen tener una mayor cantidad de terminales en un menor espacio. La paradoja es que estas pérdidas no son fácilmente medibles, ya que las fallas eléctricas en los componentes son difíciles de detectar. Por ello, aunque en la empresa maquiladora electrónica se invierten fuertes cantidades para evitar el ESD, es necesario enfocarse hacia nuevas exigencias de los clientes como es el cumplimiento de estándares internacionales como los señalados en el modelo ANSI ESD 20/20-2007. Lo anterior igualmente nos ofrece la posibilidad de incrementar la eficiencia de operación, lo que a su vez nos orientará hacia un incremento en la competitividad de la industria.

### **Formulación de las preguntas de investigación**

#### **Pregunta principal**

- ¿Cómo sistematizar las acciones que permitan prevenir y controlar los daños eléctricos que causan las descargas electroestáticas en componentes electrónicos de las empresas maquiladoras de la industria electrónica?

#### **Preguntas de trabajo**

- ¿Cuáles son los elementos clave de un programa de control de cargas electroestáticas con base en la norma ANSI ESD 20/20-2007, que se han establecido en otras empresas del sector electrónico?
- ¿Cuál sería la estrategia para implementar un modelo de administración de operaciones para el control de cargas electroestáticas con base en la norma ANSI ESD 20/20-2007, en la empresa de estudio?

## **Objetivos a alcanzar con la Investigación**

### **Objetivo General**

- Desarrollar un modelo de administración de operaciones para el control de cargas electroestáticas con base en la norma ANSI ESD 20/20-2007 en la industria electrónica, que permita prevenir y controlar los daños que estas causan, buscando mejorar la competitividad de la empresa de manufactura de tarjetas electrónicas ubicada en la zona metropolitana de Guadalajara.

### **Objetivos particulares**

- Identificar los elementos clave de un programa de control de cargas electroestáticas que se halla establecido en otras empresas del sector electrónico y que los han hecho exitosos tomando como base la norma ANSI ESD 20/20-2007.
- Formular la estrategia para la implementación del modelo de administración de operaciones para el control de cargas electroestáticas con base en la norma ANSI ESD 20/20-2007, que permita incrementar la competitividad actual de la empresa de estudio.

### **Tipo de investigación.**

La investigación fue de carácter exploratoria y descriptiva. Se trató de conocer los antecedentes de la temática en cuestión, es decir, se recabó y analizó la información concerniente a la aplicación de la norma ANSI ESD 20/20 -2007 en tres diferentes centros de alto desempeño. De la misma manera se cuantificó el cumplimiento de la citada norma en la empresa de estudio, lo que ayudó a establecer los elementos requeridos para el desarrollo del modelo que se propone. Posteriormente, se hizo una valoración del entrenamiento existente en la empresa en cuestión, acerca del control de cargas electroestáticas para lo cual se utilizó la herramienta que se llama mapa de proceso, para revisar las funciones de cada área. Todo ello, bajo la metodología del estudio de caso, para efecto de observar el fenómeno sujeto y objeto de este estudio en cuatro etapas:

- *Primera;* Analizar el marco de referencia que marca la Norma ANSI ESD 20/20-2007, cuales son sus alcances y conocer sus limitaciones.
- *Segunda;* Realizar una valoración de las compañías para quienes el rubro del control de la contaminación electroestática es fundamental, aquí se utilizó una herramienta llamada benchmarking.
- *Tercera;* Hacer una valoración de la aplicación de los estándares actuales de la empresa sujeto del estudio. Conocer lo que la empresa debería cumplir y que no cumple.

- *Cuarta;* Hacer una valoración del entrenamiento existente acerca del control de cargas electroestáticas en la empresa caso de estudio. Para esto se utilizó como herramienta mapas de procesos para plantear soluciones a los problemas encontrados.

#### **Determinación de la muestra**

Para efecto de observar la aplicación de la norma ANSI ESD 20/20-2007, se seleccionaron tres centros de trabajo de alto desempeño ya mencionados donde el control descargas electrostáticas son de vital importancia con respecto a características críticas de la norma. Esta fue solo de tres centros de trabajo por la poca facilidad de establecer un benchmarking con otras empresas por ser competencia directa de la empresa en cuestión. Por otro lado, para la realizar la cuantificación de la aplicación de la norma, se determinó una muestra del personal que labora en la empresa de estudio. Cabe mencionar que dicha muestra se obtuvo considerando la totalidad del personal permanente. Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula de poblaciones finitas, el universo a considerar es de 217 empleados, considerando un máximo de error aceptable del 5%. Esta proporción es con base a un 50% para “p” y 50% para “q”, lo cual da el máximo tamaño de muestra para la proporción con un nivel de confianza del 95%. En total se aplicaron 139 encuestas distribuidas aleatoriamente en la empresa.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

En lo que respecta a los instrumentos de recolección de datos, se aplicaron dos tipos de instrumentos. Uno para la técnica de benchmarking y otro para realizar la técnica de valorar los estándares actuales para cuantificar la aplicación de la norma ANSI ESD 20/20-2007 en la empresa de estudio. Como tercer instrumento se aplicó la técnica del mapeo de procesos para valorar el entrenamiento existente acerca del control de cargas electroestáticas en la citada empresa.

