



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PRÁCTICA PROFESIONAL

EMPIRE ELECTRONICS

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21511198

ISABELA RAMÍREZ MILLARES

ASESOR: ALBERTO MAX CARRASCO

CAMPUS: SAN PEDRO SULA; ENERO, 2020

DEDICATORIA

El siguiente trabajo va dedicado a todo aquel que formo parte de mi aprendizaje de forma directa o indirecta, los compañeros que estudiaban conmigo, los instructores de laboratorio que siempre estaban dispuestos a ayudar, los catedráticos que me formaron, mis padres y amistades que siempre me apoyaron. Gracias! Un pequeño logro mío es 100% reflejo de todo lo que me han dado.

-Isabela Ramírez Millares

AGRADECIMIENTO

Son muchas las personas que han contribuido al proceso y conclusión de este trabajo. Primeramente doy gracias a Dios por darme la bendición de poder haber recibido la educación que me ha formado como persona y profesional. Gracias a mis padres por tantísimo sacrificio que han hecho por mí a través de los años y poder dar la mejor educación que ellos pudieron. Gracias a los catedráticos de la universidad tecnológica centroamericana por guiarme dejando huellas de sabiduría en mí, ustedes me formaron como profesional y todas sus lecciones siempre las valorare. Especialmente a mi asesora, Ing. Alicia Reyes Y Ing. Alberto Max Carrasco , que me guió en este proceso y me tuvo mucha paciencia. A todo compañero que me dio una mano a través de los años de carrera, lo aprecio mucho. Gracias a Empire Electronics por ayudarme a desarrollar este proyecto de investigación.

Finalmente gracias a quien lee este apartado y más de mi tesis, por permitir a mis experiencias, investigación y conocimientos, incurrir dentro de su repertorio de información mental.

-Isabela Ramírez Millares

EPÍGRAFE

Allá voy de nuevo. Entera o a pedazos... pero allá voy

-Frida Kahlo

RESUMEN EJECUTIVO

La industria automotriz es constituida por una cadena de empresas las cuales trabajan en conjunto para la elaboración de automóviles. Sin embargo, para mantener estándares de calidad la industria a creado guías para la creación y elaboración de los productos. Una de la guías es conocida como las normas IPC que son normas de calidad que toda empresa automotriz debe de seguir y guiarse de ellas. Otra es un grupo de ingenieros conocidos como ingenieros APQP, *Advanced Product Quality Planning*, los cuales tienen como propósito llevar a cabo el diseño, planeación, y ejecución de los lanzamiento. Empire Electronics, siendo una empresa manufacturera de arneses y PCB para clientes tales como Ford, General Motors, Joyson, NAL, entre otras, esta regida bajo las mismas normativas.

AIAG, *Automotive Industry Action Group*, es una organización mundial que sirve para que empresas de todo el mundo compartan conocimientos y desarrollen información que contribuya al campo de la elaboración de un automóvil. Según AIAG, APQP tiene como propósito producto un plan de calidad del producto que apoye el desarrollo de un producto que satisfaga las necesidades del cliente. La primera fase del equipo consiste en la planeación y definición del programa. Definir que exactamente se va a llevar a cabo, cual será la función del producto. Segundo se diseña y desarrolla el producto, teniendo comunicación entre el cliente y proveedores para conocimientos de “saber como” dado por las lecciones aprendidas de las empresas en el pasado. Esta etapa es muy importante ya que para el desarrollo de las placas electrónicas no hay una manera definida para la elaboración pero a través de experiencias y errores aprender y mejores funciones y procedimientos. Siguiendo se diseña y desarrolla un proceso, como será la elaboración de tal producto, que herramientas serán necesarias para su desarrollo. Una vez concretado esta parte se valida cada etapa del proceso y se aplica retroalimentación para mejorar, evaluar y hacer acciones correctivas.

Palabras claves: APQP, AIAG, Industria Automotriz, PCB y Planeación.

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

AOI	Inspección óptica automatizada.
AIAG	<i>Automotive Industry Action Group</i>
APQP	<i>Advance Product Quality Planning</i>
ICT	Prueba en circuito
PCB	Placa de circuito impreso
Pad	Vía de conexión en la PCB hacia el circuito
SMA	Ensamblaje de montaje superficial
SMC	Componentes de montaje superficial
SMD	Dispositivo de montaje superficial
SME	Equipo de montaje superficial
SMP	Encapsulo de montaje superficial
SMT	Tecnología de montaje superficial
THT	Tecnología de agujeros pasante

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I. Introducción.....	6
Capítulo II. Planteamiento del Problema.....	7
2.1 Descripción de la Empresa	7
2.1.1 Misión.....	8
2.1.2 Visión.....	8
2.1.3 Principios y Valores	8
2.2 Descripción del Departamento o Unidad	9
2.3 Objetivos del Puesto.....	10
2.3.1 Objetivo General	10
2.3.2 Objetivos Específicos.....	10
Capítulo III. Marco Teórico.....	11
3.1 Análisis de la Situación Actual.....	11
3.2 Proceso de Ensamblaje con Tecnología de Montaje Superficial.....	12
3.2.1 Verificación DFM	13
3.2.2 Control de Calidad Entrante (IQC).....	13
3.2.3 Programación de Maquinaria.....	13
3.2.4 Impresión de la Pasta de Soldadura	14
3.2.5 Colocación de los Componentes	14
3.2.6 Inspección Óptica Automatizada Pre-Reflujo (AOI)	14
3.2.7 Soldadura por Reflujo.....	14
3.2.8 Inspección Óptica Automatizada Post-Reflujo (AOI).....	15
3.2.9 Revestimiento Formal	15
3.2.10 Inspección Final y Prueba Funcional	15
3.2.11 Lavado y Secado	15
3.3 Control de Calidad	16
3.3.1 Análisis de Causa Raíz.....	16
3.3.1.1 Principios Generales	18
3.3.1.2 Método Científico en el Análisis de Causa Raíz.....	19
3.3.2 Reportes 8-D	20

3.3.2.1 0-D: Plan.....	20
3.3.2.2 1-D: Usar un Equipo	20
3.3.2.3 2-D: Definir y Describir la Declaración del Problema	21
3.3.2.4 3-D: Desarrollar Acciones de Contención y Desarrollar y Verificar Acciones Correctivas.....	21
3.3.2.5 4-D: Determinar, Identificar y Verificar las Causas Raíz.....	21
3.3.2.6 5-D: Determinar y Elegir una Acción Correctiva Permanente.....	21
3.3.2.7 6-D: Implementar y Validar Acciones Correctivas Permanentes	21
3.3.2.8 7-D: Tomar Medidas Preventivas.....	22
3.3.2.9 8-D: Felicitar al Equipo	22
3.4 Rechazo y Retención de PCBA.....	22
Capítulo IV. Desarrollo.....	24
4.1 Descripción del Trabajo Desarrollado	24
4.1.1 Semana 1.....	24
4.1.2 Semana 2.....	25
4.1.3 Semana 3.....	28
4.1.4 Semana 4.....	31
4.1.5 Semana 5.....	37
4.1.6 Semana 6.....	38
4.1.7 Semana 7.....	41
4.1.8 Semana 8.....	42
4.1.9 Semana 9.....	43
4.1.10 Semana 10.....	44
4.2 Cronograma de Actividades	41
Capítulo V. Conclusiones.....	41
Capítulo VII. Recomendaciones.....	42
Bibliografía	43
Anexos	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-Empire Electronics	7
Ilustración 2-Mayores productores de PCBs (NTI-100).....	12
Ilustración 3- JOY0002	24
Ilustración 4-Planificación de tareas para la línea de ensamblaje JOY	25
Ilustración 5-Layout de línea de ensamblaje JOY.....	27
Ilustración 6 -Placa JOY sin errores	31
Ilustración 7 -Estación de dimensión JOY0002	37
Ilustración 8 -RCL	37
Ilustración 9 - Desarrollo de maestros	38
Ilustración 10- Torquimetro de RCL.....	41
Ilustración 11 -Sistema de Vision del Torquimetro.....	42
Ilustración 12 - RCL	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-Info y detección de componentes.....	29
Tabla 2-PFMEA.....	33
Tabla 3-Plan de control	35
Tabla 4-PFMEA RCL.....	39
Tabla 5 -Mediciones de JOY0002	44
Tabla 6- Cronograma de Actividades	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1- Tarjetas que no encajan en la <i>fixtura</i>	45
Anexo 2 - <i>Fixtura</i> no posicionada a la altura de los circuitos.....	45
Anexo 3 - <i>Fixtura</i> daña circuitos	46
Anexo 4 - <i>Fixtura</i> no ensamblan correctamente en su contraparte.....	46
Anexo 5- <i>Fixturas</i> no alineadas en la mesa.....	47

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el avance tecnológico crece de manera exponencial. Todos los dispositivos tecnológicos están compuestos por placas electrónicas para su funcionamiento. Por esta razón, la manufactura de placas electrónicas de mucha importancia, se demanda aumenta sustancialmente. Empire Electronics es una compañía que fabrica placas electrónicas, ubicada en San Pedro Sula, Honduras.

Existen dos tipos de producción de PCBs, de montaje superficial y el de agujero pasante. Empire Electronics es una compañía que hace uso de ambos tipos de producción de líneas de ensamblaje para la manufactura de PCBs para automóviles, pero a medida la tecnología incrementa la tendencia a ser desarrollar placas electrónica a través de la tecnología de montaje superficial incrementa. Este tipo de proceso es hecho por una línea automatizada de producción masiva. Aunque tener una línea automatizada trae muchos beneficios su desventaja más grande es que para producción no hay una secuencia lógica la cual seguir para su elaboración. Esta incógnita de cómo crear una placa hace que su proceso existe incertidumbre.

El departamento de APQP, que por sus siglas en ingles *Advanced Product Quality Planning*, se encarga del diseño, planeación y ejecución del funcionamiento adecuado y apropiado de las líneas de ensamblajes nuevas. Además, de revisar la calidad que presenta el producto final. Abarcan una gran gama de actividades y coordinación entre diferentes equipos de trabajo como ser ingenieros de producto, ingenieros de programa, técnicos, e ingenieros de calidad.

En el periodo de trabajo se lanzaron tres nuevos números de parte DFN0109, DFN0110 y JOY0002. Aunque ambos son productos que contienen PCB y en el área de automotriz sus funciones son diferentes por ende el flujo de cada uno es específico para su producción. Se trabajo arduamente para el cumplimiento de metas pero priorizando la calidad del producto.

Para el lanzamiento exitoso de ellos se tiene que planificar una producción de la línea de ensamblaje PCB, tomando en cuenta todos los programas de esta línea, los cuales se diferencial por sus diferentes esquemáticos. Luego se desarrolla un plan para el ensamble de la PCBs a su respectivo producto final.

Para la verificación estandarizada, el análisis sobre la placa se hace en base de las normas estandarizadas internacionalmente, conocidas como IPC-A-610. Las cuales dan una pauta de la verificación de la integridad de la placa electrónica, mostrando diferentes tipos de fallas posibles así como el criterio en que esta falla se encuentra.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se dan a conocer 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 Tier 2 de América del Norte de componentes y sistemas de componentes de iluminación, dirección y fascia. Colaboran con fabricantes de equipos originales y proveedores automotrices de nivel 1 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, eléctricos conectores y componentes moldeados por inyección de plástico. Con sede en Troy, Michigan, fabricación en Honduras y 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-Empire Electronics

Fuente: (EmpireElectronics, 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 emplea a más de 4,000 personal 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 Tier 2 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 pro actividad 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 planificación avanzada de la calidad del producto o *Advanced Product Quality Planning* (APQP) se encarga de la validación del ensamblaje realizado por la maquinaria de las diferentes placas electrónicas. Existe una instalación de producción de placas de circuito impreso (PCB) es la última incorporación a las capacidades centrales de Empire Electronics. Con tres líneas de producción en funcionamiento, se tiene la capacidad de diseñar, producir y probar PCB para cualquier iluminación y otras necesidades electrónicas.

