



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PRÁCTICA PROFESIONAL**

**EMPIRE ELECTRONICS HONDURAS**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:**

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21641216**

**HECTOR JONATHAN SANTOS PORTILLO**

**ASESOR: MAX CARRASCO**

**CAMPUS: SAN PEDRO SULA**

**ENERO 2021**

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe muestra a detalle cada una de las actividades que se me fueron asignadas durante la duración de la practica profesional realizada en Empire Electronics, previo a la obtención del titulo de Ingeniería en Mecatrónica en UNITEC.

El enfoque principal de la practica profesional en Empire Electronics fue la capacidad de aprendizaje y mi habilidad para trabajar en equipo en un departamento determinado de la empresa como lo fue NPI, aplicando los conocimientos aprendidos, habilidades técnicas aprendidas en UNITEC. Debido a los grandes avances de la tecnología, hoy en día la creación de placas es en base a maquinas que las imprimen en masa. Las Placas de Circuito Impreso (PCB) están en cualquier dispositivo electrónico. Estas PCB se crearon para evitar el extenso cableado de los componentes electrónicos, ya que estos abarcaban una gran cantidad de espacio e igualmente si presentaban un problema, seria de mayor dificultad identificar el problema.

En la industria automotriz se emplean arneses con el propósito de enviar información de los componentes eléctricos y electrónicos. Para la elaboración de estos se necesita que haya un ambiente controlado.

**Palabras clave:** *industria automotriz, placas de circuito impreso, NPI*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Lista de Siglas y Glosario .....	9
Capítulo I. Introducción .....	10
Capítulo II. Generalidades de la Empresa .....	11
2.1 Descripción de la Empresa.....	11
2.1.1 Misión .....	12
2.1.2 Visión .....	12
2.1.3 Principios y Valores.....	12
2.2 Descripción del Departamento o Unidad .....	14
2.3 Objetivos del Puesto .....	14
2.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	14
2.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	14
Capítulo III. Marco Teórico .....	16
3.1 Placa de Circuito Impreso PCB .....	16
3.2 Cuarto Limpio .....	18
3.3 Descarga Electrostática .....	20
3.4 Ingeniería de Procesos .....	21
3.5 Línea de Trabajo (SMT) .....	22
3.5.1 Transportadores.....	23
3.5.2 Impresora Laser.....	23
3.5.3 Impresora de Plantillas .....	24
3.5.4 Soldar Paste Inspection (SPI) .....	25
3.5.5 Iflex – Pick and Place .....	26

3.5.6 Soldadura por Reflujo.....	27
3.5.7 ICT .....	29
3.5.8 AOI .....	29
Capítulo IV. Desarrollo .....	31
4.1 Descripción del Trabajo Desarrollado .....	31
4.1.1 Semana 1 .....	31
4.2.2 Semana 2.....	32
4.2.3 Semana 3.....	33
4.2.4 Semana 4.....	34
4.2.5 Semana 5.....	35
4.2.6 Semana 6.....	36
4.2.7 Semana 7.....	37
4.2.8 Semana 8.....	38
4.2.9 Semana 9.....	39
4.2.10 Semana 10.....	40
Capítulo V. Conclusiones.....	44
Capítulo VI. Recomendaciones .....	45
Bibliografía.....	46

## LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

**PCBA:** Printed Circuit Board Assembly Division

**SMT:** Surface-Mount Technology

**SPI:** Solder Paste Inspection

**ICT:** In Circuit Testing

**AOI:** Automatic Optical Inspector

**ESD:** Electrostatic Discharge

**THT:** Through Hole Technology

**SPC:** Statistical Process Control

**Buffer:** Es un dispositivo encargado de apilar paneles cuando la línea de producción se encuentra parada.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

A continuación, se presentará algunas generalidades acerca de la empresa Empire Electronics, así como las principales áreas de trabajo en el departamento que se me fue asignado.

El presente trabajo expone cada una de las actividades realizadas en la practica profesional durante el periodo de 10 semanas en la empresa Empire Electronics. Esta planta se concentra en la fabricación de placas electrónicas. Hoy en día, los dispositivos electrónicos están compuestos por placas electrónicas (PCB) para su funcionamiento y para reducir el tamaño de este. La manufactura de placas electrónicas es de gran importancia en la industria y su demanda está en constante aumento. Empire Electronics es una compañía que fabrica estas placas electrónicas, estando ubicada en San Pedro Sula, Honduras y exportando el 100% de sus productos.

La Práctica Profesional se realizará en la empresa Empire Electronic Honduras en un periodo de tiempo que comprende desde enero hasta marzo del año 2021 en el área de procesos y luego siendo trasladado a al área de NPI en la planta de PCBA (*Printed Circuit Board Assembly Division*).

Empire Electronics es una compañía que hace uso de ambos tipos de producción de líneas de ensamblaje (THT Y SMT), la tecnología que usan es de montaje superficial, esta es por medio de robots los cuales se conocen como iflex en la planta, este tipo de proceso este hecho por una línea completa automatizada de producción. Uno de los principales objetivos es lograr mejorar la maquina ICT ya que esta tiene demasiados falsos debido a varias razones e identificar el problema suele ser muy tedioso ya que se debe ver uno por uno a ver que es lo que esta fallando esta vez, esto provocando ineficiencia en la línea y se termina parando. Igualmente tendré que realizar programas para placas nuevas en las maquinas, esto siendo de sumo cuidado ya que, si se programa mal, toda la corrida saldrá mal provocando danos económicos a la empresa.

En el presente informe se presentarán las generalidades de la empresa e igualmente se describirá el puesto de trabajo al cual fui asignado, seguidamente se hablará del marco teórico con la información relacionada a la planta y el desarrollo de las actividades en una forma cronológica. Por último, se darán las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En el presente capítulo se hace referencia sobre algunos de los datos característicos de la empresa Empire Electronics, asimismo se da a conocer tanto su misión como visión y la descripción correspondiente al departamento de acabado.

### 2.1 Descripción de la Empresa

Empire Electronics Inc. es el proveedor líder de automoción de América del Norte en componentes y sistemas de componentes de iluminación y dirección. Colaboran con fabricantes de equipos originales y proveedores automotrices para diseñar, desarrollar y fabricar una gama completa de productos eléctricos y electrónicos, como ensamblajes de placas de circuito impreso con LED, sistemas de portalámparas sellados, sistemas de bocina, sistemas de detección de objetos traseros y sistemas eléctricos de cámaras, conectores eléctricos y componentes moldeados por inyección de plástico. Con sede en Troy, Michigan, fabricados en Honduras y con centros de distribución ubicados estratégicamente en los Estados Unidos y Europa, sirven activamente a clientes en América del Norte y en todo el mundo.



---

Ilustración 1-Logo de Empire Electronics

Fuente: (Empire Electronics, 2019)

Las operaciones de fabricación de Empire Electronics se basan en una instalación de fabricación de 240,000 pies cuadrados en San Pedro Sula, Honduras. Esta instalación integrada verticalmente alberga el moldeo por inyección de plástico de Empire Electronics, el encapsulado, el ensamblaje de la placa de circuito impreso, el sobre moldeo, el ensamblaje del arnés de

cableado, la fabricación de cables y las capacidades de ensamblaje electrónico. La compañía cuenta con un personal de más de 4,000 personas de ingeniería, gerencia y ensamblaje en Honduras.

### **2.1.1 Misión**

Desde 1981, hemos desarrollado una cadena de suministro integrada verticalmente destinada a satisfacer las necesidades de nuestros clientes. Gracias a nuestras capacidades de ingeniería, fabricación y pruebas hemos reducido los costos y aumentado la calidad, todo en el esfuerzo de llevar los componentes de nuestros clientes, desde el diseño hasta la validación lo más rápido posible. En Empire, nos adherimos estrictamente a las especificaciones de nuestros clientes y nos aseguramos de que se cumplan todos sus requisitos.

### **2.1.2 Visión**

En Empire, aspiramos a convertirnos en el mejor proveedor automotriz del mundo. Al exceder constantemente los estándares de la industria en términos de calidad y costos y ser conscientes del medio ambiente, nuestro objetivo es superar las expectativas de nuestros clientes con nuestros productos y servicios. A través de nuestro equipo directivo altamente calificado y nuestra fuerza laboral dedicada, nos esforzamos por liderar e innovar nuestro camino para tener más éxito en el futuro.