#### **Técnica benchmarking**

En la aplicación de este proceso, el contacto se realizó a través de la CANIETI para que de esta manera ambas compañías que intercambian información, puedan conocerse y saber que no son del mismo giro, y tampoco se hacen competencia directa en este caso se tomaron tres OEMS extranjeras enclavadas en la región. El objetivo fue lo siguiente:

- Revisión de áreas de diferencia identificadas en el cuestionario del benchmarking.
- Revisión de preguntas y respuestas, / observaciones / Discusión de áreas de interés acordadas entre los equipos.
- Revisión de resultados / Definición de resultados.
- Proposición de seguimiento al benchmarking (si aplica).

- Alinear calendarios.

El formato utilizado para realizar el bechmarking en las diferentes compañías, se desarrolló de acuerdo a lo establecido por la normatividad. Este formato se recaba del análisis previo de la norma. Al respecto, se decidió tomarse una serie de preguntas en las que al momento de analizar la norma se tiene dudas, ya que en lo general la norma no especifica claramente algunos de los requerimientos, que en el pasado y con base a auditorías externas los clientes han preguntado. De esta manera el cuestionario obtenido no es muy complejo, y no hace preguntas tan técnicas sino que se enfoca a detalles de la parte administrativa de un programa de control de cargas electroestáticas debe comprender.

#### **Técnica de valoración de los estándares**

Esta herramienta fue con el fin de hacer una valoración de los estándares actuales de la empresa de estudio. Con los datos obtenidos del benchmarking y de la norma ANSI ESD 20/20-2007 se procedió a revisar los estándares actuales de la planta en cuestión.

Se puede revisar que el cuestionario abarca las características técnicas y de una manera cruzada en matriz, las características administrativas tales como: Personal involucrado y las áreas protegidas de esta manera también se revisan los elementos específicos, tales como piso batas, etcétera.

También se diseñó un cuestionario para revisar el empaque y la conexión de cableado o la de los equipos un punto muy importante en la norma ANSI ESD20/20-2007.

Finalmente se revisaron las superficies de las mesas. Este cuestionario fue basado en las características técnicas y administrativas principales de la NORMA ANSI ESD 20/20-2007. Cabe destacar que la estrategia para la obtención del estado actual de la planta se realizó con una auditoría al 100 %, esto es en cada estación, cada máquina de la planta debía de medirse, lo que significó un esfuerzo importante.

#### **Técnica del mapeo de procesos**

Para hacer una valoración del entrenamiento existente acerca del control de cargas electroestáticas en la empresa de estudio, se tomo la decisión de utilizar una herramienta que se llama mapa de proceso, que consiste en revisar las funciones de cada área. A este respecto, no se contaba con el proceso completo aunque estaba plasmado en un documento, algunos de los pasos que se tenían que hacer, había algunos otros en el que las actividades no estaban específicas, como tampoco las responsabilidades.

#### **Procesamiento de los datos**

El procesamiento de los datos fue con el programa Excel. En el caso del benchmarking se anotaron las características que se encontraron en las diferentes compañías para crear un cuadro donde toda la información fue concentrada. Se marcaron las fortalezas de cada compañía y se procedió a definir los procesos en los cuales la empresa caso de estudio debía mejorar e implementar otras técnicas o herramientas diferentes a las que actualmente utiliza. En el caso del cuestionario de valorización del estado actual de aplicación de la norma ANSI ESD20/20-2007 se procedió a utilizar de la misma manera Excel y la herramienta llamada “Cuatro cuadrantes”. Con respecto al mapeo de procesos, se tomó como base lo señalado en el punto 7.2 de la citada norma ANSI ESD 20/20 2007 en la que se hace referencia a que debe haber un plan de entrenamiento a todo el personal que maneje o tenga contacto con cualquier sistema de ESD.

#### **IV. Análisis y discusión de los resultados**

Habiéndose señalado la metodología utilizada en esta investigación, en este apartado se hace el análisis y discusión de los resultados obtenidos. Primeramente, se expone el diagnóstico realizado a través del benchmarking en otras plantas líderes en su rama y que están cercanas a Guadalajara, que además cuentan con la certificación de la Norma ANSI ESD20/20 -2007. Posteriormente, se menciona el diagnóstico de la empresa caso de estudio tomando como base la norma ANSI ESD20/20-2007. Enseguida, se hace un especial énfasis al diagnóstico de los mecanismos de entrenamiento de ESD. Finalmente se sintetizan los resultados obtenidos.