El uso de PCB en automoción ha crecido exponencialmente en los últimos años. Empire vio este crecimiento como una oportunidad para establecernos como un proveedor líder de iluminación

automotriz. Al desarrollar las capacidades de producción en Honduras, ahora se producen componentes de PCB de alta calidad que se pueden encontrar en muchos OEM importantes en el mercado global.

Para determinar la calidad del proceso de ensamblaje se utiliza una norma estandarizada internacionalmente, la cual es la IPC-A-610. La revisión IPC-A-610 E-2010 es el conjunto de pautas de calidad para los estándares de aceptabilidad con respecto a la producción de PCB establecidos por el comité de IPC. Empire Electronics utiliza IPC-A-610E (IPC-610) como base para medir todos los conjuntos de PCB producidos. IPC Association es una entidad comercial con sede en los Estados Unidos de América. Rigen las revisiones del Manual del IPC. La Asociación IPC también ofrece programas de capacitación para ingenieros de calidad en el mercado de fabricación de PCB.

IPC-610 cubre el manejo de dispositivos electrostáticos, criterios de aceptabilidad de soldadura, criterios de aceptabilidad de tecnología de orificio pasante, ensambles de PCB de montaje en superficie y daños a componentes.

IPC-610 también detalla los criterios de aceptabilidad para la Clase 1 - Productos de PCB generales, 2 - Productos de PCB de servicio especializado y 3 - Ensamblajes de PCB de alto rendimiento y confiabilidad. La división PCBA de Empire Electronics es una instalación de ensamblaje de PCB de clase 2.

Además, el departamento APQP es el encargado para cualquier cambio de ingeniería para realizar mejoras en las líneas de ensamblaje ya establecidas, o para la realización de correcciones de las mismas. También, se encarga de la instalación de nuevas líneas de ensamblaje.

2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Planificar y evaluar el lanzamiento de nuevas líneas de ensamblaje para tres nuevos modelos de placas electrónicas con el uso de tecnología SMT en Empire Electronics.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar el proceso detallado a realizar las nuevas líneas de ensamblaje de PCB.
- 2) Planificar la instalación de las nuevas líneas de ensamblaje.
- 3) Desarrollo de planes de control
- 4) Configuración de las pruebas eléctricas
- 5) Validación de *fixturas* para el desarrollo del producto final y de los programas desarrollados

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

En el desarrollo del presente capítulo se pretende sustentar teóricamente el presente informe de práctica profesional, recopilando información de diversas fuentes primarias y secundarias que nos permitirán explicar y examinar las teorías, conceptos, metodologías, etc.

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Las Placas de Circuito Impreso (PCB) están en todos los dispositivos electrónicos de la actualidad. Antes de la aparición de las PCB y la extensión de su uso, los componentes electrónicos estaban repletos de cables, circuitos integrados y resistencias que se repartían por todo el chasis. Para hacer estas PCB se sigue un proceso similar al de los procesadores, aunque con un menor nivel de complejidad. (Khandpur, 2005)

Una placa de circuito impreso (PCBs) es una plancha de material rígido aislante, cubierta por unas pistas de cobre en una de sus caras o en ambas, para servir como conductor o de interconexión eléctrica entre los distintos componentes que se montarán sobre ella. La materia prima consiste en una plancha aislante, típicamente de fibra de vidrio, cubierta completamente por una lámina de cobre. Dependiendo del tipo de placa, el cobre puede ir a su vez protegido por una capa de resina fotosensible. (Khandpur, 2005)

Debido a la gran importancia que juega la fabricación de PCB en la actualidad, grandes empresas se dedican a la fabricación de estas placas. De acuerdo con el reporte global de producción de PCB para el año 2017 de IPC (2017) muestra cómo la industria global de PCB logró un crecimiento real estimado de 13.9 por ciento en 2017, el crecimiento más rápido desde el año de recuperación de 2010, y cómo se ve la huella global de la industria en la actualidad. El informe proporciona estimaciones actuales del valor de producción de PCB por país, región y categoría de producto, con comentarios sobre tendencias de la industria y datos históricos.

Según el reporte, la participación de China en la producción mundial de PCB continuó creciendo en 2017, lo que representa más de la mitad del valor de la producción mundial. La producción en Taiwán y Japón disminuyó como porcentajes de la producción mundial en 2017 debido a la continua inversión off-shore. El mayor crecimiento en la proporción de la producción mundial de PCB en 2017 se observó en Vietnam y Tailandia. El crecimiento en la industria de Tailandia, junto con la disminución continua en la participación de la industria de los Estados Unidos, hizo que Tailandia se adelantara a los Estados Unidos y se convirtiera en el quinto país productor de PCB en 2017.

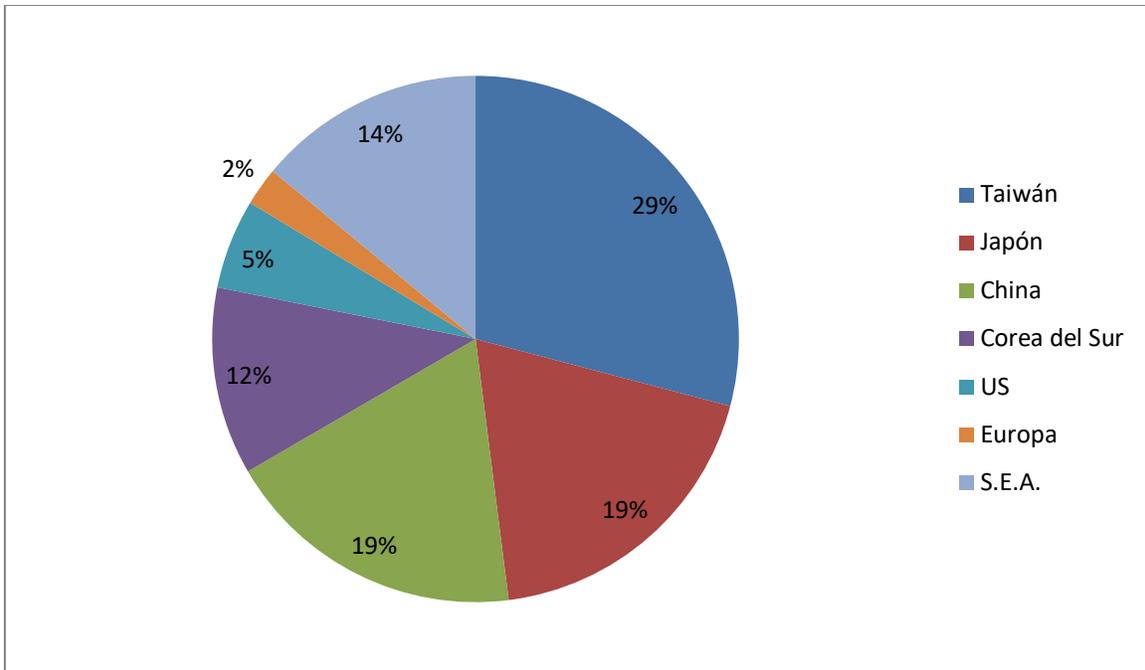


Ilustración 2-Mayores productores de PCBs (NTI-100)

Fuente: (N.T Information Ltd., 2017)

La ilustración 3, muestra el número de entradas de cada país representado en el NTI-100. De las 115 entradas, China tiene 46, o el 40% del total. El número de entradas chinas continúa aumentando. La participación del 33% de Taiwán no es sorprendente. La producción total de PCB de Taiwán en 2017 (Taiwán, China y Tailandia) fue de alrededor de \$ 20 mil millones, y por lo tanto el 33% es razonable. Aunque China tiene más del doble de entradas japonesas, su participación es casi la misma que la de Japón. Estados Unidos es TTM y Europa es AT&S.

A pesar de su participación decreciente, el valor de la producción de PCB en los EE. UU. Creció aproximadamente un 5,9 por ciento en términos reales en 2017. Aunque solo el 3,9 por ciento de la producción mundial de PCB se realiza en los Estados Unidos, las empresas con sede en los EE. UU. Poseen el 6,5 por ciento de la producción mundial. A pesar de la evidencia de una pequeña tendencia de apuntalamiento, la mayoría de las grandes empresas estadounidenses aún producen una parte sustancial de sus PCB fuera de los Estados Unidos.

3.2 PROCESO DE ENSAMBLAJE CON TECNOLOGÍA DE MONTAJE SUPERFICIAL

Originalmente, todos los PCB se montaron a mano utilizando solo una plancha de soldadura. A medida que avanza la tecnología, los componentes se hacen más pequeños y más difíciles de montar a mano y la

cantidad de componentes que pueden caber en una sola placa aumenta. Por lo tanto, se desarrolló la necesidad de montaje automático. (Archambeault, 2003)

3.2.1 VERIFICACIÓN DFM

La verificación DFM observa todas las especificaciones de diseño de una PCB. Específicamente, esta comprobación busca cualquier característica faltante, redundante o potencialmente problemática. Cualquiera de estos problemas puede influir grave y negativamente en la funcionalidad del proyecto final. Por ejemplo, una falla común de diseño de PCB está dejando muy poco espacio entre los componentes de PCB. Esto puede provocar cortos y otras disfunciones.

Al identificar los posibles problemas antes de que comience la fabricación, los controles DFM pueden reducir los costos de fabricación y eliminar los gastos imprevistos. Esto se debe a que estos controles reducen el número de placas desechadas. Como parte de nuestro compromiso con la calidad a bajo costo.

3.2.2 CONTROL DE CALIDAD ENTRANTE (IQC)

La verificación de todos los materiales entrantes y problemas de calidad de manejo antes de que comience el montaje SMT posterior (Dervaes, 2012). El puesto de IQC verificará los siguientes problemas de materiales recibidos si cumplen con nuestros estrictos requisitos.

- 1) Número de modelo y cantidades según la lista de materiales.
- 2) Forma (deformación, pin roto, oxidación, etc.), particularmente para IC u otros componentes complejos
- 3) Prueba de muestra de materiales entrantes por herramientas tales como marco de prueba, multímetro, etc.

3.2.3 PROGRAMACIÓN DE MAQUINARIA

Una vez se reciben los paneles y componentes de PCB, el siguiente paso es configurar las diversas máquinas utilizadas en el proceso de fabricación. Las máquinas como la máquina de colocación y la AOI (inspección óptica automatizada) requerirán la creación de un programa que se genere mejor a partir de datos CAD, pero con frecuencia esto no está disponible. Los datos de Gerber casi siempre están disponibles ya que estos son los datos requeridos para la PCB desnuda que se va a fabricar. (Hollomon, 1989)

3.2.4 IMPRESIÓN DE LA PASTA DE SOLDADURA

La primera máquina para configurar en el proceso de fabricación es la impresora de pasta de soldadura, que está diseñada para aplicar pasta de soldadura mediante una plantilla y escurrimientos en las almohadillas adecuadas de la PCB (Jeffus, 2009).