### **2.1.3 Principios y Valores**

- 1) Integridad: valor inculcado desde lo más alto de la gerencia de la corporación, honestos, sensibles, bondadosos solidarios y con un fuerte discernimiento entre lo correcto y lo incorrecto.
- 2) Responsabilidad: Posee un gran sentido del deber, por lo que se cumplen tareas con alta diligencia y buena disposición, para hacer de la empresa la más confiable en el rubro.
- 3) Innovación Y la Mejora Continua: Busca permanentemente innovar; aplicando en los procesos técnicos novedosas, que permitan garantizar resultados en tiempo y forma.

- 4) **Iniciativa:** La proactividad es una de las virtudes más destacadas, ya que cada uno de sus asociados está suficientemente compenetrado con la estrategia de Russell Corp., como para aportar soluciones originales y anticipar necesidades.
- 5) **Compromiso:** convicción inquebrantable de cumplir diariamente con labores que llevan al éxito, es alimentado por una respuesta firme por parte de la empresa.
- 6) **Promover y motivar el desarrollo de la mejora continúan** en sus recursos y procesos de la empresa.
- 7) **Cumplimiento de las leyes:** La empresa exige que todos los establecimientos manufactureros tanto como proveedores y contratista funcionen de conformidad con los requisitos de las leyes aplicables.
- 8) **Salud y seguridad:** Las condiciones imperantes en los establecimientos tienen que ser de seguridad y limpieza, debiendo cumplir o superar los requisitos de todas las leyes y reglamentaciones aplicables en cuanto a salud y seguridad.
- 9) **Los trabajadores, así como los contratistas y proveedores** deben estar capacitados y equipados para realizar su trabajo en forma segura.
- 10) **Trabajo forzoso:** Está prohibido el uso de trabajo forzoso u obligado, el trabajo en condiciones de explotación y el trabajo en régimen de servidumbre.
- 11) **Acoso o abuso:** Están estrictamente prohibidos el castigo corporal y cualquier otra forma de acoso, abuso o coerción, sea de naturaleza física o mental.
- 12) **Discriminación:** Está prohibida la discriminación en la contratación, paga, promoción, disciplina, terminación de la relación de empleo u otros términos o condiciones de empleo, por razones de características personales, creencias u otros criterios legalmente protegidos.
- 13) **Seguridad:** La compañía mantendrá procedimientos de seguridad tendientes a evitar la introducción de carga no declarada (drogas u otros elementos de contrabando) en los embarques de sus productos.
- 14) **Libertad de asociación:** La compañía reconoce y respeta los derechos de los empleados a asociarse libremente y a celebrar convenios colectivos de trabajo.
- 15) **Cumplimiento de las normas medioambientales**

16) Aviso y mantenimiento de registros: Este código de conducta deberá exhibirse en un lugar accesible para todos los empleados y visitantes (en el idioma que corresponda).

## **2.2 Descripción del Departamento o Unidad**

El departamento de procesos de Empire Electronics se encarga de velar que las maquinas estén funcionando correctamente y de la mejor manera posible, se encarga que hayan la menor cantidad de falsos posibles y la menor cantidad de placas malas por errores de las maquinas, esto se hace mejorando los programas, ya sea cambiando la posición en la que se colocan las piezas o cambiando valores en los programas, ya si el problema que presenta la maquina es más mecánico y no de sistema, se llama a mantenimiento.

## **2.3 Objetivos del Puesto**

El cargo desempeñado en la empresa Empire Electronics es de Ingeniero en Procesos para dar soporte en el área de producción.

### ***2.3.1 Objetivo General***

Solucionar fallas y errores que se presenten en las máquinas diariamente para minimizar los tiempos muertos en la producción debido a los falsos que puede presentar la maquina y así producir la mayor cantidad de placas en el menor tiempo posible.

### ***2.3.2 Objetivos Específicos***

- 1) Crear programas para las máquinas y buscar mejoría para estos, haciendo el tiempo de desarrollo más corto.
- 2) Resolver los errores presentes en las máquinas ya sean técnicos o de programación.
- 3) Adaptar las máquinas para cambio de producto lo más rápido posible.

## 2.4 Division de puestos en planta PCB, Empire Electronics

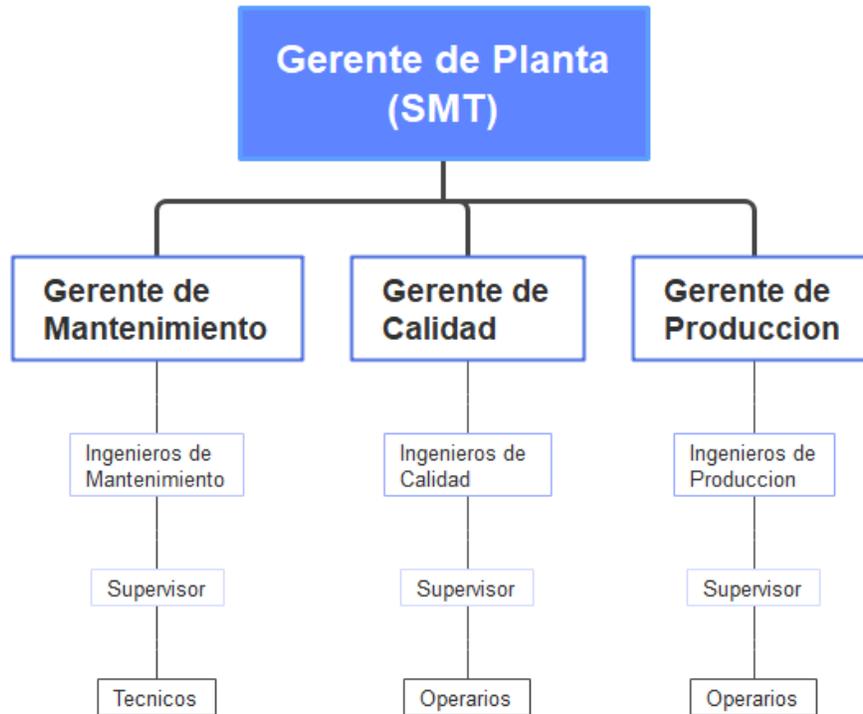


Ilustración 2. Pirámide de puestos según importancia

Fuente: Propia

## **CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se expondrá de manera más detallada los conceptos necesarios, explicando de manera general las placas electrónicas y las cosas a tomar a consideración al momento de trabajar con ellas y en ellas, ya que se debe hacer en un ambiente muy controlado para evitar cualquier daño o falla a corto plazo en la placa. Se hablará de las máquinas utilizadas en la línea de producción y los tipos de cambios que se hacen en los programas para poder mejorar la automatización de estas o los problemas en el sistema que pueden mostrar. También como nota las placas PCB se sigue un proceso similar al de un procesador, aunque con un menor nivel de complejidad. (Khandpur, 2005)

### **3.1 Placa de Circuito Impreso PCB**

Alrededor de 1936 el Ingeniero Paula Eisler fue la primera persona en realizar una placa de circuito impreso para una parte de un radio. Luego en 1943 Estados Unidos se analizaba el entorno del problema planteado y como este afectaba las variables de la investigación. (Hernández Sampieri et al., 2010).

Hoy en día hay una gran cantidad de material eléctrico en el mercado. En este contexto, tanto la calidad como la fiabilidad de los bienes son esenciales para su ventaja competitiva. El control de cada etapa de fabricación, comenzando con la de impresión placas de circuitos (PCB), lo hace perfectamente posible. PCB es una placa que contiene un material conductor y componentes, que actúan en sincronía para producir un diseño respuesta. Los PCB se basan en circuitos eléctricos, que son impreso o soldado en la placa para obtener los resultados deseados. (Kanygina, 2019)

Al probar PCB, su apariencia debe ser minuciosamente examinado; Significa comprobar instrumentalmente su geometría dimensiones, evaluando la exactitud de sus fabricaciones de componentes y alineación de nivel a nivel, comprobación de la metalización de los agujeros y su resistencia a carga de corriente, determinando la continuidad de los circuitos y la resistencia del aislamiento, también. (Rabinovich & Epstein, 2018)

Se puede decir que una placa es una forma de realizar conexiones eléctricas entre los componentes sin utilizar cables, en vez de ello, esta usa pistas de cobre adheridas a una placa aislante basada en fibras de vidrio y baquelita (Martín Castillo, 2017).