##### **Del benchmarking**

El diagnóstico del benchmarking para el control de cargas electroestáticas de las tres empresas que conformaron la muestra, estuvo limitado a diez preguntas porque se realizó como parte de una evaluación más general en varias áreas como DPM's (Defectos por millón), productividad, manejo de inventarios, etcétera, con diferentes compañías, acerca de algunos puntos en lo que se tenía duda de cómo los aplicaban otras compañías del mismo giro pero que no son competencia y con las cuales se tienen comunicación constante y se comparten mejores prácticas con el fin de mejorar los procesos de varias de ellas. La elección de estas empresas fue con base al giro en el que están enfocadas y los procesos que poseen requieren una alta especialización en ESD. A continuación se mencionan:

- *La empresa A; es de giro electrónico enfocado al área automotriz, con Clientes como Mercedes Benz, Kenworth, Continental, etcétera. Todo ellos con características y requerimientos diferentes. Se seleccionó esta compañía porque es una de las más parecidas a la empresa de estudio, ya que tiene una gran variedad de clientes y su requerimiento es mayor, puesto que está en el giro automotriz y donde una falla por ESD puede ocasionar*

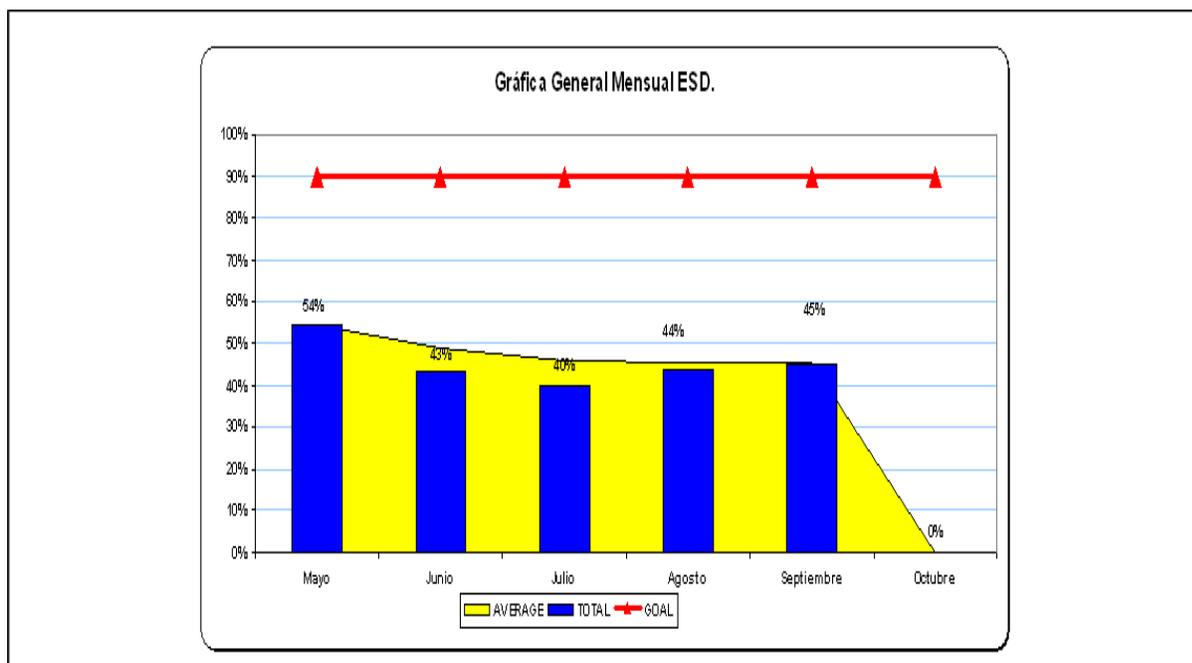
consecuencias fatales. En esta empresa se revisa cada reclamo del cliente por ESD de manera minuciosa.

- *La empresa B; es de giro electrónico enfocado a la manufactura de componentes electrónicos con clientes de todos como Nokia, IBM, Siemens, etcétera.* Todos sus clientes son importantes, sin embargo la complejidad de esta planta ubicada en Aguascalientes, representa que tiene múltiples procesos, en algunos de estos procesos, el ESD es fundamental permitiendo pérdidas de productividad significativas. Además cuenta con procesos de cuarto limpio y procesos de ensamble de tarjetas electrónicas. Por ello el analizar como se controlan las cargas electroestáticas en las diferentes áreas, fue importante.
- *La empresa C; es de giro electrónico enfocado a la producción de cabezales de discos duros.* Este tipo de producto es altamente sensible a ESD. Esta compañía es la que tiene un mejor control de cargas electroestáticas en la región de Jalisco, esto porque su productividad depende fundamentalmente del control que se tengas de las cargas estáticas.