3.2.5 COLOCACIÓN DE LOS COMPONENTES

Una vez que se haya confirmado que la PCB impresa tiene aplicada la cantidad correcta de pasta de soldadura, se traslada a la siguiente parte del proceso de fabricación, que es la colocación de los componentes. Cada componente se recoge de su embalaje utilizando una boquilla de aspiración o agarre, comprobado por el sistema de visión y colocado en la ubicación programada a alta velocidad. (Pareja, 2010)

Existe una gran variedad de máquinas disponibles para este proceso y depende en gran medida de la empresa y del tipo de máquina que se seleccione. Por ejemplo, si el negocio se enfoca en grandes cantidades de construcción, entonces la tasa de colocación será importante. Sin embargo, si el enfoque es un lote pequeño / mezcla alta, entonces la flexibilidad será más importante. (Pareja, 2010)

3.2.6 INSPECCIÓN ÓPTICA AUTOMATIZADA PRE-REFLUJO (AOI)

Después del proceso de colocación de componentes, es importante verificar que no se hayan cometido errores y que todas las piezas se hayan colocado correctamente antes de la soldadura por reflujo. La mejor manera de hacerlo es mediante el uso de una máquina AOI para realizar comprobaciones tales como presencia de componentes, tipo / valor y polaridad. (Pareja, 2010)

3.2.7 SOLDADURA POR REFLUJO

Una vez que los componentes se colocan en las placas, cada pieza se envía a través de nuestras máquinas de reflujo. Esto significa que la pasta de soldadura necesita solidificarse, adherir los componentes a la placa. El montaje de PCB logra esto a través de un proceso llamado "reflujo". Esta parece ser una de las partes menos complicadas de los procesos de montaje, pero el perfil de reflujo correcto es clave para garantizar uniones de soldadura aceptables sin dañar las piezas o el montaje debido al calor excesivo. (Manko, 1979)

Cuando se utiliza soldadura sin plomo, un ensamblaje cuidadosamente perfilado es aún más importante ya que la temperatura de reflujo requerida a menudo puede ser muy cercana a la temperatura nominal máxima de muchos componentes. (Verrone, 2006)

3.2.8 INSPECCIÓN ÓPTICA AUTOMATIZADA POST-REFLUJO (AOI)

La última parte del proceso de montaje superficial es verificar nuevamente que no se hayan cometido errores al usar una máquina AOI para verificar la calidad de la junta de soldadura. A menudo, el movimiento durante el proceso de reflujo dará como resultado una mala calidad de conexión o una falta total de conexión. Los circuitos cortos también son un efecto secundario común de este movimiento, ya que los componentes extraviados a veces pueden conectar partes del circuito que no deberían conectarse (Hollomon, 1989). La verificación de estos errores y desajustes puede implicar uno de varios métodos de inspección diferentes. El más común de estos métodos de inspección incluye lo siguiente:

- 1) Verificaciones manuales
- 2) Inspección óptica automática (AOI)
- 3) Inspección automatizada de rayos X (AXI)

3.2.9 REVESTIMIENTO FORMAL

Algunos montajes de placas de circuito impreso completos tienen un revestimiento de conformación. Por lo general, depende de los requisitos del producto del cliente.

3.2.10 INSPECCIÓN FINAL Y PRUEBA FUNCIONAL

Una vez finalizada la etapa de recubrimiento de soldadura y conformación del proceso de montaje de PCB, el equipo de control de calidad probará la PCB para determinar su funcionalidad. Esta inspección se conoce como una "prueba funcional". El software y las herramientas de prueba generalmente son proporcionados por el cliente. La prueba evalúa la PCB, simulando las circunstancias normales en las que funcionará la PCB. Las señales de potencia y simuladas pasan por la PCB en esta prueba mientras los probadores monitorean las características eléctricas de la PCB. (Hollomon, 1989)

3.2.11 LAVADO Y SECADO

Basta decir que el proceso de fabricación puede ser sucio. La pasta de soldadura deja una cierta cantidad de flujo, mientras que la manipulación humana puede transferir aceites y suciedad de los dedos y la ropa

a la superficie de la placa. Una vez que todo está dicho y hecho, los resultados pueden parecer un poco lúgubres, lo cual es a la vez estético y práctico. (Pareja, 2010)

3.3 CONTROL DE CALIDAD

Los hallazgos de calidad, también conocidos como incidentes o defectos de calidad, son materiales, trabajos en progreso o bien terminados que tienen un defecto de acuerdo con las especificaciones del cliente, los requisitos del Plan de control o las normas IPC. Los hallazgos de calidad pueden variar desde defectos excesivamente repetitivos en un proceso de fabricación o defectos ocasionados por el operador durante la producción. Estos hallazgos defectuosos deben mantenerse y comprenderse por qué ocurrieron y el Ingeniero de Calidad debe poder determinar si el defecto tiene la posibilidad de recurrir; así como determinar si el defecto tiene alguna implicación con respecto a los productos que se han enviado al cliente. Como resultado, los ingenieros de calidad siempre deben tomar cada defecto con la misma importancia, pero deben poder discernir entre un defecto simple y una posible responsabilidad para la empresa. (Lester et al., 2011)

Todos los defectos tienen que ser eliminados y los defectos simples pueden ser eliminados sin más trabajo; sin embargo, se debe analizar un posible defecto complejo (o repetitivo) para encontrar la causa raíz del defecto. Esa causa puede ser un error del operador, problemas de fijación o errores de procedimiento. (Cabezón, 2014)

Todos los incidentes de calidad deben etiquetarse con burocracia y segregarse de los buenos productos. De lo contrario, el defecto puede pasar por los controles de Empire y enviarse a la línea de producción del cliente.

3.3.1 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

El análisis de causa raíz (RCA, por sus siglas en inglés, *Root Cause Analysis*) es un método de resolución de problemas que intenta identificar las causas raíz de fallas o problemas. La práctica de RCA trata de resolver problemas intentando identificar y corregir las causas de los incidentes de calidad, en lugar de simplemente abordar sus síntomas. Centrar la corrección en las causas fundamentales tiene el objetivo de evitar que los problemas de calidad se repitan y, por lo tanto, aumentar las cantidades de chatarra. El análisis de falla de causa raíz (RCFA, por sus singlas en inglés, *Root Cause Failure Analysis*) reconoce que la prevención completa de la recurrencia por una acción correctiva no siempre es posible. (Besterfield, 2009)

Por el contrario, puede haber varias medidas efectivas (métodos) que aborden las causas fundamentales de un problema. Por lo tanto, RCA es un proceso iterativo y una herramienta de mejora continua. El RCA se usa típicamente como un método reactivo para identificar las causas de los eventos, revelar problemas y resolverlos. (Ishikawa, 1985)

RCA es un proceso completamente separado para la gestión de incidentes. El análisis de causa raíz no es una metodología única y bien definida; Existen muchas herramientas, procesos y filosofías diferentes para realizar un RCA. Sin embargo, se pueden identificar varios enfoques o "escuelas" definidos de manera muy amplia por su enfoque básico o campo de origen: basado en la seguridad, basado en la producción, basado en procesos, basado en fallas y basado en sistemas (Cuatrecasas & González, 2017).

1) El RCA basado en la seguridad

Desciende de los campos de análisis de accidentes, seguridad y salud ocupacional.

2) El RCA basado en la producción

Tiene su origen en el campo del control de calidad para la fabricación industrial. Las responsabilidades de un ingeniero de calidad incluyen un proceso RCA basado en la producción para reducir efectivamente los costos de chatarra.

3) El RCA basado en procesos

Es un seguimiento básico del RCA basado en producción, pero con un alcance que se ha ampliado para incluir procesos comerciales. Este proceso normalmente se deja a la gerencia debido a los tratos del lado del cliente.

4) El RCA basado en fallas

Se basa en la práctica del análisis de fallas como se emplea en ingeniería y mantenimiento.

5) El RCA basado en sistemas

Ha surgido como una fusión de las escuelas anteriores, junto con ideas tomadas de campos como la gestión del cambio, la gestión de riesgos y el análisis de sistemas.

A pesar de los diferentes enfoques entre las diversas escuelas de análisis de causa raíz, existen algunos principios comunes. También es posible definir varios procesos generales para realizar RCA.

3.3.1.1 Principios Generales

El análisis de causa raíz transmite varios principios que ayudan al ingeniero de calidad a llegar a una conclusión simple pero precisa sobre un defecto de calidad, Jurán & Gryna (1999) menciona que los principios generales de este tipo de análisis son los siguientes:

- 1) El objetivo principal del análisis de causa raíz es identificar los factores que resultaron en el defecto de calidad de uno o más productos en progreso o productos terminados. Este objetivo permite identificar qué comportamientos, acciones, inacciones o condiciones deben cambiarse para evitar la recurrencia de incidentes de calidad; además, identificar las lecciones que se deben aprender para promover el logro de mejores consecuencias.
- 2) Para ser efectivo, el análisis de la causa raíz debe realizarse sistemáticamente, generalmente como parte de una investigación, con conclusiones y causas raíz que se identifiquen respaldadas por evidencia documentada. Por lo general, se requiere un esfuerzo de equipo, pero se puede obtener apoyo a través de Supervisores de calidad.
- 3) Puede haber más de una causa raíz para un evento o un problema, la parte difícil es demostrar la persistencia y sostener el esfuerzo requerido para determinarlos.
- 4) El propósito de identificar todas las soluciones a un incidente de calidad es prevenir la recurrencia al menor costo de la manera más simple. Si hay alternativas que son igualmente efectivas, siempre se prefiere el enfoque más simple o de menor costo.
- 5) Las causas fundamentales identificadas dependen de la forma en que se define o comprende el incidente de calidad. Las declaraciones efectivas de problemas y las descripciones de eventos (como fallas, por ejemplo) son útiles o incluso necesarias.
- 6) Para ser efectivo, el análisis debe establecer una secuencia de eventos o cronograma para comprender las relaciones entre los factores contribuyentes (causales), la (s) causa (s) raíz (s) y el incidente de calidad para prevenir en el futuro.
- 7) El análisis de la causa raíz puede ayudar a transformar una cultura reactiva (reaccionar al problema) en una cultura prospectiva que resuelva los problemas antes de que ocurran o se intensifiquen (mejora continua). Más importante aún, reduce o elimina la frecuencia de eventos de calidad que ocurren con el tiempo dentro del entorno (o línea de producción) donde se utiliza el proceso de análisis de causa raíz.

3.3.1.2 Método Científico en el Análisis de Causa Raíz

Hansen & Ghare (1990) menciona que la metodología del análisis de causa raíz se puede comparar fácilmente con el método científico, mediante el cual se postula una teoría con respecto a un problema o problema de calidad y luego se realiza una serie de pruebas y conclusiones basadas en la observación del proceso o las personas.

- 1) Definir el problema o describa el incidente de calidad de manera objetiva. Incluya los atributos cualitativos y cuantitativos de los resultados perjudiciales. Esto generalmente incluye especificar las naturalezas, las magnitudes, las ubicaciones y el momento de los eventos. Esto equivale a preguntar "¿Cómo puede suceder?"
- 2) Reunir datos y evidencia, clasificándolos a lo largo de una línea de tiempo de eventos hasta la falla final. Para cada comportamiento, condición, acción e inacción, especifique en la línea de tiempo qué debería haberse hecho cuando difiere de lo que se hizo.
- 3) Preguntar "por qué" e identifique las causas asociadas con cada paso en la secuencia hacia el problema definido. Se entiende que "por qué" significa "¿Cuáles fueron los factores que resultaron directamente en el efecto?"
- 4) Clasificar las causas en factores causales que se relacionan con un evento en la secuencia y las causas raíz, que si se eliminan, se puede acordar que hayan interrumpido ese paso de la cadena de secuencia.
- 5) Identificar todos los demás factores dañinos que tienen igual o mejor reclamo para ser llamados "causas raíz". Si existen múltiples causas raíz, que a menudo es el caso, revele las claras para una selección posterior.
- 6) Identifique las acciones correctivas que con certeza evitarán la recurrencia de cada efecto nocivo, incluidos los resultados y los factores. Compruebe que cada acción correctiva, si se implementara previamente antes del evento, hubiera reducido o prevenido los efectos dañinos específicos.
- 7) Identificar soluciones que, cuando sean efectivas y con el consenso del grupo, eviten la recurrencia con certeza razonable, estén bajo control, cumplan con las metas y objetivos de producción y no causen ni presenten otros problemas nuevos e imprevistos.
- 8) Implementar las correcciones de causa raíz recomendada.
- 9) Asegurar la efectividad observando las soluciones de recomendación implementadas.
- 10) Identificar otras metodologías para resolver problemas y evitar problemas que puedan ser útiles.
- 11) Identificar y aborde las otras instancias de cada resultado dañino y factor dañino.