Un gradiente de metal de PCB más alto (50%) mostró un ELK más alto tasa de fallas después de la confiabilidad del nivel de placa en 1.0mm. La definición de gradiente de metal de PCB significa en pequeña área (4x4 mm<sup>2</sup>), la uniformidad del metal del PCB (max-mini). En Regla general de diseño de PCB, más uniforme es mejor. Mayor el gradiente de metal de PCB generará un efecto de carga cuando realizando confiabilidad a nivel de placa. (Chiu, 2019)

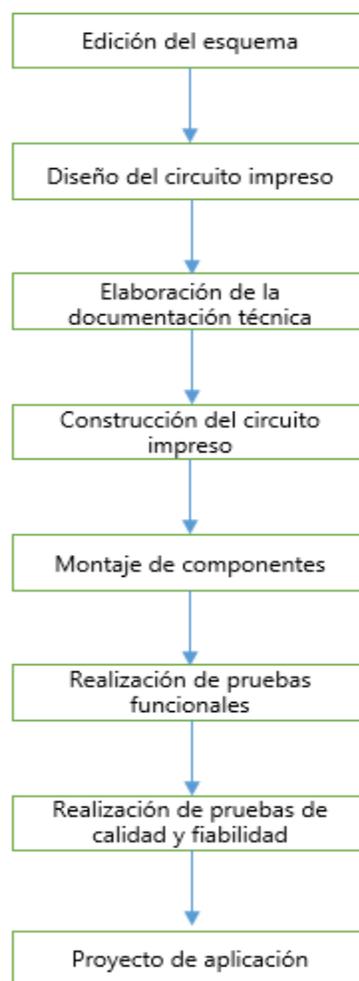


Ilustración 3-Proceso para la construcción del circuito impreso

Fuente: (Palero Crespo, 2000)

En los últimos años, las señales en las placas de circuito impreso se vuelven más rápidas y las placas de circuito impreso se han vuelto tan compactas que el diseño de inmunidad al ruido se ha vuelto difícil. Por tanto, la mejora de la calidad del suministro eléctrico en la fase de diseño de placas de circuito impreso es cada vez más importante. Para el diseño de integridad de potencia o señal en placas de circuito impreso, casi tridimensional. La simulación electromagnética fue ampliamente utilizada, sin embargo, para el diseño de inmunidad al ruido rara vez se ha utilizado porque las limitaciones de la simulación para el diseño de ruido la inmunidad no fue completamente investigada. (Kamikura, 2015)

Las placas de circuito impreso (PCB) se ven en todos los dispositivos de la actualidad, antes de estos, los componentes estaban llenos de cables y circuitos integrados e incluso resistencias se repartían entre todo el chasis de la máquina. Después China comenzó una producción mundial masiva de PCB hasta 2018 la cual representaba la mitad de la producción mundial y debido a esto las producciones en otros países disminuyeron considerablemente. (N.T Information Ltd., 2017)

Cada que pasan los años y la tecnología avanza, las placas de circuito impreso han disminuido su tamaño, pero así mismo como han bajado de tamaño su complejidad ha aumentado, como ser en el número de capas, número de componentes instalados, método de montaje, etc. (Johnson, 2018).

### **3.2 Cuarto Limpio**

Un cuarto limpio es una habitación donde se controlan los niveles de humedad y el flujo del aire por medio de filtros para así poder tener la máxima pureza de aire y al mismo tiempo eliminar los contaminantes, igualmente en la industria de la electrónica se utiliza para evitar corrosión y descargas electrostáticas (Valdez Salas, 2006).

Hay que destacar que con todo el aire que entra a esta zona de trabajo esta pasa por los filtros HEPA, haciendo un aire aun mas puro que el de un avión y se produce un flujo de aire unidireccional, ya que este se mueve en el área con una velocidad uniforme y así logrando eliminar las partículas en la zona. (AA. VV, 2017).

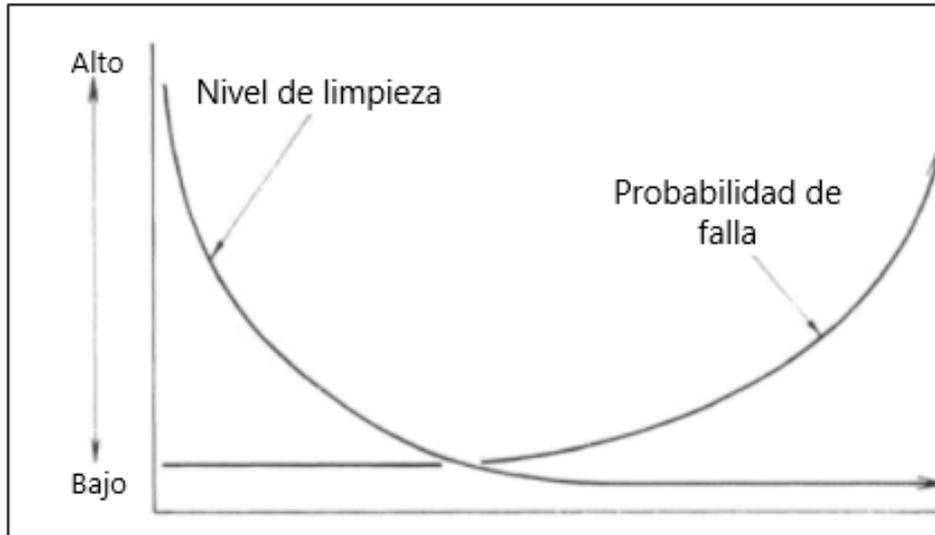


Ilustración 4- Probabilidad de fallo de los componentes por el nivel de limpieza

Fuente: (Phillips & Runkle, 2019)

En la sala limpia de la industria, se utilizan cientos de productos químicos durante la fabricación, algunos de los cuales se evaporan fácilmente y tienen un amplio rango de inflamabilidad. En los últimos años, los incendios que involucraron sala limpia en instalaciones de fabricación de semiconductores han causado pérdidas importantes. Es vital para comprender las características de temperatura cerca del techo de un fuego de banco húmedo en las primeras etapas del crecimiento del fuego de modo que se puedan instalar detectores de incendios y rociadores tomado para prevenir consecuencias catastróficas. (Huo et al., 2009)

La sala limpia es el componente más importante del aire. sistema de acondicionamiento y filtración para microelectrónica. Los Requisitos actuales para aire acondicionado y sistema de filtración, son los valores de temperatura y humedad del aire en una sala limpia, teniendo en cuenta la presencia de personal y los equipos tecnológicos deben mantenerse a un nivel constante con desviaciones menores. Los parámetros requeridos del microclima. la provisión en la sala limpia son un importante y real problema. La calidad de los productos elaborados depende de la calidad del aire suministrado en la sala limpia, así como salud y eficiencia del personal. (Oo et al., 2018)

Para maximizar las medidas de seguridad del ambiente en el cuarto limpio también se deben utilizar guantes, tapabocas y botas con antiestática, esto con el fin de evitar partículas de polvo u otros materiales tanto en el cuarto como a los empleados, igualmente estas se utilizan para que ninguna placa se vaya a ver dañada por la estática que produce el operador. (Carrillo, 2009).

### **3.3 Descarga Electroestática**

Con el rápido desarrollo de la ciencia y la tecnología, equipos e instrumentos electrónicos de productos electrónicos han sido más inteligentes y de mayor grado integrados. Los circuitos integrados de alta precisión se han vuelto indispensables dispositivos en la industria electrónica. Pero en la producción industrial y la vida diaria de las personas del fenómeno de la electrostática La descarga es bastante común, puede producir instantáneamente un espectro muy amplio de campo electromagnético, lo que resulta en un gran número de fallas graves de productos electrónicos. (Shichao et al., 2017)

Un evento de electricidad electrostática llega a resultar en un pulso de corriente decadente proporcional al nivel de la diferencia de potencial electrostática y el aumento de tiempo y corriente determinado por la impedancia de la conexión. La transferencia de ESD puede ocurrir por contacto o por vía de un ambiente ionizado. (Vashchenko & Scholz, 2014).