#### De la valoración de los estándares en la empresa de estudio

La verificación de todas las áreas de la planta, proporcionó el diagnóstico de la empresa de estudio con respecto a la aplicación de la norma. Es decir se revisó en cada estación de la misma, para verificar si cumple con los estándares técnicos y de cada proyecto con la norma ANSI ESD 20/20-2007. Aplicando formato de auditorías internas para evaluar todas las áreas de la compañía y compilando la información en un reporte de cuatro cuadrantes. A nivel planta se obtuvo la siguiente información en el primer cuadrante (véase Gráfica No. 1).

**Gráfica. No 1: Resultados primer cuadrante del desempeño de la norma ANSI ESD20/20 2007 por la empresa de estudio. Fuente:** Elaboración propia.



En este gráfico, se evidencia que el cumplimiento de la norma esta por debajo del 50%, lo que puede traducirse de alguna manera en potenciales perdidas por componentes dañados y residuos (Scrap).

El desempeño por proyecto es como se puede ver en el siguiente gráfico (Cuadrante 2; paynter). Cabe mencionar que durante dos meses se trabajó para recopilar la información. Cada auditoría se realiza entre seis y ocho horas, ya que se debe medir cada silla, estación de trabajo contra el piso de producción y la tierra física de la planta al 100 %. El total de estaciones de trabajo es de cerca de 1,100 estaciones, por esta única vez se tomara el 100% como validación del estado actual de la planta. Se tiene contemplado que después la medición será cada diez estaciones de la planta (véase Tabla No. 1).

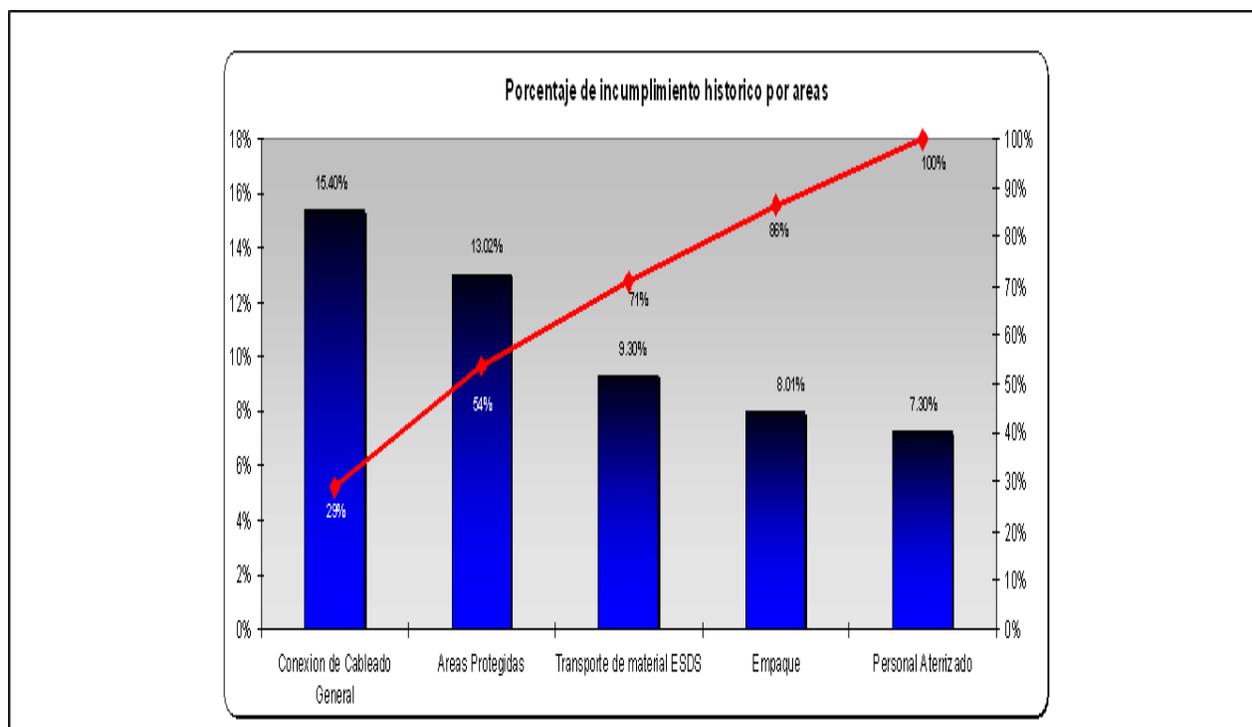
**Tabla No.1: Carta por proyecto de desempeño de la norma ANSI ESD 20/20-2007.**