Dentro de este método de análisis, se utiliza también, los 5 por qué. El 5 por qué es una técnica iterativa de preguntas que se utiliza para explorar las relaciones de causa y efecto subyacentes a un problema en particular. El objetivo principal de la técnica es determinar la causa raíz de un defecto o problema. (El "5" en el nombre deriva de una observación empírica sobre el número de iteraciones típicamente requeridas para resolver el problema). La técnica fue desarrollada originalmente por Sakichi Toyoda y se utilizó dentro de Toyota Motor Corporation durante la evolución de sus metodologías de fabricación. Es un componente crítico de la capacitación en resolución de problemas, impartido como parte de la inducción al Sistema de Producción Toyota. El arquitecto del Sistema de Producción Toyota, Taiichi Ohno, describió el método 5 Whys como "la base del enfoque científico de Toyota. al repetir por qué cinco veces, la naturaleza del problema, así como su solución, queda clara". La herramienta ha tenido un uso generalizado más allá de Toyota, y ahora se usa en Kaizen, Lean Manufacturing y Six Sigma. (Gutiérrez & Vara, 2004)

3.3.2 REPORTES 8-D

8-D se refiere al método de resolución de problemas de ocho disciplinas. Este método se utiliza para abordar y resolver problemas, generalmente empleados por ingenieros de calidad u otros profesionales. Su propósito es identificar, corregir y eliminar problemas recurrentes, y es útil en la mejora de productos y procesos. Establece una acción correctiva permanente basada en el análisis estadístico del problema (cuando sea apropiado) y se enfoca en el origen del problema determinando sus causas raíz. Aunque originalmente constaba de ocho etapas, o "disciplinas", más tarde se aumentó con una etapa de planificación inicial. El 8D sigue la lógica del ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (Acuña, 2012). La metodología de 8 Disciplinas puede considerarse como 9 en total, ya que la primera suele ser 0-D (o D0). Cada paso de la metodología ayuda al siguiente paso. En general, la Metodología 8-D buscará encontrar una causa raíz e implementar acciones correctivas para que el evento no vuelva a ocurrir.

3.3.2.1 0-D: Plan

Este paso requiere la identificación clara y la planificación de los pasos a seguir. Además, aquí se determina cualquier requisito necesario para ayudar con los problemas.

3.3.2.2 1-D: Usar un Equipo

Se establece un equipo de 4 a 6 personas para dar una solución al problema. El equipo debe estar compuesto por personas que sean directamente responsables del área donde se originó el problema y

que tengan conocimiento del proceso involucrado en dicha área. Además, el equipo debe tener funciones y responsabilidades claras distribuidas para evaluar oportunamente y dar una respuesta al problema.

3.3.2.3 2-D: Definir y Describir la Declaración del Problema

Establecer el problema en términos cuantificables. Por lo general, se utiliza un análisis de quién, cuándo, dónde, qué, por qué y cómo. El problema debe expresarse en términos de datos conocidos y no en meras especulaciones. Además, la declaración del problema debe incluir el estado actual de lo que no es y lo que se desea.

3.3.2.4 3-D: Desarrollar Acciones de Contención y Desarrollar y Verificar Acciones Correctivas

El objetivo principal de este paso es evitar que el problema en su estado actual llegue al cliente. En otras palabras, el problema debe ser aislado. La identificación a través de la clasificación de productos buenos y malos también ocurre aquí.

3.3.2.5 4-D: Determinar, Identificar y Verificar las Causas Raíz

Esta disciplina atrae al equipo a usar las técnicas de Análisis de causa raíz para encontrar la causa raíz del problema. Además, es en este paso que se debe identificar el problema por el que no se detectó ni notó. Se recomienda encarecidamente que se utilicen la técnicas 5 por qué y el diagrama Ishikawa, ya que estas técnicas pueden determinar con precisión la causa raíz exacta en pasos simples. Para verificar la causa raíz, se recomienda una serie de experimentos en los que se replica el defecto. Además, si se identifican varias causas raíz, es necesario priorizarlas.

3.3.2.6 5-D: Determinar y Elegir una Acción Correctiva Permanente

Se diseñan acciones correctivas. Para verificar que la acción correctiva funciona, se necesitan pruebas para determinar si el problema / problema ha sido eliminado o controlado. Además, las acciones provisionales y de contención deben eliminarse para verificar que el problema no vuelva a ocurrir. Se debe tener en cuenta la evaluación de datos sobre el tema antes y después del incidente.

3.3.2.7 6-D: Implementar y Validar Acciones Correctivas Permanentes

Se debe demostrar que todas las acciones son efectivas, en términos de tiempo, costo y capacidad de detectar / evitar que el problema llegue al cliente.

3.3.2.8 7-D: Tomar Medidas Preventivas

La operación, los procedimientos y las prácticas deben modificarse para evitar que vuelva a ocurrir el incidente (o similares). También modifique los Planes de control para tener en cuenta el problema. Además, realice análisis FMEA sobre las acciones correctivas. Si se van a abrir nuevas líneas de producción, el Estándar de fabricación debe actualizarse para que las nuevas líneas contengan nuevas acciones correctivas o golpes de tiro que eviten que ocurra el defecto.

3.3.2.9 8-D: Felicitar al Equipo

Reconocer el esfuerzo colaborativo del equipo. Además, el cliente (y cualquier otra parte involucrada) debe ser notificado de los resultados para verificar las acciones correctivas implementadas.

3.4 RECHAZO Y RETENCIÓN DE PCBA

El rechazo es un proceso mediante el cual el ingeniero de calidad, los supervisores de calidad u operadores determina si un producto o material cumple con las pautas de calidad establecidas por las especificaciones del IPC y del plan de control. Todo material sospechoso de tener un defecto debe seguir ciertas pautas y especificaciones establecidas por el Departamento de Calidad para su identificación y segregación. La burocracia se debe usar para identificar todo el trabajo sospechoso en progreso y colocarlo en un contenedor "No conforme". Todos los WIP o FG no conformes deben identificarse claramente por qué están segregados y se les debe dar un código de defecto claro. En caso de que los materiales sospechosos incluyan una caja completa o una paleta de cajas, todas las cajas deben tener cinta roja horizontalmente.

Si se sospecha que la producción está defectuosa, las cajas correspondientes deben colocarse en "En espera" y transferirse al área de retención para su posterior clasificación y revisión (si se considera posible). Los productos terminados también deben ser verificados por el operador para detectar defectos comunes. Los ingenieros de calidad confían en los operadores como primera línea de defensa contra defectos de fabricación. Los supervisores de calidad están allí para ayudar al ingeniero a realizar auditorías periódicas del proceso de producción para determinar si se está produciendo un incidente de calidad. El ingeniero de calidad o el supervisor deben desechar los defectos simples y no recurrentes. Si los defectos no son recurrentes pero equivalen a una suma significativa, el Ingeniero de Calidad debe informar el tipo de defecto y el producto afectado a través del Registro QRQC.

En caso de que haya un volumen extremadamente alto de los mismos defectos en un producto, se debe colocar una alerta de calidad en los productos terminados. Esta acción coloca "En espera" todos los

productos empaquetados y terminados para una fase de clasificación antes de pasar al siguiente nivel de producción o enviarse al cliente

Se debe de asegurar de que los productos sospechosos estén completamente segregados de acuerdo con el defecto o defectos en cuestión. Todos los materiales o bienes sospechosos deben recibir un número de serie para su identificación en caso de transferencia al área de retención para su posterior clasificación o raspado. El material a clasificar también debe colocarse "En espera" y transferirse a la ubicación de clasificación adecuada. Todo el material debe ser claramente identificable. El material ordenado que se encuentra en buen estado puede devolverse al área respectiva y colocarse en un estado "Aprobado".

Además, se debe tener en cuenta la producción de Hiato. Hiato es la palabra en latín para un período de tiempo en el que algo (como una actividad o programa) se detiene. En producción, una pausa es un evento en el que la producción se detiene o suspende debido a circunstancias imprevistas. Estas circunstancias normalmente incluyen, entre otras, eventos de inactividad de la máquina, problemas de calidad, anulaciones del sistema o materias primas insuficientes. El objetivo principal de la pausa es devolver la producción dentro del flujo estándar de producción y calidad preestablecido. En caso de que esto suceda, se debe ordenar una pausa en la producción si surge un problema grave de calidad. No se debe permitir que continúe un problema de calidad. Un Hiatus es un método de último recurso en términos de protección del producto que se ensambla. Este método evita que se ensamblen más PCB bajo un defecto, anomalía de producción o condiciones desfavorables. El hiato a su vez ayuda a evitar que ocurra una cantidad mayor de chatarra (también en valor del dólar).

CAPÍTULO IV. DESARROLLO

En el presente capítulo, se detallan todas las actividades realizadas a lo largo de las 10 semana que fueron realizadas dentro de Empire Electronics, en al área de APQP PCB para la calidad del ensamblaje de los lanzamientos de los nuevos productos.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

4.1.1 SEMANA 1

La primera semana de la práctica profesional dentro de Empire Electronics dio inició el 6 de enero del 2020, a lo largo de esta semana se trabaja en la línea de JOY0002. Este numero de parte es una tarjeta electrónica desarrollada en el área de SMT y luego pasada al área de ensamblaje ya que se utilizara un robot soldar en combinación con soldadura manual para adherir un sensor inductivo y circuitos que llegan a un conector en un automóvil. Su principal función es la detección del uso del cinturón de seguridad, en la ilustración 3, se presenta el diseño de esta tarjeta electrónica.

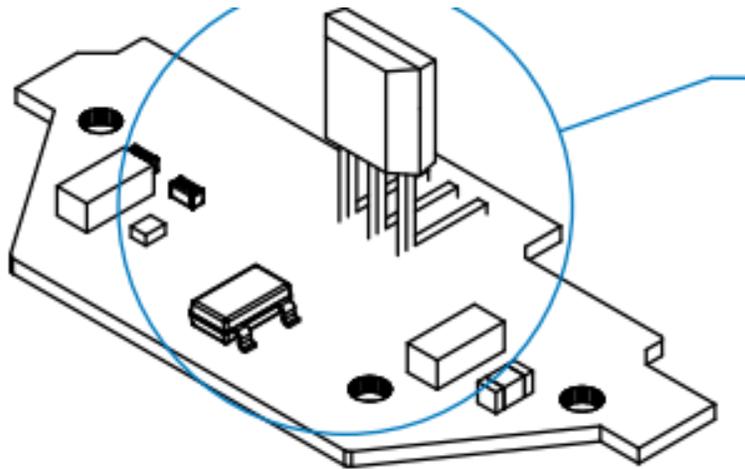


Ilustración 3- JOY0002

Fuente: Empire Electronics

Para el desarrollo del ensamblaje SMT de la tarjeta electrónica se utilizaron los *gerber file* respectivos para la programación de cada una de las diferentes maquinas en este proceso. Esta semana se trabajo primero en el ingreso del sistema de los programas. Empire Electronics utiliza varios *poka yokes* para evitar que al momento de producir un numero de parte se cometan errores comunes, como el de colocar un componente equivocado no aceptado por el cliente. Por ellos sistemáticamente se ingresa lo que es

conocido como un KANBAN a sistema, que contiene una lista de todos las resistencias, capacitores, diodos, microcontroladores, leds al igual que su valor. El materialista al momento de cargar la línea, con el uso de un escáner, solo le deja cargar el componente el fue ingresado en el KANBAN en el sistema.

Se trabajo en el análisis del perfil térmico al igual que en todos los diferentes programas necesarios para una corrida de SMT. Se trabajo con anticipación así cuando se ensamblara la tarjeta este proceso fuera lo mas rápido posible sin tomar mucho tiempo de las maquinas de producción.

4.1.2 SEMANA 2

Inicialmente, se planificó diversas tareas que se deben de realizar dentro de la planta, para la línea de producción de JOY, durante los próximos cinco meses, en ilustración 4, se muestra gráficamente en una línea de tiempo esta planificación. Esta grafica muestra todas las actividades a realizar antes de la fecha SOP, *Start of Production*, la cual es la fecha de inicio a producción masiva del numero de parte. Esta fecha es muy importante cumplir ya que el equipo de trabajo hace firma de entrega a los encargados de producción y se da a reconocer que el procedimiento desarrollado va a construir piezas de calidad tal y como indica el plano dado por el cliente. En esta fecha se manda un producción masiva de las piezas, el cliente las evalúa y da la aceptación dando a reconocer que se cumplió con los requisitos establecidos.