Los elementos del modelo correspondientes son requeridos para reflejar tal fenómeno físico inevitable bajo Estrés ESD. Eventualmente, un punto de daño irreversible será alcanzado, donde el dispositivo deja de funcionar. Se requieren modelos de falla para predecir tal fracaso duro. Para tensiones transitorias, especialmente aquellas con aceleración rápida, la unidad de protección ESD debe responder lo suficientemente rápido para evitar un sobre impulso de alto voltaje que daño a los circuitos centrales. (Li et al., 2019)

Las descargas electrostáticas (ESD) son de las amenazas más frecuentes a la integridad de componentes electrónicos y circuitos integrados, pero son muy fáciles de controlar si se toman las medidas necesarias. En el proceso de la descarga pasa un alto nivel de corriente en un periodo de tiempo corto a través del objeto y esto provocando el mal funcionamiento de la placa. Cuando un microchip o algún sistema electrónico se exponen a una descarga electrostática, la gran

cantidad de corriente inducida puede llegar a dañar el microchip y provocar un mal funcionamiento del sistema electrónico o puede incluso matar la placa. (Oliva Haba et al., 2019)

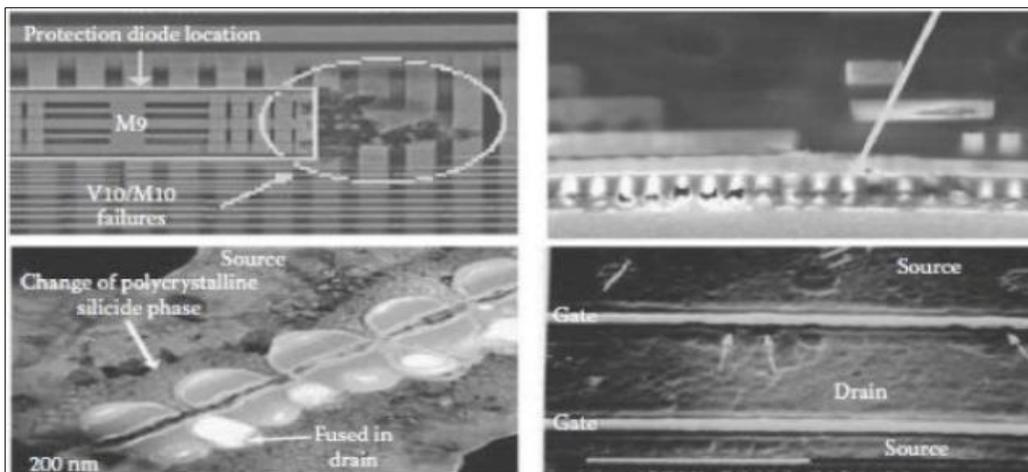


Ilustración 5-Daños producidos por ESD

Fuente: (J. Liou, 2015)

Compatibilidad electromagnética (EMC) significa que una pluralidad de sistemas y componentes electrónicos no producen interferencia electromagnética intolerable cuando están en el mismo Entorno electromagnético. La descarga electrostática es una rama importante de la compatibilidad electromagnética, y es dividido en dos partes de descarga de contacto y sin contacto, de hecho, la descarga sin contacto es más común e importante ya que las descargas electrostáticas sin contacto se ven afectadas por múltiples factores, la velocidad de movimiento del cuerpo cargado, el voltaje de descarga, presión, temperatura o incluso la humedad afectarán la descarga. (Wangchengzhuo et al., 2017)

### 3.4 Ingeniería de Procesos

Los Ingenieros de procesos en el sector de la fabricación, los ingenieros de procesos están involucrados en la planificación, gestión, coordinación y control del proceso de fabricación. Se aseguran de que los productos producidos por los fabricantes se creen de manera eficiente y rentable, cumpliendo al mismo tiempo con las normas de salud y seguridad y los estándares de calidad.

Un ingeniero de procesos es responsable de desarrollar, instalar y monitorear los equipos y procesos que convierten las materias primas en un producto final. Como tal, su trabajo puede ser extremadamente variado. En empresas más grandes, los ingenieros de procesos pueden especializarse en un área de nicho, pero en instalaciones más pequeñas, un ingeniero de procesos puede ser responsable de una gran variedad de tareas. (Rolland, 1998)

Estas tareas pueden incluir:

- Investigación y desarrollo de nuevos equipos (esto puede incluir responsabilidades de diseño)
- Supervisión del equipo, incluidas pruebas periódicas y garantía de que se llevan a cabo las tareas de mantenimiento.
- Realización de documentación para demostrar y asegurar el cumplimiento de normativas y protocolos tanto internos como externos
- Supervisión de procesos y trabajo para mantener la optimización de la línea de producción
- Ayudar a los técnicos de procesos en la resolución de problemas en caso de un problema
- Recopilación, interpretación y redacción de informes de datos
- Presentación de datos e informes a colegas senior y gerencia.
- Instalación de nuevos equipos
- Evaluaciones de riesgos de los equipos y procesos que se utilizan. Por supuesto, esto se refiere a la seguridad del personal dentro de la planta, pero esto también puede extenderse hacia afuera para incluir cosas como el impacto ambiental.
- Evaluación continua de equipos y procesos para garantizar que tanto la eficiencia como la calidad sigan siendo altas
- Responsabilidades presupuestarias
- Uso de software de simulación en el desarrollo de nuevos procesos

### **3.5 Línea de Trabajo (SMT)**

Antes, todo PCB se montaba a mano mediante una plancha de soldadura. A medida que la tecnología ha avanzado, los componentes se hacen más pequeños y difíciles de montar a mano y la cantidad de componentes que pueden caber en una sola placa aumenta. Por lo que se

desarrolló la necesidad de un montaje automático mientras transportadores y robots. (Archambeault, 2002)

La planta de Empire Electronics cuenta con 4 líneas SMT, las cuales trabajan las 24 horas del día a menos que haya mantenimiento en estas, el tiempo que se para la línea debido al mantenimiento es indefinido, todo depende a la gravedad del problema que presenta la máquina. Estas líneas se encargan de hacerle un código QR a la placa, ponerle pasta, colocar sus componentes y luego soldarla. En la figura 1 podemos observar la ubicación de cada una de las maquinas que se encargan de llevar a cabo el proceso de las placas.

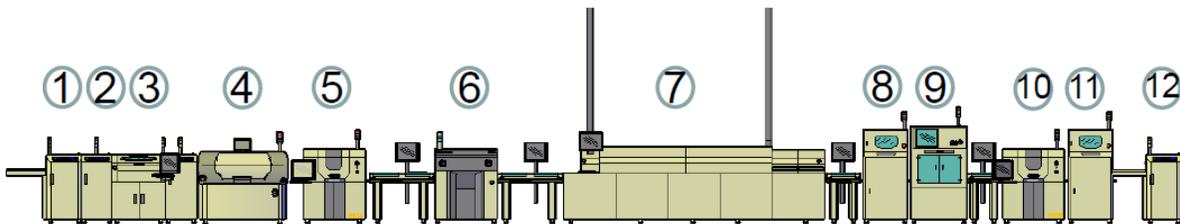


Figura 6. Línea SMT

Fuente: (Empire Electronics, 2015)

### 3.5.1 Transportadores

Estas máquinas son las encargadas de simplemente transportar la placa de una maquina a otra, podemos ver bastantes de estas a lo largo de la línea, en la Figura 1 podemos observar que las maquinas que están en medio de cada máquina, son las transportadoras, estas no tienen ninguna otra función que esta, ya en línea cuando una placa esta defectuosa pues se abren estas transportadoras y se saca la placa para marcar los fallos que esta trae.

### 3.5.2 Impresora Laser

La primera máquina en el proceso de fabricación es la impresora láser, que está diseñada para imprimir códigos QR en cada uno de los paneles en una misma placa que corren en la línea. Estos códigos QR contienen información importante para la placa y para el cliente, lo que esta diga

depende completamente de lo que el cliente desee y se usan más que todo para tener un control de la cantidad de placas y paneles y así mismo dar seguimiento a este.