Paynter Chart Proyecto							
Proyecto	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
Proyecto 1	51%	36%	39%	57%	59%		48%
Proyecto 2	49%	34%	24%	53%	46%		41%
Proyecto 3	56%	35%	35%	29%	41%		39%
Proyecto 4	67%	52%	52%	45%			54%
Proyecto 5	58%	55%	55%	36%	50%		51%
Proyecto 6	56%	56%	56%	35%	28%		51%
Proyecto 7	47%	47%	33%	39%			42%
Proyecto 8	30%	30%	44%	34%			35%
Proyecto 9	47%	47%	47%	32%	47%		44%
Proyecto 10	70%	70%	70%	54%	36%		66%
Proyecto 11	59%	59%	34%	45%			50%
Proyecto 12	85%	85%	85%	81%	36%		84%
Proyecto 13	55%	55%	55%	30%			49%
Proyecto 14	NA	50%	50%	26%			42%
Proyecto 15	NA	NA	71%	67%			69%

**Fuente:** Elaboración propia.

De esta tabla, se podrán revisar las principales áreas de la norma en la que se está incumpliendo, con porcentajes para identificar los problemas sistémicos (por el Diagrama de Pareto) que afectan la organización y tomar acciones contundentes a nivel planta, para mejorar el cumplimiento con los estándares técnicos de la norma ANSI ESD 20/20-2007 (véase Gráfico No. 2).

**Gráfica. No 2: Diagrama de Pareto por porcentaje de incumplimiento de proceso crítico.**



**Fuente:** Elaboración propia.

Aquí se puede revisar que el principal problema técnico y que ocupa el 29 % de los problemas para ajustar las áreas de producción a la norma ANSI ESD 20/20-2007, es conexión de cableado en general, porque también se incumple con un 25% en áreas protegidas, y un 17 % con transportes de materias ESDS para hacer un aproximado de 71% de los problemas.

En el cuarto cuadrante de la siguiente tabla, se coloca la identificación del problema y el plan de acción a seguir, y con el cual trabajar para hacer que las líneas cumplan con el métrico. En esta fase se decidió tomar solo el primero para poder hacer manejable el problema porque se está hablando de toda la planta (véase Tabla No. 2).

**Tabla No.2: Plan de porqués, ejemplo para el análisis de causa raíz del proceso crítico.**

Proceso Afectado	Descripción del Problema	Análisis de Causa Raíz		Acciones Correctivas/Preventivas	Responsable	Fecha Inicio	Fecha de Cierre	Status	Comentarios
Conexión cableado general.	Las áreas protegidas ESDs en especial las estaciones de trabajo y maquinaria no cuentan con un punto equipotencial a tierra como indica la norma tabla 1 Equipotential / grounding	1er Porque?	Porque las mesas no esta aterrizadas a una tierra menor a 1ohm	<p><b>Contención:</b> Se genera e implementa plan de aterrizamiento de todas las estaciones a nivel planta para que cumplan con el requerimiento de la norma.</p> <p><b>Correctiva:</b> Se genera un documento para el aterrizamiento de mesas y maquinaria en general en el que se especifique de manera Grafica como se deben aterrizzar las estaciones y maquinaria y las áreas responsables de hacerlo.</p> <p><b>Prevención:</b> Se genera un formato de "Liberación de línea ESD" que se anexa al documento del Readinnes para que cuando el proyecto este en fase de arranque se libere la línea y sin el V.O.B.O. no se pueda arrancar la línea</p>	Gerente de ingenieria	Sep 07.	Abril 08.	Abierto.	
		2do Porque?	Porque no tienen un cable y un punto comun que las una a todas.		Coordinador ESD.	Sep 07.	Sep 07.	Cerrado.	
		3er Porque?	documento que indique que las mesas y la maquinaria deben estar conectadas a una tierra menor a 1 Ohm.		Coordinador ESD.	Sep 07.	Oct 07.	Abierto.	

**Fuente:** Elaboración propia.

### Del mapeo del proceso

Aspecto importante lo representa la revisión de la capacitación que actualmente se tiene en la empresa con respecto al ESD. Al respecto en el mapa de procesos, se identificó como crítico y grave el entrenamiento para el personal indirecto. Es decir, no existe un entrenamiento sólido para el personal de labor indirecta en lo que a control de cargas electroestáticas se refiere. Además el conocimiento básico que se imparte es el mismo que se imparte a los operadores. Por ello se concluye que desde este inicio los Ingenieros que deben de dominar las características técnicas del estándar de ESD, no conocen las implicaciones del fenómeno de generación y descargas electroestáticas, impidiéndoles con esto ejercer compras de herramientas (tales como instalaciones, estantes, desarmadores y todo lo que se involucra con la manufactura de tarjetas electrónicas) coherentes con el estándar además que no le dan la importancia necesaria, ya que lo consideran como un gasto innecesario de tiempo y dinero, puesto que no conocen las implicaciones de calidad que conlleva no seguir los lineamientos del estándar.