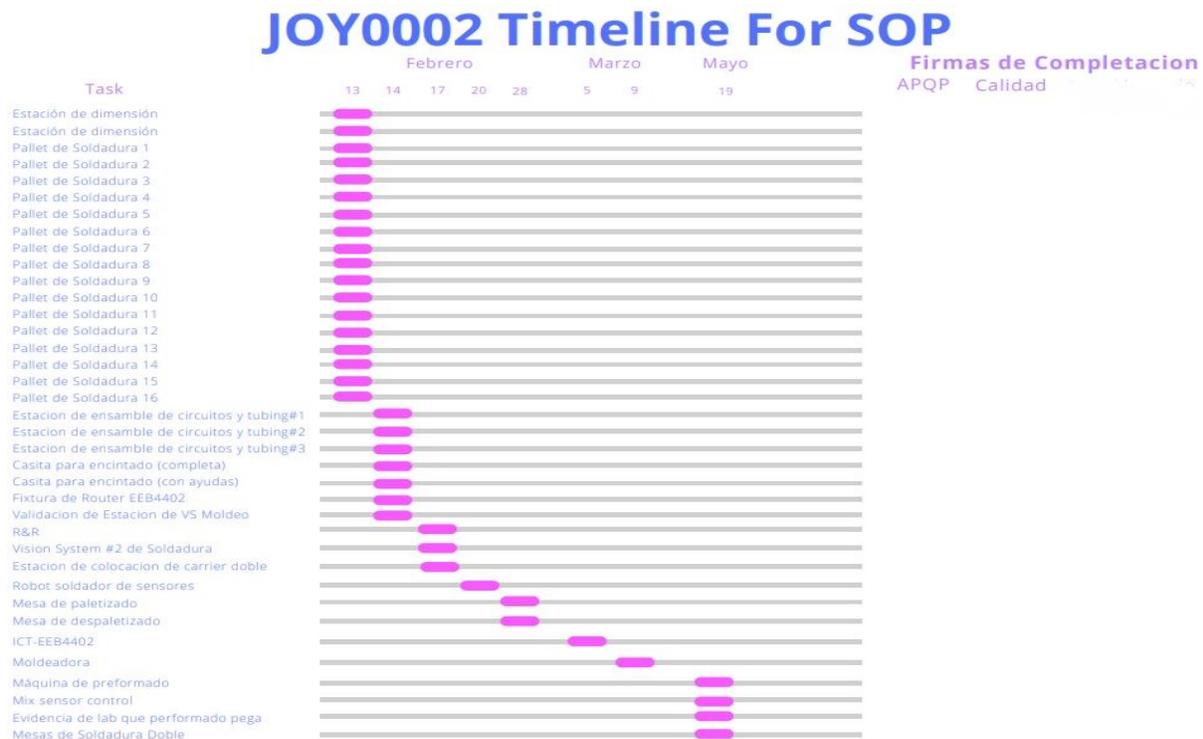


Ilustración 4-Planificación de tareas para la línea de ensamblaje JOY

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la ilustración 4, se planificó el diseño de una estación de dimensión del producto terminado, donde se tomó en cuenta un porcentaje de error determinado para lograr clasificar con los estándares de calidad apropiados del arnés. Se planificaron diversos pallet de soldadura, dentro de la línea de ensamblaje de JOY, cabe destacar, que todas las actividades desarrolladas en el plan son considerando una vez se ha desarrollado el proceso del montaje superficial de la tarjeta.

Dentro de esta planificación, se estipuló el diseño de una estación de ensamble de circuitos y tubing, para lograr soldar los circuitos con mayor eficiencia con la finalidad de obtener un mejor resultado final en la placa electrónica y a su vez reducir posibles fallos que se puedan generar. Además, se planificó un *Vision System*, este sistema de visión juega un papel muy importante dentro de la línea de ensamblaje de JOY. La función de este sistema de visión, es la de verificar la integridad o la buena ejecución del proceso anterior, es decir, luego de un proceso, como la soldadura de los componentes, la placa electrónica de pasar por un sistema de visión, el cual debe verificar la soldadura de los componentes es correcta, y respeta las normas de calidad y las normas IPC sobre las posibles fallas durante la soldadura de los componentes en las placas electrónicas.

Otra tarea principal dentro de esta planificación, es la instalación de un robot soldador de sensores, ya que actualmente, este proceso se realiza de manera manual por los operadores, con este robot, se aumentará la eficiencia del proceso de ensamblaje y a su vez, el mismo robot permite la verificación de la soldadura de estos sensores, ya que el mismo, posee su propio sistema de visión.

Además, se presentó el diseño del *layout* y el flujo de la línea de ensamblaje de JOY0002, la línea de ensamblaje cuenta con un total de 13 estaciones que hace su respectiva función, en la ilustración 5, se muestra el diseño del *layout* de la línea de ensamblaje.

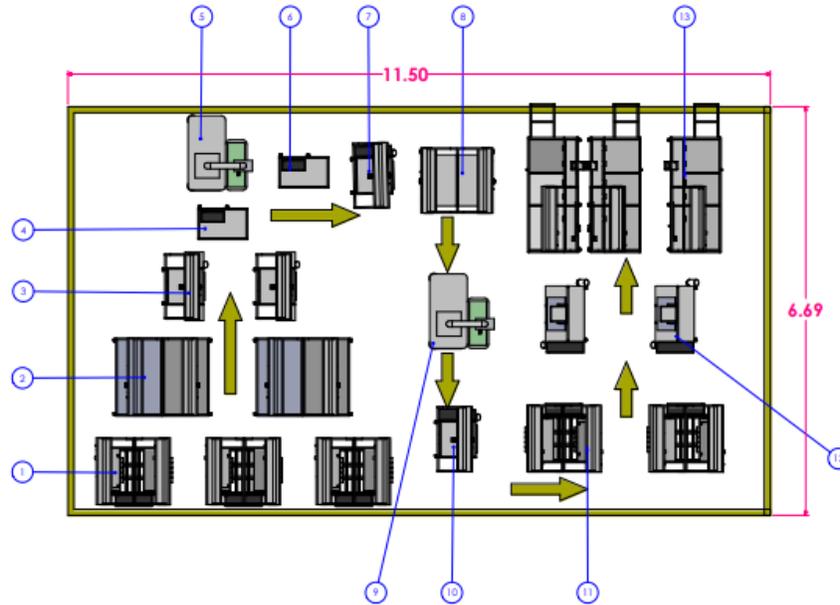


Ilustración 5-Layout de línea de ensamble JOY

Fuente: Empire Electronics

Como se muestra en la ilustración 5, se presentan las diferentes estaciones dentro de la línea de ensamble, a continuación se describe cada una de las estaciones con su número respectivamente, además, el proceso es secuencial conforme a la enumeración establecida.

- 1) Estación de Ensamble de Circuitos
- 2) Estación de Soldadura de Circuitos Doble
- 3) Vision System de Circuitos
- 4) Mesa de Paletizado de Sensores
- 5) Robot para Colocar Sensores
- 6) Mesa de Dezpaletizado de Sensores
- 7) Estación de Vision System de Soldadura de Sensores
- 8) Estación de Carrier Doble
- 9) Moldeadora
- 10) Vision System de Soldadura
- 11) Estación de Encintado
- 12) Estación de Dimensión
- 13) Prueba Eléctrica

4.1.3 SEMANA 3

A lo largo de la semana 3, se continuó trabajando con la línea de ensamblaje de JOY donde se procedió a realizar el plan de pruebas de esta línea de ensamblaje. Para el diseño de este plan de pruebas, se debe tener en cuenta las posibles modos de falla de acuerdo con las máquinas disponibles. En total, se pueden realizar cinco pruebas de la placa electrónica donde tres de ellas se realizan en la parte de la línea de ensamblaje con tecnología de montaje superficial (SMT) y las otras dos pruebas pueden realizarse en la línea de ensamblaje de JOY. Esto ya que se han encontrado diversos errores en la línea de ensamblaje de JOY, por lo tanto, se busca reducir la cantidad encontrados. Los errores encontrados se presentan a continuación:

- 1) Tarjetas que no encajan en la *fixtura*, ver anexo 1.
- 2) *Fixtura* no posicionada a la altura de los circuitos, ver anexo 2.
- 3) *Fixtura* daña circuitos, ver anexo 3.
- 4) *Fixtura* no ensamblan correctamente en su contraparte, ver anexo 4.
- 5) *Fixturas* no alineadas en la mesa, ver anexo 5.

Por lo tanto, en base a esto, buscando reducir los errores que se pueden presentar a lo largo de la línea de ensamblaje, se estipuló un plan de pruebas de cada componente dentro de la placa electrónica, donde se evalúan en cada línea de ensamblaje, tanto en la línea SMT y también la línea de ensamblaje final de JOY. En la línea con tecnología de montaje superficial (SMT) se realizan tres pruebas las cuales son:

- 1) AOI: *Automatic Solder Inspection*
- 2) ICT: *In Circuit Testing*
- 3) SPI: *Solder Past Inspection*

Y para la línea de ensamblaje final de la placa electrónica JOY, se pueden utilizar las siguientes pruebas:

- 4) FT: *Final Tester*, la cual se refiere a una prueba eléctrica final
- 5) VS: *Vision System*, se verifica la buena ejecución del proceso anterior

Por lo tanto, en la tabla 1, se presenta que pruebas se puede realizar a cada componente de la placa electrónica JOY.

Tabla 1-Info y detección de componentes

		Coverage	ASSY		SMT		
			FT	VS	AOI	ICT	SPI
06035C104K4Z2A	Incorrect Part	YES			YES	YES	
	Missing Part	YES			YES	YES	
	Missing Soldering	YES			YES		YES
	Solder Shorts	YES					YES
157-00287	Mis-Oriented	YES	YES				
	Missing Part	YES	YES				
3619A-01-008A	Bent Pins	YES	YES				
	Incorrect Cavity Inse	YES	YES				
	Low Terminal	YES	YES				
	Unassembled Padloc	YES	YES				
A1377LUCTN-TC1-T	Excess Solder	YES		YES			
	Missing Part	YES	YES				
	Missing Soldering	YES		YES			
	Solder Projections	YES		YES			
	Solder Shorts	YES		YES			
EST-JOY0002-01A X	Excess Solder	YES		YES			
	Missing Soldering	YES		YES			
	Solder Projections	YES		YES			
	Solder Shorts	YES		YES			

Continuación Tabla 1

		Coverage	ASSY		SMT		
			FT	VS	AOI	ICT	SPI
EST-JOY0002-02A X	Excess Solder	YES		YES			
	Missing Soldering	YES		YES			
	Solder Projections	YES		YES			
	Solder Shorts	YES		YES			
EST-JOY0002-03A X	Excess Solder	YES		YES			
	Missing Soldering	YES		YES			
	Solder Projections	YES		YES			
	Solder Shorts	YES		YES			
EST-JOY0002-04A X	Excess Solder	YES		YES			
	Missing Soldering	YES		YES			
	Solder Projections	YES		YES			
	Solder Shorts	YES		YES			
EST-JOY0002-05A X	Excess Solder	YES		YES			
	Missing Soldering	YES		YES			
	Solder Projections	YES		YES			
	Solder Shorts	YES		YES			
GCM155R71H103K A55D	Incorrect Part	YES			YES	YES	
	Missing Part	YES			YES	YES	
	Missing Soldering	YES			YES		YES
	Solder Balls	YES			YES		
	Solder Shorts	YES					YES
MLX92241LSE-BA A-023-RE	Missing Part	YES	YES		YES		
	Missing Soldering	YES			YES		YES
	Solder Balls	YES			YES		
	Solder Shorts	YES					YES
NUP2105LT1G	Missing Part	YES			YES		
	Missing Soldering	YES			YES		YES
	Solder Balls	YES			YES		
	Solder Shorts	YES					YES
OM646	Excess Compound	YES		YES			
	Incomplete Overmold	YES		YES			

Fuente: Empire Electronics

4.1.4 SEMANA 4

En la cuarta semana de la práctica profesional, se procedió a poner en práctica lo que se planificó en la semana anterior, con respecto a las pruebas para la reducción de errores. Al momento de ejecutar estas pruebas se logró obtener una mejor calidad así como mayor eficiencia en el proceso de la línea de ensamblaje de JOY, en la ilustración 11, se muestra el resultado, donde ya la placa electrónica no presenta ninguna tipo de falla, ni fallas de fixtures, las cuales eran unas de las que se mas presentaban a lo largo de todo este proceso en la línea de ensamblaje.