Ilustración 7- Impresora Laser

Fuente: Elaboración Propia

Es de gran importancia introducir correctamente el código de barra, ya que aquí esta toda la información de la placa e incluso este código puede cambiar según paneles en la misma placa, estos contienen ya sea el código del proveedor, fabricación, datos de trazabilidad y en ocasiones, incluso el país donde se creó la placa y paneles. (Wimmer et al., 2009)

### **3.5.3 Impresora de Plantillas**

Una vez que se haya impreso el código QR, el panel sale de la maquina laser entra a un transportador y luego ingresa a una impresora de pasta de soldadura, esta, está diseñada para aplicar plasta de soldadura mediante una plantilla y escurrimientos en las almohadillas hechas en la PCB. (Jeffus, 2009)



Ilustración 8- Impresora de plantillas

Fuente: Elaboración Propia

Esta impresora de plantillas cuenta con un sistema en el cual se cargan los programas correspondientes de cada panel, cuando el panel nuevo en la línea, igualmente en la misma maquina se puede hacer el programa para este muy fácilmente. Esta máquina tiene capacidad para dispensar la pasta ella sola e igualmente tiene reconocimiento de fiduciales por alineación. La presión de impresión, la velocidad de impresión y la velocidad de separación se organizan dependiendo el producto asignado así permitiendo una mejor personalización y ejecución del proceso. Cuenta con una dispensación automática de pasta de soldadura con alineación laser de altura e igualmente tiene un sistema automático reprogramable de limpieza debajo de la pantalla.

### **3.5.4 Soldar Paste Inspection (SPI)**

Después de colocar la pasta en la placa, hay que verificar que la pasta se haya aplicado correctamente, que no haya ningún corto y que todos los pads tengan suficiente pasta para luego colocar el componente y se suelde correctamente. Para esto se usa la SPI (Inspección de pasta de Soldadura), encargada de analizar la altura, área, volumen y los ejes de cada panel.



Ilustración 9- SPI

Fuente: Elaboración Propia

En este proceso se controla el rendimiento de la maquina impresora, se espera que haya un error dos o tres veces por hora, ya que la tasa de precisión de la maquina es del 98%. Cuando muchos defectos ocurren, pasando los 2 y son en el mismo lugar, la línea se detiene, esta es la primera máquina que analiza si hay defectos en la placa.

### 3.5.5 Iflex – Pick and Place

Una vez que se haya confirmado que la PCB impresa tiene aplicada la cantidad correcta de pasta de soldadura, se traslada mediante otro transportador a la siguiente máquina del proceso de fabricación que es la pick and place que se encarga de la colocación de los componentes en las placas. Cada componente lo recoge los brazos robóticos utilizando un toolbit de su embalaje, este toolbit aspira el componente y comprueba su tamaño por medio de un sistema de visión y láser y lo coloca en la ubicación programada a una alta velocidad. (Aparicio, 2010)



Ilustración 10- iFlex

Fuente: Elaboración Propia

Hay una gran variación en las máquinas disponibles en el proceso de pick and place y esto depende mucho en gran medida de la empresa y del tipo de máquina que deseen seleccionar para el proceso. Un ejemplo, sería que, si el negocio se enfoca en grandes cantidades de construcción, la tasa de colocación sería el mayor enfoque de estos, así que se buscaría una línea de iFlex capaz de producir a alta velocidad, en otro lado si el enfoque es un lote pequeño o mediano, entonces la flexibilidad de la línea sería lo más importante. (Aparicio, 2010)

### **3.5.6 Soldadura por Reflujo**

Una vez los componentes han sido colocados en las placas, estas placas se envían mediante otro transportador hacia una máquina de reflujo. Esto se debe a que se busca adherir los componentes a la placa y por lo tanto se busca solidificar la pasta de soldadura. El montaje de PCB logra esto por medio del proceso llamado "reflujo". Esta máquina es de las más difíciles de programar por

el perfil que se debe hacer y que quede correcto, esto es clave para garantizar uniones de soldadura aceptables sin dañar las piezas o el montaje debido al calor excesivo. (Manko, 2001)



Ilustración 11. Soldadora por reflujo

Fuente: Elaboración Propia

Cuando la soldadura que se utiliza no contiene plomo, un ensamblaje cuidadosamente perfilado es lo más importante debido que la temperatura de reflujo requerida a menudo puede ser bastante cercana a la temperatura nominal máxima de bastantes componentes, por esto mismo el perfilado de estos programas es de los más difíciles, entre más componentes, más cosas a tomar a consideración para el mejor perfilado de estos. (Verrone, 2006)

Este horno consta de varias zonas de temperatura, o sea el horno está dividido en varias zonas y estas pueden tener diferentes temperaturas, estas zonas se programan según la placa ya que dependerá mucho de sus características térmicas y de cada componente. Se utiliza la pasta de soldadura como controlador para la línea de base del perfil térmico y esta es aprobada por el proveedor de LED siempre que hay un nuevo perfil ya que este suele ser el componente más delicado de las placas. En cada horno hay doce zonas de temperatura diferentes, están constan de convección por medio de circuito cerrado el cual permite un calentamiento más rápido de la zona y un mejor control de ella.

### 3.5.7 ICT

Al salir las placas del horno estas pasan de un transportador a un buffer el cual se encarga de almacenar hasta veinticinco placas, luego el buffer manda las placas a la ICT (pruebas de circuito), que es básicamente un probador estructural y bastante funcional con la capacidad de medir el valor real de los componentes e incluso probar LEDs utilizando fotoceldas. Esta misma tiene la capacidad de detectar el color del LED y rechazarlo si este llegara a salir de un color diferente.



Ilustración 12. ICT

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.8 AOI

Una vez la placa sale de la ICT está la manda a un transportador para mandarla a la última máquina de inspección está siendo la AOI la cual verifica la calidad de la junta de la soldadura, más que todo para detalles superficiales, pero también tiene la capacidad de verificar si todo ha sido bien colocado y que no hubo un error en la línea. La mejor manera de verificar todo esto es por mediante de la anteriormente mencionada maquina AOI ya que esta revisa la presencia de los componentes, valor y polaridad. (Pareja Aparicio, 2010) A menudo, el movimiento durante el

proceso de reflujo dará como resultado una muy mala calidad de conexión o una falta total de conexión en alguna parte de la placa. Los cortos en los circuitos podrían ser un efecto común en este movimiento, ya que los componentes se pueden mover de su lugar y terminar conectándose en partes del circuito que no deberían provocando un corto. (Lau, 1994)



Ilustración 13. AOI

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV. DESARROLLO

Seguidamente en este capítulo se mostrará el desarrollo de las actividades durante la práctica profesional, haciendo un resumen de todas las tareas realizadas semanalmente durante un periodo de tres meses.

### 4.1 Descripción del Trabajo Desarrollado

#### 4.1.1 Semana 1

En la primera semana de la práctica profesional se me hizo un tour por la planta y luego se me explico el funcionamiento de cada máquina y como esta opera en el área de SMT, igualmente se me introdujo el sistema de cada máquina y las variaciones que había en cada máquina ya que se manejan diferentes marcas en las líneas. En esta semana anduve atrás de un ingeniero de procesos el cual me explicaba los problemas que se iban dando y como resolverlos, la máquina que más presentaba problemas era el ICT e igualmente esta es la maquina más complicada de todas ya que el sistema es mucho más complejo y se debe saber lo que se está haciendo porque conlleva de muchas formulas las cuales uno debe estar familiarizado para poder ajustar y que la maquina deje de tirar falsos y así tenga el mejor funcionamiento posible.

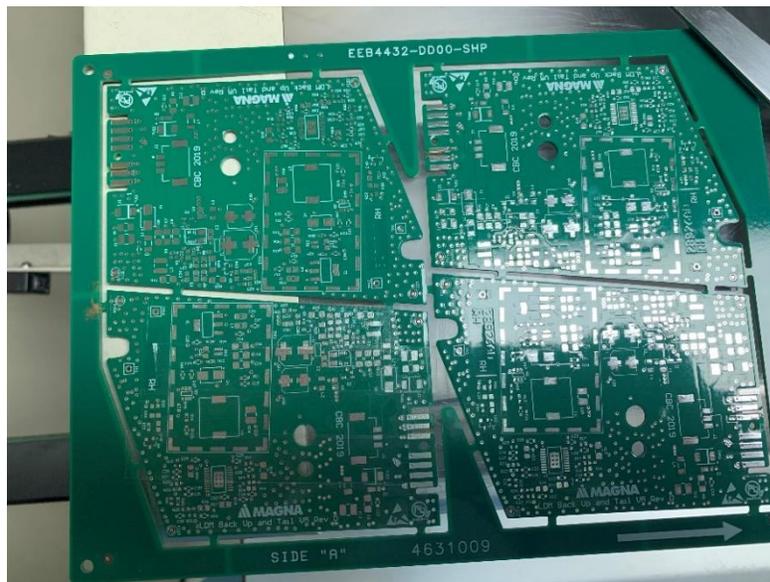


Ilustración 13. Placa PCB

Fuente: Elaboración Propia



### 4.2.3 Semana 3

En la tercera semana de práctica profesional en Empire Electronics comencé a darme cuenta que muchos fallos en la ICT se debía al cableado dañado o falta de mantenimiento en los pines de esta misma, se consultó con varios ingenieros ideas que tenía en mente para poder mejorar esta situación y me dijeron que si esto era posible, las ideas a resaltar fueron poner un contador en los pines, poniendo un pin guía que contara cuantas veces bajaba la ICT y así contar la vida útil de los pines y así mismo se pudiera ver cuando habría que cambiarlos todos para mejor control de mantenimiento de la maquina y la segunda idea era cambiar los receptáculos de estas máquinas ya que estos son los que estaban siendo cableados y lo que se hace en el empresa es enrollar los cables pelados en las puntas de los receptáculos, provocando con el tiempo cortos o malos contactos en el cableado, así que se propuso cambiar esto por receptáculos que tuvieran un pin macho y cambiar los cables pelados por cables con conectores hembra.