### Síntesis de los resultados

Los resultados obtenidos a través del benchmarking, muestran que la empresa tiene un serio atraso en lo que respecta al control de cargas electroestáticas, ya que nueve de diez puntos del proceso de gestión de control de cargas electroestáticas son mejorables. Esto tomando en cuenta que las tres compañías de la muestra considerada, tienen diferentes niveles de complejidad y que por ende manejan sistemas muy especializados, que si se aplicaran a la empresa caso de estudio, mejoraría de manera significativa el desempeño del sistema de control de cargas electroestáticas y reducirían los daños eléctricos provocados.

A través de la aplicación del cuestionario de ESD a la empresa caso de estudio, se pudo constatar que la compañía tiene un pobre desempeño tanto desde los aspectos administrativos, como en los aspectos técnicos de la norma; ya que no se cuenta con un sistema confiable y no hay un estándar dentro de la planta que defina como satisfacer a los requerimientos de la norma por las áreas de trabajo.

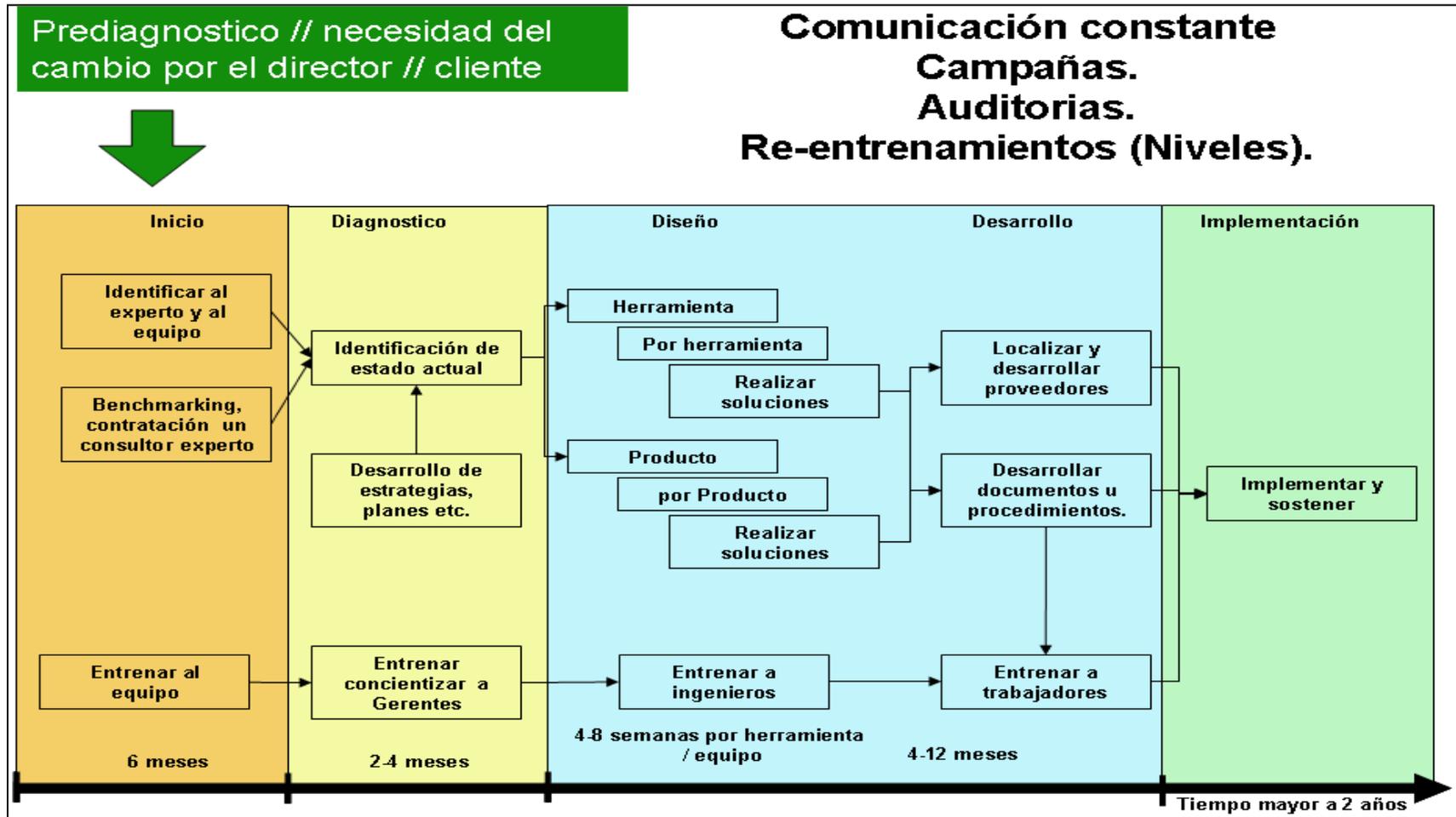
Finalmente, la información y el conocimiento es bajo ya que los programas de entrenamiento de la planta no definen un proceso que asegure que tanto el personal administrativo, como el personal de línea conozcan sus responsabilidades, y que se este actualizando. Con este análisis, se responde a las preguntas planteadas con base en la problemática que dio origen a este trabajo y en consecuencia dar cumplimiento a los objetivos de la investigación, procediéndose a presentar la propuesta de este trabajo.