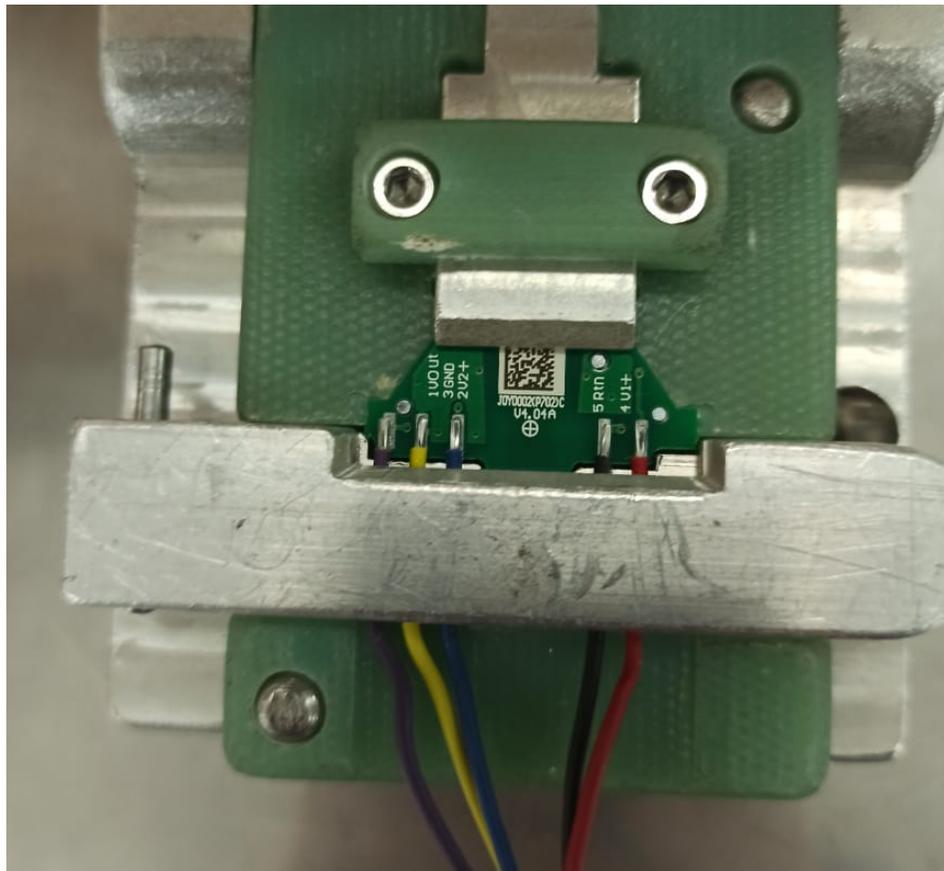


Ilustración 6 -Placa JOY sin errores

Fuente: Elaboración Propia

Seguidamente se realizó el proceso de FMEA, el cual es un proceso donde se evalúa el modo de falla potencial y análisis de efectos, donde se evaluó la línea de ensamblaje de JOY, este proceso se muestra en la tabla 2.

Tabla 2-PFMEA

Process Step/Processes Function	Characteristic	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	Special Class	SEV	Potential Cause of Failure	CCO	Actual Process Control	Type Process Control	DET	RPN	Recommended Actions	Area/Resp/Target Completion Date	Actions Taken (Date Completed)	SEV	DET	CCO	RPN
P1000 - Inspeccion de Recibo en EEH (PCB) //Receiving Inspection at EEH	Condicion de Empaque de Material Prima / Raw Material Packaging Condition	Cajas sin deformidades ni daños / Boxes without deformations nor damages	Cajas en mal estado (dañadas) / Damaged boxes	Loss or Degradation of Secondary Function		5		2	Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection	Detection	8	80							
				Loss or Degradation of Secondary Function		5	Falta en sistema de calidad del proveedor / supplier quality system failure	2	Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection	Prevention	7	70							
	Condicion de la Materia Prima / Raw Material Condition	Materia Prima cumple con especificaciones / Raw Material meets specifications	Materia Prima Defectuosa / Defective Raw Material	Loss or Degradation of Secondary Function		5		2	Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection	Detection	8	80							
	Transferencia de Material // Material Transfer	Todo material transferido debe pertenecer a la orden de trabajo // All material must belong to the work order	Material transferido a linea no pertenece a orden de trabajo // Material transferred to the line does not belong to the work order	Loss or Degradation of Secondary Function		5	Falta de operación de operador por desconocimiento, distracción, intencional // Operator fails to perform	2	Sistema de Entrenamiento de personal/Personal training system	Prevention	5	50							
				Loss or Degradation of Secondary Function		5	Falta de operación de operador por desconocimiento, distracción, intencional // Operator fails to perform	2	Software de Cargado Kitting // Kitting Loading Software	Prevention	4	40							
				Loss or Degradation of Secondary Function		5	Falta al seguimiento de protocolos de sistema Kitting // Failure to follow Kitting system protocols	2	Software de Cargado Kitting // Kitting Loading Software	Prevention	4	40							
	Número de parte de componente // Component part number	Número de parte correctamente identificado comparado al label correcto segun BOM // Correct labeling of component according to the	Número de parte mal identificado comparado al label correcto segun BOM // Incorrect labeling of component according to the part number at the	Loss or Degradation of Secondary Function		5		2	Auditoria en Proceso // Audit Process	Detection	4	40							
				Loss or Degradation of Secondary Function		5	Falta proveniente de proceso de proveedor // Failure from vendor process	2	Sistema de Recibo de Material // Raw Material Receiving System	Prevention	5	50							
	Integridad de tarjeta // Board Integrity	Tarjeta integra acorde IPC-600 // Board with correct integrity according to IPC-600	Tarjeta con daños en superficie y conductores // Board with scratches over surface and traces	Loss or Degradation of Secondary Function		5	Daño de superficie proveniente de proveedor de Tarjeta // Damage on surface coming from Boardhouse	3	Certificación de Inspección Visual // Visual Inspection Certification	Prevention	6	90							
				Loss or Degradation of Secondary Function		5	Daño de superficie proveniente de proveedor de Tarjeta // Damage on surface coming from Boardhouse	3	Primera Pieza PCB // First Piece Checklist PCB	Prevention	4	60							
	Material Datasheet	Comply to legal requirements-recyclability	Use of wrong material	Loss or Degradation of Primary Functions		8	No Image Available	3	Revalidacion de PPAP/ PPAP Revalidation	Prevention	1	24							

Continuación Tabla 2

Process Step/Processes Function	Characteristic	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	Special Class	REV	Potential Cause of Failure	OCC	Actual Process Control	Type Process Control	DET	RPN	Recommended Actions	Area/Resp/Target Completion Date	Actions Taken (Date Completed)	SEV	DET	OCC	RPN
2001 - Corte Automatico / Automatic Cut.	Material dentro del Conductor / Material inside Conductor's	Conductor sin aislante / Conductor without insulating	Aislante dentro del conductor / Insulating inside conductor	Intermittence		7		2	Auditoria de Primera Pieza / First piece audit	Detection	5	84							
				Intermittence		7		2	Crimp Force Monitor	Detection	3	42							
				Intermittence		7		2	Procedimiento de Primera Pieza (Corte)	Prevention	5	70							
	color de alambre / wire color	alambre de color correcto / correct wire color	alambre con color incorrecto / incorrect wire color	Annoyance		3		2	auditoria de primera pieza / first piece audit	Detection	5	30							
				Annoyance		3	Incumplimiento de proveedor en tonalidad de colores. / Breach of supplier in color tones.	2	Primera pieza / First piece	Prevention	5	30							
	Alto de conductor. / Conductor height.	Alto conductor dentro de especificacion. / Conductor height within specification.	Alto de conductor fuera de especificacion. / Conductor height out of specification.	Loss or Degradation of Primary Functions	No Image Available	8		2	auditoria de primera pieza / First Piece Audit (Software: First Last Piece)	Detection	5	80							
				Loss or Degradation of Primary Functions	No Image Available	8		2	Crimp Force Monitor	Detection	3	48							
				Loss or Degradation of Primary Functions	No Image Available	8		2	evaluacion sección transversal / cross section evaluation	Detection	5	80							
	Alto de forro. / Insulation height.	Alto de forro dentro de especificacion. / Insulation height within specification.	Alto de forro fuera de especificacion. / Insulation height out of specification.	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Auditoria de primera pieza / First piece audit	Detection	5	60							
	Ancho de conductor / Conductor width.	Ancho de conductor dentro de especificacion. / Conductor width within specification.	Ancho de conductor fuera de especificacion. / Conductor width out of specification.	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Auditoria de primera pieza / First piece audit	Detection	5	60							
				Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	evaluacion sección transversal / cross section evaluation	Detection	5	60							
	Ancho de forro. / Insulation width.	Ancho de forro dentro de especificacion. / Insulation width within specification.	Ancho forro fuera de especificacion. / Insulation width out of specification.	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Auditoria de primera pieza / First piece audit	Detection	5	60							
	Longitud de brocha / Conductor brush length	50% brocha. / 50% brush.	Brocha alta. / High Brush.	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Auditoria de primera pieza / First piece audit	Detection	5	60							
		50% brocha. / 50% brush.	Brocha baja. / Low brush.	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Auditoria de primera pieza / First piece audit	Detection	5	60							
	Tension Minima Requerida / Minimum Pull Required	halon por encima de la tension minima requerida / Pull out force over minimum required pull	halon por debajo de tension minima requerida / Pull out force under minimum required pull	Loss or Degradation of Primary Functions		7		2	auditoria de halones / Pull Test audit	Detection	5	70							

Fuente: Empire Electronics

En base a esto, se procedió al diseño de un plan de control, el cual se presenta en la tabla 3.

Tabla 3-Plan de control

OPERATION			CHARACTERISTICS			SPECIAL CLASS	METHODS					REACTION PLAN	
Part / Process Number	Process Name / Operation Description	Machine / Device / Jig / Tools Used for Manufacturing	Number	Characteristic	Type	Special Class	Product / Process Specification Tolerance	Evaluation / Measurement Technique	Sample		Control Method		Type
									Size	Frequency			
P1000	Inspeccion de Recibo en EEH (PCB) //Receiving Inspection at EEH.	Inspeccion de Recibo en EEH (PCB) //Receiving Inspection at EEH.	1	Condición de Empaque de Material Prima / Raw Material Packaging Condition	PRODUCTO / PRODUCT		Estandar de Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection Standard	Visual / Visual	1%	cada lote / every batch	Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection	Deteccion	PR-COMPONENT S-1
			2	Condición de Empaque de Material Prima / Raw Material Packaging Condition	PRODUCTO / PRODUCT		Estandar de Inspeccion de Recibo / Receiving Inspection Standard	Visual / Visual	100	Hora / Hour	Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection	Prevention	PR-COMPONENT S-1
			3	Condición de la Materia Prima / Raw Material Condition	PRODUCTO / PRODUCT		Estandar de Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection Standard	Visual / Visual	1%	cada lote / every batch	Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection	Deteccion	PR-COMPONENT S-1
			4	Integridad de tarjeta // Board Integrity	PRODUCTO / PRODUCT		Criterios de inspección basados en IPC-A-610 y/o IPC-600// Inspection criteria based on IPC-A-610 and/or IPC-600	Visual // Visual	100	continuo / continuous	Certificación de Inspección Visual // Visual Inspection Certification	Prevention	PR-PCB-2
			5	Integridad de tarjeta // Board Integrity	PRODUCTO / PRODUCT		Pieza conforme plano y IPC-A-610 o IPC-7527// Piece according to blueprint and IPC-A-610 or IPC-7527	Uso de plano de cliente aprobado // Usage of approved customer's blueprint	1	Cambio de Setup / Setup change over	Primera Pieza PCB // First Piece Checklist PCB	Prevention	PR-PCB-2
			6	Material Datasheet	PRODUCTO / PRODUCT	No Image Available	Información de Cliente/Customer's Information	Aprobación en Sistema/System Approval	1 Vez/Once per	Año / Year	Revalidación de PPAP/ PPAP Revalidation	Prevention	