Ilustración 15. Pines de la ICT

Fuente: Elaboración Propia

Esta idea se presento al gerente de PCB el cual me explico que este ha sido un problema de ya hace varios meses en la planta y se ha buscado solucionarlo de ya tiempos, pero nadie se había puesto a investigar como hacer para reducir los fallos, quedo muy sorprendido ya que yo note la posibilidad de mejora sin que alguien mas me lo hubiera propuesto.



Ilustración 16. Receptáculos de la ICT

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2.4 Semana 4**

Como anteriormente mencionado en la semana 3 se propuso la idea del proyecto y fue aprobado, en la cuarta semana de hacer práctica profesional se me proveyó los proveedores de Empire Electronics para poder contactarme con ellos y explicarles mi idea para los receptáculos, se empezó dialogando el problema que se estaba teniendo con ellos y el uso que se les estaba dando, al principio no entendían muy bien lo que se quería e igualmente no tenían algo como lo que yo estaba buscando así que se procedió a hacer un boceto en Solidworks y renderizados para que ellos pudieran entender mejor la idea de lo que se quería hacer en la empresa y los motivos de estos, se nos pidió el número de parte que utilizamos en la empresa e igualmente se les entregó. También en esta misma semana 4 se aprendió a profundidad el programa de la iFlex, este siendo a mi parecer el programa más complicado debido a la cantidad de cosas que este trae, igualmente en esta semana se me enseñó como crear los programas de la máquina laser para que se me pudieran ir delegando actividades del día a día.



Ilustración 17. Receptáculo idea en SolidWorks

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.5 Semana 5

En la quinta semana de práctica profesional en Empire Electronics se me enseñó como realizar los programas de la Stencil y se me cambió de Ingeniero de Procesos a Ingeniero de NPI (*New Process Indevelopment*), esto debido a que la empresa vio potencial en mí para esa área con el objetivo de contratarme al finalizar mi práctica profesional. Igualmente, se me enseñó a hacer los programas de la SPI que estos eran los programas más tardados en hacer ya que se debía agregar todos los componentes al sistema, luego hacer un CAD detallando cada posición de cada componente y por último agregar cada componente al programa. Al haber aprendido como hacer estos se me delegó hacerlos cada día de la semana para los nuevos proyectos, los cuales cada día habían de 1 a 2 nuevas placas por realizar.

Lo más difícil de hacer estos programas era memorizar todos los pasos a seguir ya que si se saltaba uno o hacía mal uno, el programa no funcionaría y se tendría que comenzar de 0 otra vez, una cosa que todos los programas coinciden es que se tienen que configurar los fiduciales, estos son los que están en los extremos de la placa para que la máquina los vea y mida la placa y así poner todos los componentes o inspecciones en su lugar.



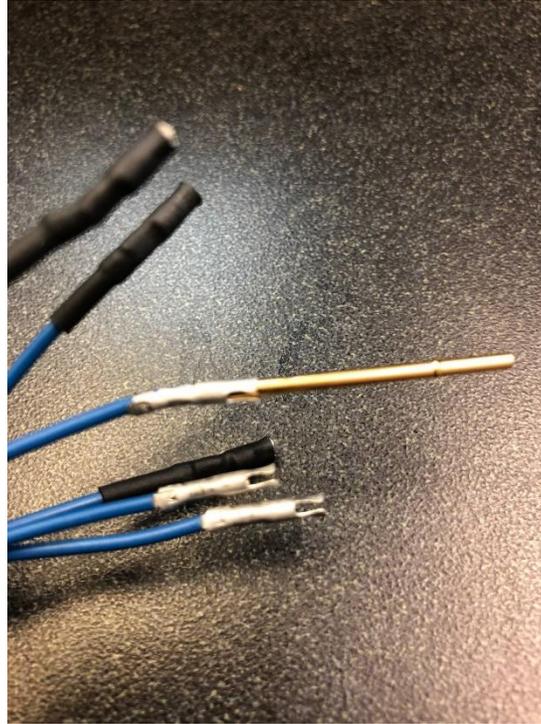


Ilustración 19. Nuevo Receptáculo y cable

Fuente: *Lone Star Industrial* (Proveedor)

#### **4.2.7 Semana 7**

En la semana 7 se propuso un nuevo proyecto, con el objetivo que en una pantalla se pudiera ver cuantas placas se estaban produciendo, cuantas placas habían en las líneas, cuantas placas malas salían, cuantas placas buenas entraban, que maquina estaba parada, que maquina tenía una placa adentro o cuantas placas tendría en ese momento esa máquina, esto con el objetivo que los gerentes que no pasaran en planta pudieran estar pendiente de las líneas sin tener que moverse a planta e igualmente para tener una pantalla por línea viendo el proceso e igualmente se podría ver si la línea estaría corriendo, parada o agarrada por NPI. El proyecto fue aprobado por el gerente de PCB y se comenzó a trabajar en la programación de este durante la semana. Acabando la semana explicando que se ocuparía el equipo de diseño para que diseñara la línea en un programa CAD para luego hacer el renderizado de este.

#### 4.2.8 Semana 8

En la semana 8 se me explico que había un trabajo el cual nadie sabía cómo hacerlo por los momentos y se me delego averiguar cómo hacer funcionar el programa StrainSmart8000 el cual mide la cantidad de estrés que se le provocan a una placa cuando pasan por algunas pruebas electrónicas o des paletizado, tuve que contactarme con el vendedor de estados unidos de este equipo para que me diera soporte técnico para poder conectarme al equipo desde mi laptop, después de esto se comenzó a leer un manual para poder entender el cómo funciona el programa y por último se desarrolló el programa exitosamente. A finales de la semana se probó el programa en vivo para poder mandar un reporte del estrés realizado a las placas a un cliente de estados unidos el cual lo requerirá, o sea el trabajo era sumamente delicado y urgente. Igualmente tuve que enseñarle al gerente de PCB cómo funcionaba el programa y enseñarle cómo hacerlo de cero.

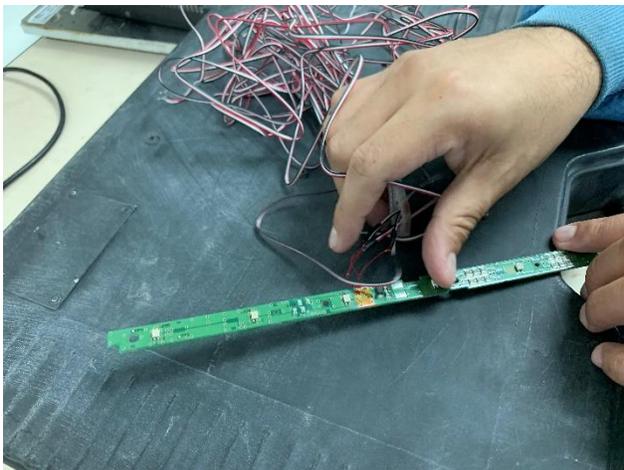


Ilustración 21. Equipo ya conectado

Fuente: Propia

En la imagen 22 podemos observar la imagen que se envió en el informe al cliente para que pudiera ver la grafica de los MicroStrains obtenidos del programa Strain Smart 8000, esta grafica se podía ver en vivo o ya el resultado final como lo es en este caso.