## **V. La propuesta**

Con los resultados obtenidos, se propone un modelo de administración de operaciones para el control de cargas electroestáticas, que permita lograr una mejora en los procesos y se logren tres aspectos vitales en la industria electrónica (véase Figura No. 1):

- Adquirir el aprendizaje, para evitar las fallas eléctricas provocadas por los componentes sensibles a las descargas electroestáticas.
- Mejorar los estándares de calidad de los productos fabricados.
- Hacer más competitiva a la empresa.

Figura No.1: Aspecto conceptual del modelo propuesto de administración de operaciones para el control de cargas electroestáticas.



Fuente: Elaboración Propia con sustento en la empresa caso de estudio.

El modelo consta de cuatro etapas que pretenden ser un desarrollo paulatino principalmente del conocimiento del fenómeno electroestático, como controlarlo a través del desarrollo de la estructura ya implementada, de esta manera se liga el desarrollo del sistema para el control de cargas electroestáticas con un programa de entrenamientos hacia toda la organización. Estas etapas están divididas en actividades generales donde cada una de ellas posee puntos específicos para fortalecer la organización actual a través del entrenamiento y a través de la estructura administrativa. Las cuatro etapas son;

#### **Etapa de Inicio.**

Esta etapa como su nombre lo indica es la que abre el modelo de control de cargas electroestáticas. La estructura administrativa se ve reforzada al identificar al experto y al equipo que ayudará a implementar el modelo, se contrata a un consultor externo que asesore al experto y al equipo. El conocimiento de la empresa se verá reforzado, debido a que el equipo y el experto son capacitados a profundidad en el control de cargas electroestáticas, aquí es donde la Norma ANSI ESD 20/20-2007 sirve como guía para los entrenamientos y donde el experto se tiene que basar.

#### **Etapa de Diagnóstico.**

Después de la etapa de inicio, con el equipo entrenado y con el conocimiento de las debilidades de la empresa estudiada, se comienza con el diagnóstico de la empresa utilizando los cuestionarios desarrollados que deben de tomar como referencia los estándares mencionados en la norma ANSI ESD 20/20-2007. Esto con la finalidad de identificar el estado actual de la estructura de la empresa desde el punto de vista técnico y administrativo. Por la parte de entrenamiento en esta etapa se entrena a los gerentes y directores en lo que a ESD (Componentes sensibles a las descargas electroestáticas) respecta, para que estos puedan y tengan conciencia de las implicaciones, limitaciones y responsabilidades de sus subordinados, este entrenamiento debe ir enfocado primero a la creación de conciencia de los problemas que los eventos electroestáticos generan, como afectan a la calidad de los productos, también las limitaciones del estándar pero sobretodo el rol que cada uno de los involucrados (Líderes de departamento Calidad, pruebas, compras, manufactura e Ingeniería) tienen y que apoyo recibirán del grupo entrenado.

#### **Etapa de Diseño y desarrollo.**

En la etapa de diseño, se focaliza al experto y su equipo a dirigir, al equipo de la celda (Cliente) para implementar estándares que ya deben de estar documentados para facilitar el desarrollo de las características técnicas, y la revisión de las herramientas necesarias y/o especiales para cada cliente. Es aquí donde el experto y su equipo deberán de poner en práctica todo el conocimiento adquirido anteriormente para implementar soluciones y generar estándares únicos de la planta, referenciados en la Norma ANSI ESD20/20-2007 para las necesidades particulares de cada cliente.

Como reforzamiento del conocimiento de la empresa estudiada, se propone en esta etapa implementar un programa de entrenamiento para indirectos que deberá incluir a los mandos medios que tienen relación directa en la planeación de la producción tales como: Supervisores, Ingenieros de calidad, Ingenieros de manufactura, Ingenieros de pruebas, soportes de pruebas, Técnicos de calidad, Técnicos de procesos y personal de mantenimiento. Esto para asegurar que las decisiones que estas posiciones de trabajo tomen en cuenta y sean sustentadas con conocimiento de la Norma ANSI ESD 20/20-2007 y el fenómeno de descargas electroestáticas.