Continuación Tabla 3

OPERATION			CHARACTERISTICS			SPECIAL CLASS	METHODS					REACTION PLAN	
Part / Process Number	Process Name / Operation Description	Machine / Device / Jig / Tools Used for Manufacturing	Number	Characteristic	Type	Special Class	Product / Process Specification Tolerance	Evaluation / Measurement Technique	Sample		Control Method	Type	
									Size	Frequency			
P1000	Inspección de Recibo en EEH (PCB) //Receiving Inspection at EEH.	Inspección de Recibo en EEH (PCB) //Receiving Inspection at EEH.	7	Número de parte de componente // Component part number	PRODUCTO / PRODUCT		Pieza conforme plano y IPC-A-610 // Piece according to blueprint and IPC-A-610	Visual / Visual	1	Turno / Shift	Auditoría en Proceso // Audit Process	Detection	PR-PCB-2
			8	Número de parte de componente // Component part number	PRODUCTO / PRODUCT		Validación de material acorde a sistema Recibo basado en especificaciones de plano y/o BOM // Material validation according to Receiving System based on blueprint and/or BOM	Uso de software de Recibo // Usage of Receiving software	100	continuo / continuous	Sistema de Recibo de Material // Raw Material Receiving System	Prevention	PR-PCB-2
			9	Transferencia de Material // Material Transfer	PROCESO / PROCESS		Base de datos de Log Kitting SW basado en plano de cliente y/o BOM // Log Kitting SW database based on customer's blueprint and/or BOM	Uso de software EEH // EEH Software usage	1	Cambio de Producto / Product change over	Software de Cargado Kitting // Kitting Loading Software	Prevention	PR-PCB-SMT-18
			10	Transferencia de Material // Material Transfer	PROCESO / PROCESS		Procedimiento de entrenamiento indica que operación de maquina y/o software solo pueda realizarse por asociado certificado // Training procedure indicates that machine/software	Exámenes de certificación/Certification exams	1	Software Entrenamiento / Training Software	Sistema de Entrenamiento de personal/Personal training system	Prevention	PR-Ensamble-12

Fuente: Empire Electronics

4.1.5 SEMANA 5

En la semana 5, se continuó implementando lo planificado con respecto a la línea de ensamblaje de JOY, en esta semana se realizó la estación de dimensión, la cual incluye niveles de tolerancia aceptados por el cliente, para lograr ayudar al operador a validar que se cumplen con los criterios impuestos siguiendo lineamientos de calidad. En la ilustración 7, se muestra la estación de dimensión final.

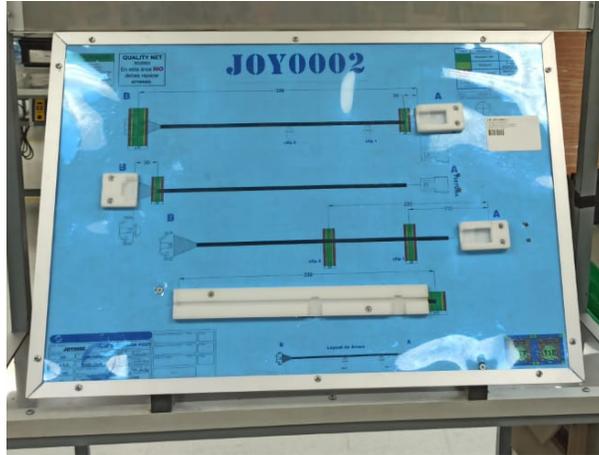


Ilustración 7 - Estación de dimensión JOY0002

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se procedió a trabajar el línea de ensamblaje de DFN0109/110, también conocida como su función de RCL. RCL se refiere a un total de 5 placas electrónicas, en donde cada una de estas controla luces traseras del automóvil, haciendo diferentes funciones, en la ilustración 8, se presentan el diseño de estas 5 diferentes placas electrónicas.

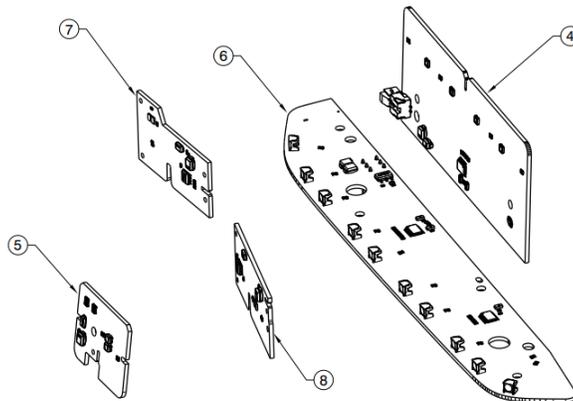


Ilustración 8 -RCL

Fuente: Empire Electronics

Durante esta semana se desarrollaron lo que se le conoce como maestros de producción para el numero de parte DFN0110, el cual contiene 5 diferentes PCB. Su propósito es validar los programas de inspección en el proceso de ensamblaje. Por ejemplo, validar que si se creo la condición de un arreglo de resistencia que debe medir 30K ohmios desarrollar una tarjeta electrónica con diferente arreglo para verificar que la maquina ICT esta midiendo de la maestra correcta.

4.1.6 SEMANA 6

La sexta semana se continuo el desarrollo de la validación de las corridas en SMT de RCL pero con el siguiente numero de parte DFN0109, la contra parte. Para ello se desarrollo los tres maestros correspondientes de cada maquina: AOI, ICT y X-RAY, se era necesario. La manera el cual se considera que defectos son los que se deberían de colocar en el maestro depende del análisis que se hizo en la semanas anteriores en el análisis de un plan de exámenes.

Los maestros también son utilizados para la depuración de falsas alarmas de la maquinas y perfeccionar los programas. La ilustración 9 muestra el proceso de desarrollo manual de los maestros.



Ilustración 9 - Desarrollo de maestros

Fuente: Elaboración Propia

Al igual que para la línea de ensamblaje de JOY, se procedió con la línea de ensamblaje de RCL, donde se realizó el proceso de FMEA, el cual es un proceso donde se evalúa el modo de falla potencial y análisis de efectos, en la tabla 4, se presentan los resultados.

Tabla 4-PFMEA RCL

Process Step/Process Function	Characteristic	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	Special Class	SEV	Potential Cause of Failure	OCC	Actual Process Control	Type Process Control	DET	RPN	Recommended Actions	Area/Resp/Target Completion Date	Actions Taken (Date Completed)	SEV	DET	OCC	RPN
P1000 - Inspeccion de Recibo en EEH (PCB) /Receiving Inspection at EEH.	Condicion de Empaque de Material Prima / Raw Material Packaging Condition	Cajas sin deformaciones ni daños / Boxes without deformations nor damages	Cajas en mal estado (dañadas) / Damaged boxes	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection	Detection	8	80							
				Loss or Degradation of Secondary Function		6	Falla en sistema de calidad del proveedor / supplier quality system failure	2	Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection	Prevention	7	70							
	Condicion de la Materia Prima / Raw Material Condition	Materia Prima cumple con especificaciones / Raw Material meets specifications	Materia Prima Defectuosa / Defective Raw Material	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Inspeccion de Materia Prima / Raw Material Inspection	Detection	8	80							
	Transferencia de Material // Material Transfer	Todo material transferido debe pertenecer a la orden de trabajo // All material must belong to the work order	Material transferido a linea no pertenece a orden de trabajo // Material transferred to the line does not belong to the work order	Loss or Degradation of Secondary Function		6	Falla de operacion de operador por desconocimiento, distraccion, intencional // Operator fails to perform	2	Sistema de Entrenamiento de personal/Personal training system	Prevention	5	50							
				Loss or Degradation of Secondary Function		6	Falla de operacion de operador por desconocimiento, distraccion, intencional // Operator fails to perform	2	Software de Cargado Kitting // Kitting Loading Software	Prevention	4	40							
				Loss or Degradation of Secondary Function		6	Falta al seguimiento de protocolos de sistema Kitting // Failure to follow Kitting system protocols	2	Software de Cargado Kitting // Kitting Loading Software	Prevention	4	40							
	Número de parte de componente // Component part number	Número de parte correctamente identificado comparado al label correcto segun BOM // Correct labeling of component according to the	Número de parte mal identificado comparado al label correcto segun BOM // Incorrect labeling of component according to the part number at the	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Auditoria en Proceso // Audit Process	Detection	4	40							
				Loss or Degradation of Secondary Function		6	Falla proveniente de proceso de proveedor // Failure from vendor process	2	Sistema de Recibo de Material // Raw Material Receiving System	Prevention	5	50							
	Integridad de tarjeta // Board Integrity	Tarjeta integra acorde IPC-600 // Board with correct integrity according to IPC-600	Tarjeta con daños en superficie y conductores // Board with scratches over surface and traces	Loss or Degradation of Secondary Function		6	Daño de superficie proveniente de proveedor de Tarjeta // Damage on surface coming from Boardhouse	3	Certificación de Inspección Visual // Visual Inspection Certification	Prevention	6	90							
				Loss or Degradation of Secondary Function		6	Daño de superficie proveniente de proveedor de Tarjeta // Damage on surface coming from Boardhouse	3	Primera Piza PCB // First Piece Checklist PCB	Prevention	4	60							
	Material Datasheet	Comply to legal requirements-recyclability	Use of wrong material	Loss or Degradation of Primary Functions		8		3	Revalidacion de PPAP/ PPAP Revalidation	Prevention	1	24							

Continuación Tabla 4

Process Step/Process Function	Characteristic	Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effects of Failure	Special Class	SEV	Potential Cause of Failure	OCC	Actual Process Control	Type Process Control	DET	RPN	Recommended Actions	Area/Resp/Target Completion Date	Actions Taken (Date Completed)	SEV	DET	OCC	RPN
2001 - Corte Automatico / Automatic Cut.	Material dentro del Conductor / Material inside Conductor's	Conductor sin aislante / Conductor without insulating	Aislante dentro del conductor / Insulating inside conductor	Intermittence		7		2	Auditoria de Primera Pieza / First piece audit	Detection	6	84							
				Intermittence		7		2	Crimp Force Monitor	Detection	3	42							
				Intermittence		7		2	Procedimiento de Primera Pieza (Corte)	Prevention	5	70							
	color de alambre / wire color	alambre de color correcto / correct wire color	alambre con color incorrecto / incorrect wire color	Annoyance		3		2	auditoria de primera pieza / first piece audit	Detection	5	30							
				Annoyance		3	Incumplimiento de proveedor en tonalidad de colores. / Breach of supplier in color tones.	2	Primera pieza / First piece	Prevention	5	30							
	Alto de conductor / Conductor height.	Alto conductor dentro de especificacion. / Conductor height within specification.	Alto de conductor fuera de especificacion. / Conductor height out of specification.	Loss or Degradation of Primary Functions	SGC	8		2	auditoria de primera pieza / First Piece Audit (Software: First Last Piece)	Detection	5	80							
				Loss or Degradation of Primary Functions	SGC	8		2	Crimp Force Monitor	Detection	3	48							
				Loss or Degradation of Primary Functions	SGC	8		2	evaluacion sección transversal / cross section evaluation	Detection	5	80							
	Alto de foro. / Insulation height.	Alto de foro dentro de especificacion. / Insulation height within specification.	Alto de foro fuera de especificacion. / Insulation height out of specification.	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Auditoria de primera pieza / First piece audit	Detection	5	60							
	Ancho de conductor / Conductor width.	Ancho de conductor dentro de especificacion. / Conductor width within specification.	Ancho de conductor fuera de especificacion. / Conductor width out of specification.	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Auditoria de primera pieza / First piece audit	Detection	5	60							
				Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	evaluacion sección transversal / cross section evaluation	Detection	5	60							
	Ancho de foro. / Insulation width.	Ancho de foro dentro de especificacion. / Insulation width within specification.	Ancho foro fuera de especificacion. / Insulation width out of specification.	Loss or Degradation of Secondary Function		6		2	Auditoria de primera pieza / First piece audit	Detection	5	60							

Fuente: Empire Electronics

4.1.7 SEMANA 7

En semana 7, una vez completo el PFMEA y Plan de Control de DFN0109 y DFN0110 se procedió a la implementación de tales controles a través de las diferentes áreas detectadas. Principalmente se trabajó en el sistema de visión colocado dentro del torquimetro. Una vez despenalizadas las tarjetas de RCL, estas son colocadas en una cubierta plástica conectadas a través de un arnés de cinco conectores. Posicionadas las tarjetas en su lugar respectivo son insertadas a un torquimetro el cual coloca un total de 9 tornillos para la sujeción de cada una de las PCB. La ilustración 10 muestra el torquimetro y su sistema de visión.