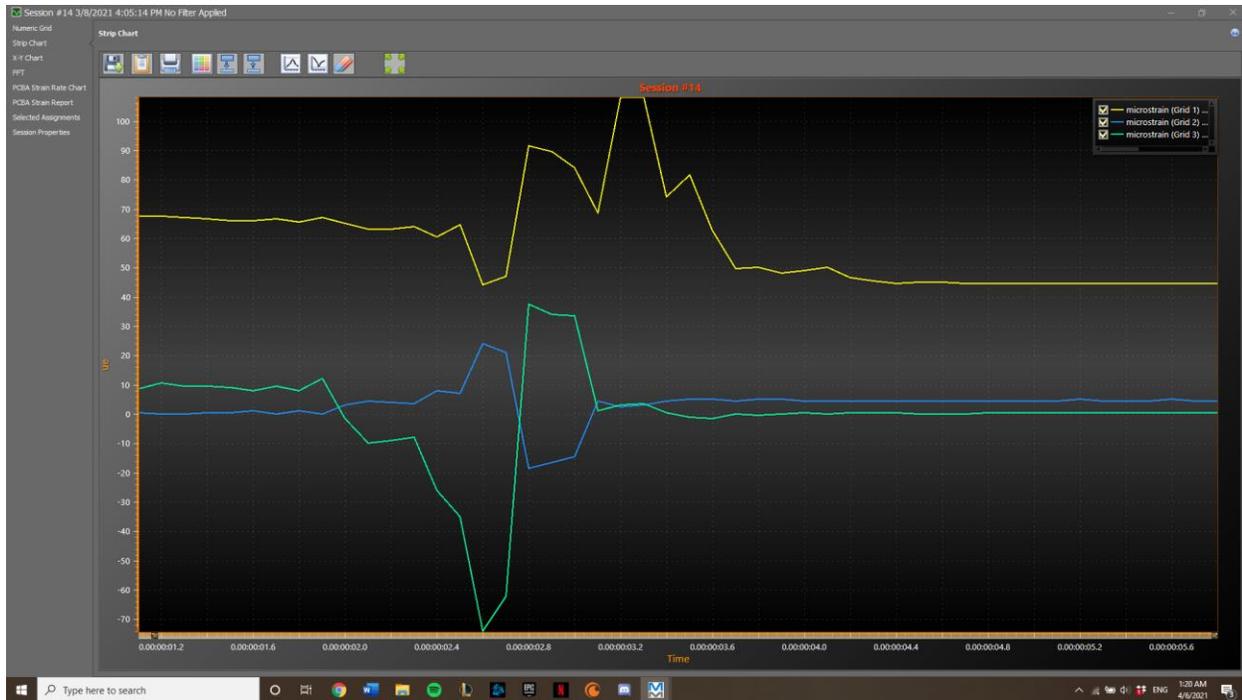


Ilustración 22. Grafica Strain Smart 8000

Fuente: Propia

#### 4.2.9 Semana 9

En semana nueve se comenzó con el proceso de pedir las terminales a Lone Star y se realizó el pedido de 100 receptáculos, 100 pines y 100 cables para hacer la prueba en 1 fixtura y luego cambiar todas las demás si en esta funcionase. Igualmente, en esta semana se me dio toda una línea para que corriera desde cero una placa electrónica yo solo, ya que los otros dos miembros del equipo debían trabajar en una segunda placa más complicada en la línea 3. La semana se concluyó con éxito, terminando todas las placas prototipo y terminando estas en el horario que se me había dado ya que la línea se debía entregar a cierta hora para que pudiese agarrarla producción y así comenzar a producir placas ya normales para venta en esa línea.

El tramite para pedir las terminales consistió en mandar el correo con las terminales y todo lo que se ocupaba pedir y luego ese equipo le toca investigar con otras empresas si pudieran hacer lo mismo a un precio menor del ya estipulado.

**QUOTE**

Date	Quote #
3/4/2021	974

TO: ING. HECTOR SANTOS  
EMPIRE ELECTRONICS  
SAN PEDRO SULA, HONDURAS C.A.

Qty	Item	Rate	Rep BENJAMIN RODRIGUEZ Total
25-99	AMP TERMINAL WITH 12" WIRE NO INSULATOR	\$1.72	
100-499	AMP TERMINAL WITH 12" WIRE NO INSULATOR	\$1.47	
500-999	AMP TERMINAL WITH 12" WIRE NO INSULATOR	\$1.23	
1000 - +	AMP TERMINAL WITH 12" WIRE NO INSULATOR	\$0.98	
25-99	AMP TERMINAL WITH 12" WIRE AND INSULATOR	\$3.59	
100-499	AMP TERMINAL WITH 12" WIRE AND INSULATOR	\$3.08	
500-999	AMP TERMINAL WITH 12" WIRE AND INSULATOR	\$2.56	
1000 - +	AMP TERMINAL WITH 12" WIRE AND INSULATOR	\$2.06	
25-1000 +	LS066RCP	\$0.44	
VIGENCIA DE PRECIOS VENCEN DICIEMBRE 31, 2021.		Total	\$0.00

Ilustración 22. Cotización del equipo

Fuente: Propia

#### 4.2.10 Semana 10

En la última semana continúe con mis actividades normales de hacer programas para las maquinas diariamente, mejorar estas para que dieran la mínima cantidad de errores posibles y dar soporte si se me necesitaba en procesos. Igualmente, en esta semana paso una placa con bastantes componentes el cual tenía un shield que la iFlex no podía poner ya que no contaba con el toolbit necesario para poder ponerlo en la placa y sin el toolbit este no podía agarrarlo o al agarrarlo se le caía, así que este shield se tuvo que poner manual con sumo cuidado y una pinza. Igualmente siempre que se hace un prototipo y pasa primera pieza como le dicen en planta, se revisa cada uno de los componentes uno a uno que vayan en la dirección correcta si es que estos tienen polaridad, si la pieza está puesta al revés o mal puesta, se entra al programa de la iFlex y se cambia,

esto haciendo que cuando la maquina fuera a poner esa pieza en específico, el robot se pare, abra su ayuda visual y usted le indique exactamente como tiene que ir la parte.

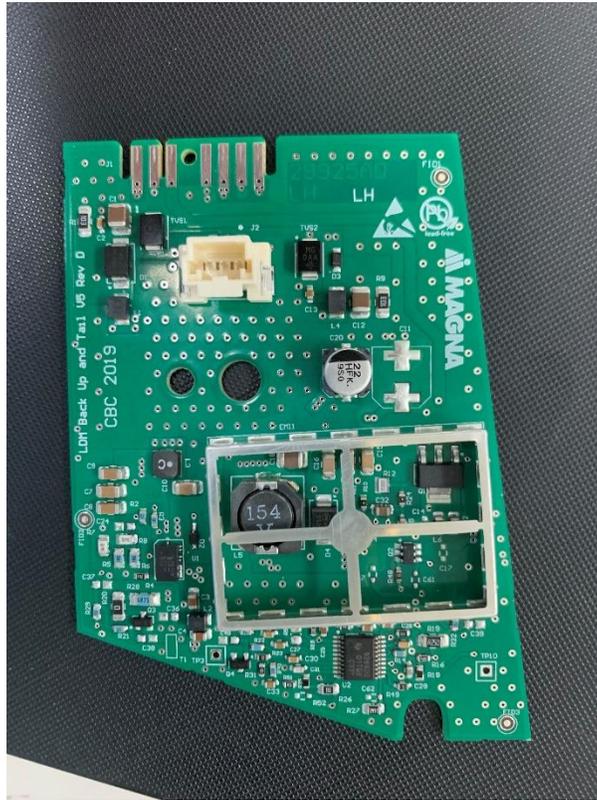


Ilustración 23. Placa con shield

Fuente: Propia



Desarrollo del diseño de los nuevos receptáculos para la ICT										
Aprendizaje de cómo hacer los programas de la iFlex										
Se propuso proyecto SCADA en las líneas para mejor control de las maquinas										
Se me delego nueva actividad de MicroStrains										
Pedido de los materiales a utilizar para cambios en la ICT										
Se me entrego la línea 1 para correr una placa de cero										
Continúe con mis actividades normales y se me solícito otro MicroStrains a un nuevo prototipo										

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES**

En este capítulo se presentarán las conclusiones obtenidas en base a las diferentes actividades realizadas durante las diez semanas de práctica profesional en el departamento de ingeniería de procesos e ingeniería de NPI.