#### **Etapa de implementación.**

Esta etapa es la etapa final donde el trabajo realizado para fortalecer la parte administrativa que hace referencia a la norma ANSI ESD 20/20-2007, mejorando herramientas, estándares, procedimientos, y capacitando al personal, refleja los resultados implementando y sosteniendo el modelo de administración de operaciones para el control de cargas electroestáticas. Esto a través de la medición constante del cumplimiento con respecto al estándar ANSI ESD 20/20-2007 a través de las auditorías mensuales, por cliente y la generación de un reporte de cuatro cuadrantes y donde la calificación de cumplimiento forme parte de la evaluación de desempeño de cada proyecto en particular. Acciones en la junta de QIC (Comité de mejora e calidad por sus siglas en ingles) con respecto a la solución de los problemas encontradas, deberán ser documentadas, y revisadas por el experto en componentes sensibles a descargas electroestáticas. Por ultimo todo este sistema debe contar con comunicación constante donde el personal a través de campañas de concientización acerca del efecto electroestático y las descargas electroestáticas. Todas estas etapas siguen un orden de tal manera que no es posible que una etapa se adelante a la otra porque se pondría en riesgo la implementación del modelo propuesto. El modelo posee también una escala de tiempo que permite visualizar cuanto durara cada etapa, estos tiempos son propuestos de acuerdo a la experiencia de este trabajo y la intención es acotar y declarar desde un principio cuanto tiempo se necesita para tener un sistema de control de cargas electroestáticas en la organización en cuestión.

#### **VI. Conclusiones y recomendaciones**

La industria electrónica, en particular la establecida en México y en específico la ubicada en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, enfrenta un importante reto de atender la problemática que presentan las cargas electroestáticas debido al incremento en la escala de integración de estos productos que son manufacturados y que suelen tener una mayor cantidad de terminales en un menor espacio. A este respecto y derivado de este trabajo se propone un modelo de administración de operaciones para el control de cargas electroestáticas, tomando como base la norma ANSI ESD 20/20-2007, modelo que integra un conjunto de estándares que aseguran el correcto manejo de los

componentes sensibles a las descargas electroestáticas y que es avalada por la ANSI y, además nos permitirá incrementar la competitividad.

La implementación del modelo propuesto requiere de las siguientes recomendaciones:

- Asegurar el compromiso del nivel Staff gerencial, mandos intermedios y operadores para que los puntos de la norma ANSI ESD 20/20-2007, lleven a la práctica las recomendaciones que se hacen.
- Hacer entrenamientos para diferentes niveles de tal manera que a mayor jerarquía mayor conocimiento en el fenómeno de ESD y crear apoderamiento y cultura en ESD dentro del personal.
- Analizar los resultados de la auditorías para hacer un reforzamiento de la información de los puntos que el personal debe enfocarse para incrementar el nivel de cumplimiento de las auditorías internas (lograr 90%) y externas de clientes o de tercera parte.
- Incrementar al 100 % la cobertura para personal directo e indirecto.

Aunque aparentemente se trata de lo mismo, capacitar en ESD no es igual para todos los niveles. Existen algunos que deben de tener un nivel más alto y otros que deben conocer lo básico pero con un alto nivel de compromiso, es por ello que el entrenamiento de personal indirecto y directo debe ser diferente.

## VII. Referencias

Cámara de la Industria Electrónica (CANIETI)

Consejo para la competitividad. Secretaria de economía, México Octubre 2002

ESD Association, Rome, N.Y., 2010.

ESD 20TR4.0-01-02 Survey of Worksurfaces and Grounding Mechanisms, Author: Working Group 4, Worksurfaces.

Globalización competitividad y México (2008). Por Sergio Órnelas Editor México-now año 6, Numero 32, Pág. 15-36.

GUIA PARA UTILIZAR LA TECNICA DE 4 CUADRANTES

[www.apqc.org](http://www.apqc.org)

[www.esda.org/esd-fundamentals.html](http://www.esda.org/esd-fundamentals.html)

NORMA ANSI ESD 20/20-2007. Standard for the Development of Electrostatic Discharge Control Program, ESD Association, Rome, N.Y.

ESD-TR 20.20, Handbook, ESD Association, Rome, N.Y.

Part One--An Introduction to ESD History and background

Part Two--Principles of ESD Control

Part Three--Basic ESD Control Procedures and Materials

Part Four--Training and Auditing

Part Five--Device Sensitivity and Testing

Part Six--ESD Standards.

Yasin, Mahmoud M. (2002). The Theory and practice of Benchmarking : Then and now., Benchmarking ; 9,3, ABI/INFORM GLOBAL, p.217.