- Se inicio y desarrollo el cambio de receptáculos, cables y pines de la ICT en las líneas PCB, estos se mandaron a pedir y están en transacción para llegar a Honduras y comenzar el cambio de estos.
- Se comenzó una programación SCADA el cual se continuará más tarde para poder trabajar con el equipo de diseño de la planta PCB, ya que este se encargaría de lo visual.
- Se dio soporte en el área de procesos y NPI, teniendo tareas diarias y muy importantes para la empresa, como el desarrollo de programas para las máquinas de la línea y mejora continua de estos.
- Se hizo un programa de cero para poder calcular los MicroStrains que se le ejercen a las placas en planta.

## **CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES**

A partir del desarrollo y el desenvolvimiento dentro del área de trabajo en Empire Electronics, se recomienda:

### **Recomendaciones a la empresa**

Mayor capacitación en programación de máquinas a los empleados, se detectó una gran parte de ingenieros no sabían cómo dar soporte en esta área o como arreglar un programa correctamente sin arruinarlo en el intento.

Realizar programas de mantenimiento preventivos para la ICT y así reducir las opciones del porque está fallando y de esa manera ahorrarle tiempo a la planta y a la producción.

Capacitación a todos los ingenieros de procesos para que puedan dar soporte a otras áreas ya que en esta área el trabajo es muy sereno y una gran parte del tiempo solo están esperando que alguna maquina presente un problema para poder moverse, mientras que otras áreas están cargadas de trabajo.

### **Recomendaciones a la universidad**

Clases con enfoque a herramientas de oficina como Microsoft Excel al final de la carrera, ya que esto ayudaría bastante en la integración al trabajo laboral en una empresa.

Mas clases de programación y que profundicen más en este tema, ya que, aunque no se programe en el mismo lenguaje en la empresa, esto ayuda a aprendizaje más rápido.

Mas clases en torno a plcs, que están tengan proyectos exigentes y así poder abrir la mente de nuestros futuros ingenieros de una manera más rápida.

## BIBLIOGRAFÍA

- AA.VV. (2017). *Técnico/a en Farmacia. Servicio Murciano de Salud. Temario específico Vol. II*. Editorial CEP.
- Aparicio, M. P. (2010). *Diseño y desarrollo de circuitos impresos con KiCad*. Rc Libros.
- Archambeault, B. (2002). *PCB design for real-world EMI control*.  
<http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3086362>
- Chiu, J., Chang, K. C., Hsu, S., Tsao, P.-H., & Lii, M. J. (2019). WLCSP Package and PCB Design for Board Level Reliability. *2019 IEEE 69th Electronic Components and Technology Conference (ECTC)*, 763–767. <https://doi.org/10.1109/ECTC.2019.00121>
- Empire Electronics. (2015). *PCBA Manufacturing Process Controls*.
- Empire Electronics. (2019). *HONDURAS*. Empire Electronics.  
<https://www.empireelectronics.com/our-company/locations/honduras/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Batista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta Edición). McGraw-Hill Interamericana.
- Huo, Y., Gao, Y., Wu, H. M., & Zhao, J. H. (2009). The characteristics of temperature near the ceiling of liquid fires in vertical laminar clean room environments. *2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2449–2452.  
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2009.5372937>
- J. Liou, J. (2015). *Electrostatic Discharge Protection: Advances and Applications*. Taylor & Francis Ltd.

- Kamikura, M., Akashi, N., & Murata, Y. (2015). Noise immunity design for multilayer printed circuit boards using electromagnetic simulation. *2015 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC)*, 997–1001.  
<https://doi.org/10.1109/ISEMC.2015.7256302>
- Kanygina, E. D., Denisova, O. V., & Rastvorova, I. V. (2019). Optical and Electrical Control in Printed Circuit Board Manufacturing. *2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*, 536–538.  
<https://doi.org/10.1109/EIConRus.2019.8656918>
- Khandpur, R. S. (2005). *Printed Circuit Boards*. McGraw-Hill.
- LARRY, J. (2009). *Soldadura. Principios y aplicaciones*. Editorial Paraninfo.
- Lau, J. H. (1994). *Chip On Board: Technology for Multichip Modules*. Springer Science & Business Media.
- Li, H., Miao, M., Zhou, Y., Salcedo, J. A., Hajjar, J.-J., & Sundaram, K. B. (2019). Modeling and Simulation of Comprehensive Diode Behavior Under Electrostatic Discharge Stresses. *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability*, 19(1), 90–96.  
<https://doi.org/10.1109/TDMR.2018.2882454>
- López Salazar, R., & Carrillo, J. (2009). Escalamiento y trabajo: El caso de la industria electrónica en Tijuana. *Frontera Norte*.
- López Sánchez, J., Rojas, F. A., Trujillo, C. L., & Guacaneme, J. A. (2004). Recomendaciones para el diseño de circuitos impresos de potencia. *Revista Científica y Tecnológica de La Facultad de Ingeniería Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 9(2), 44–47.

Manko, H. H. (2001). *Solders and Soldering*. McGraw Hill Professional.

Martín Castillo, J. C. (2017). *Electrónica*. Editorial Editex.

N.T Information Ltd. (2017). *Printed Circuit Design & Fab Online Magazine—In the World PCB Rankings, Flex Shows Its Muscle*. <https://pcdandf.com/pcdesign/index.php/editorial/menu-features/12929-nti-100-1809>

Oliva Haba, J. R., Mate Gutiérrez, M. F., & Manjavacas Zarco, C. (2019). *Montaje y mantenimiento de equipos 3ra. Edición*. Paraninfo.

Oo, T. H., Ryabyshenkov, A. S., & Nikolai, M. L. (2018). Modeling of heat-moisture exchange processes in clean rooms of microelectronics. *2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*, 1943–1946. <https://doi.org/10.1109/EIConRus.2018.8317490>

Palero Crespo, A. (2000). *Desarrollo De Productos Electronicos II*. Delibros, S.A.

*PCB Turn Conveyor | Imbedded Systems Conference 1999: Papers presented in the Imbedded Systems Conference IPENZ; Electro-Technical Group, Auckland Branch, Held in Auckland 12th - 13th July 1999* (world). (n.d.). Retrieved April 6, 2021, from <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.725885642454057>

Phillips, G. B., & Runkle, R. S. (2019). *Biomedical Applications of Laminar Airflow*. CRC Press.

R. Johnson, M. (2018). The Increasing Importance of Utilizing Non-intrusive Board Test Technologies for Printed Circuit Board Defect Coverage. *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/AUTEST.2018.8532499>

- Rabinovich, O., & Epstein, A. (2018). Analytical Design of Printed Circuit Board (PCB) Metagratings for Perfect Anomalous Reflection. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 66(8), 4086–4095. <https://doi.org/10.1109/TAP.2018.2836379>
- Rolland, C. (1998). A comprehensive view of process engineering. In B. Pernici & C. Thanos (Eds.), *Advanced Information Systems Engineering* (pp. 1–24). Springer. <https://doi.org/10.1007/BFb0054216>
- Shichao, L., Xiaobing, C., Fangming, R., Ming, S., Qizheng, J., Heng, W., Xiangdong, Y., Zhiliang, G., & Pommerenke, D. (2017). Experiment and simulation analysis of BMM electrostatic discharge simulator. *2017 IEEE 5th International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC-Beijing)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/EMC-B.2017.8260346>
- Valdez Salas, B. (2006). *Tecnología en la UABC*. Miguel Ángel Porrúa.
- Vashchenko, V., & Scholz, M. (2014). *System Level ESD Protection*. Springer International Publishing.
- Verrone, E. (2006). Soldadura SMT por Convección Forzada. *TRATE05-009*, 1, 41–46.
- Wangchengzhuo, Ruanfangming, & Zhusha. (2017). Discussion on current waveform in non-contact electrostatic discharge standard. *2017 IEEE 5th International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC-Beijing)*, 1–3. <https://doi.org/10.1109/EMC-B.2017.8260478>
- Wimmer, C., Moser, S., O'Neel, T., & Zhen, L. (n.d.). *Readability of Directly-Marked Traceability Symbols on PCBs*.