Ilustración 10- Torquimetro de RCL

Fuente: Elaboración Propia

El programa del torquimetro tiene dos etapas, la primera es antes de la colocación de los tornillos. Este realiza 3 diferentes tomas para asegurar que la pieza ingresada esta colocada de la manera correcta y sin tornillos. Se realizo esto con inspecciones de posicionamiento al igual que de color. Una vez pasada esta

prueba la maquina hace la tarea de atornillar los 9 tornillos y medir el torque el cual tiene como medida 1 N/m con una tolerancia de $\pm 0.10\text{N/m}$.

Seguidamente el sistema de visión realiza las 3 tomas iniciales pero esta vez con mas inspecciones. El posicionamiento adecuado de las tarjeta, sin que estas se hayan movido, no hayan salido tornillos doble, y sus 9 tornillos correspondientes. La ilustración 11 muestra una de las tres tomas realizadas por el torquimetro y sus inspecciones correspondientes a la imagen.

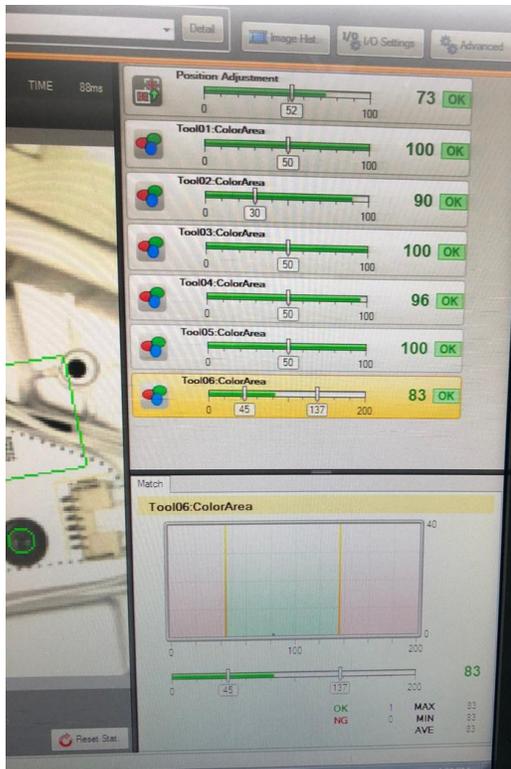


Ilustración 11 -Sistema de Vision del Torquimetro

Fuente: Elaboración Propia

Cabe recalcar que para la configuración correcto de cada uno de los parámetros se desarrollaron maestros e inspecciones de cada uno de los posibles errores a desarrollarse por una u otra razón.

4.1.8 SEMANA 8

Durante semana ocho se continuo trabajando en el sistema de visión, pero el numero de parte contrario. El torquimetro es utilizado para ambos números de parte: DFN0109 y DFN0110. Sin embargo, estos numero de parte se corren de manera alterna. Una semana se produce un numero de parte el siguiente

de otro. Para utilizar el torquimetro se hace cambio de la *fixtura* que sujeta la cubierta para colocar el numero de parte que se va a producir. Sin embargo, aunque los defectos sean los mismo los programas son distintos y se tiene que desarrollar el mismo procedimiento. Esto se debe que aunque es un mismo RCL el DFN0109 son las luces izquierdas del automóvil y DFN0110 son las luces derechas, por ende son inversamente iguales.



Ilustración 12 - RCL

Fuente: Elaboración Propia

4.1.9 SEMANA 9

La novena semana fue dedicada a los cierre de pendiente en la línea de JOY0002. Organizar flujo, y buscar maneras de mejorar tiempos de producciones tal vez como el diseño de un nuevo empaque interno de las tarjetas despenalizadas que soporte mayor numero. Adicionalmente se concluyo la programación de las pruebas eléctricas. La prueba eléctrica de este numero de parte es un poco mas complejo al de RCL ya que es una prueba eléctrica que utiliza un multímetro llamado DYNALAB conectado a un PLC. El multímetro hace 2 medición una de la corriente con el sensor inactivo y una con el sensor activo. El sensor se activa cuando se le acerca un imán electromagnético. Al medir la corriente el DYNALAB manda un pulso positivo al PLC y adicionalmente el PLC manda a una impresora laser un pulso para hacer un grabado único en el conector del arnés. Esta marca única es utilizada como manera de seguridad hacia el cliente aseguando que se están enviando solo piezas que han pasado con la corriente establecida.

La Tabla 5 muestra el voltaje inducidos cuando el sensor esta activo y cuando no esta activo y las respuestas de corrientes en cada uno de los escenarios.

Tabla 5 -Mediciones de JOY0002

Manufacturer	Melexis		Manufacturer	Melexis	
Part Number	A1377LUCTN-TC1-T		Part Number	MLX92241LSE-BAA-023-RE	
Package	3-SIP		Switch / Latch	Switch	
Vin_min	4.5	V	Pole Active	North (Uni)	
Vin_max	5.5	V	Package	TSOT-3	
Vout_min	1 ± 0.25	V	Vsup_min	2.7	V
Vout_max	4 ± 0.25	V	Vsup_max	24	V
Iout_min	-10	mA	Iout_Bop	12 - 17	mA
Iout_max	10	mA	Iout_Brp	5 - 6.9	mA
Magnetic Range Max	±150	mT	Bop	-7.9	mT
			Brp	-5.3	mT
			B_hys	2.6	mT
			TC	-1100	ppm/K
			Inverted	No	
			Capacitor	No	

Fuente: Empire Electronics

Un vez el programa de la prueba eléctrica se estableció, se procedió a validar la programación. El cual concedía en verificar el del documento de pruebas y PFMEA para todos los posibles errores dados y crear un maestro correspondiente al área. Por ejemplo, se creo un pieza final sin tener el sensor MELEXIS. La cual el multímetro de la segunda medición debería sacar error. Sin embargo, al pasar el maestro nos dimos cuenta que la prueba eléctrica fallaba por el arreglo incorrecto de cables. Se corrigió y se prosiguió depurando del programa hasta finalizarlo.

Concluido esta tarea, era necesario establecer un paso a paso a través de ayudas visuales para que el operador tenga un recordatorio constante de todos los pasos a seguir y que a este no se le vaya a olvidar en el momento de producción.

4.1.10 SEMANA 10

Durante el periodo de la semana final se utilizo el programa creado en la primera prueba eléctrica para la construcción de otras dos pruebas eléctricas. JOY0002 es un numero de parte el cual el cliente exige niveles de 10,000-15,000 partes por semana por lo cual es necesario abastecer el flujo.

Cabe mencionar que la tarea de la instalación del robot soldador con su sistema de visión no se concluyo dado a que la maquina no se pudo terminar en china y por el cierre de la industria quedara pendiente hasta reanudar el trabajo.

4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 6- Cronograma de Actividades

No. De Actividad	Actividades Por Desarrollar	Semanas										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Ensamblaje SMT de JOY0002	■										
2	Planificacion de JOY0002 en Ensamble		■									
3	Diseño Layout JOY0002		■									
4	Linea Ensamble JOY0002		■	■	■	■						
5	Plan de Pruebas JOY0002			■								
6	PFMEA JOY0002				■							
7	Plan de Control				■							
8	Maestros RCL SMT					■	■					
9	PFMEA de RCL						■					
10	Maestros RCL Ensamble							■				
11	Sistema de Vision del Torquimetro RCL							■	■			
12	Prueba Electrica JOY0002									■	■	

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

- 1) En cuanto a lo abordado con anterioridad, se han llegado a cerrar varios tareas para poder hacer la entrega de las líneas nuevas para que estas produzcan productos finales de calidad, cumpliendo con todos los criterios establecidos inicialmente por el cliente.
- 2) En base a los conocimientos, se lograron solucionar diversos problemas que se presentaron, y se ha logrado presentar la línea final del RCL.
- 3) Dentro del análisis expuesto, se desarrollaron planes de control para atacar todos los posibles modos de falla que se podrían desarrollar.
- 4) Por ultimo, un vez terminado la validación estas se firmaron por los ingenieros respectivos para ingresar sistemáticamente y hacer entrega de cada uno de los programas desarrollados.

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

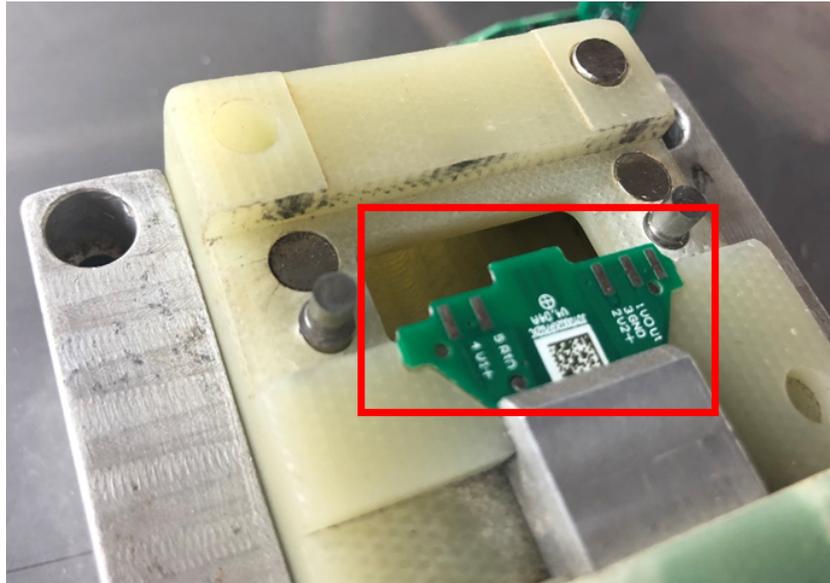
- 1) Se recomienda a la empresa tener una mejor comunicación, ya que a lo largo de las semanas trabajadas se ocurrían varios errores debido a la falta de la buena comunicación, por lo tanto, se recomienda fortalecer esta área.
- 2) La parte de la validación es una de las áreas más críticas y se recomienda que siempre tener y conseguir aprobación del equipo en el instante de estar haciendo las actividades, ya que esto luego si se ocupa re-trabajar retrasa otras actividades.
- 3) A la universidad se le recomienda dar clases de inteligencia emocional, esto ayuda a la vida del estudiante en su día a día pero en el área de trabajo esta sería una gran herramienta. Existen muchos tipos de persona y no se trabaja de igual manera con todas, por eso el manejo adecuado en situaciones difíciles da mucho que decir de ellos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Acuña, J. (2012). *Control de Calidad: Un Enfoque Integral y Estadístico* (4a ed). Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Archambeault, B. R. (2003). *PCB Design for Real-World EMI Control*. KAP Kluwer Academic Publishers.
- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de Proyectos* (6ta ed.). McGraw-Hill.
- Besterfield, D. H. (2009). *Quality Control* (8th Ed). Pearson Prentice Hall.
- Cabezón Gutiérrez, S. (2014). *Control de Calidad en la Producción Industrial* [Pregrado]. Universidad de Valladolid.
- Cuatrecasas Arbós, L., & González Babón, J. (2017). *Gestión Integral de la Calidad: Implantación, Control y Certificación* (2a ed). Profit Editorial I., S. L.
- Dervaes, R. (2012). Retos en el ensamblaje SMT y soluciones probadas para mejorar los rendimientos. *FCT Assembly*.
- EmpireElectronics. (2019). *Empire Electronics-Historia, Mision y Visión*.
<https://www.empireelectronics.com/our-company/locations/honduras/>
- Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. (2004). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* (1a ed). McGraw-Hill Interamericana.
- Hansen, B. L., & Ghare, P. M. (1990). *Control de Calidad: Teoría y Aplicaciones* (1a ed). Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Hollomon, J. K. (1989). *Surface-mount Technology for PC Board Design*. Howard W. Sams & Company.
- Industries, A. C. (2017). *Acceptability of Electronics Assemblies* . Bannockburn: Association Conneting Electronics Industries .

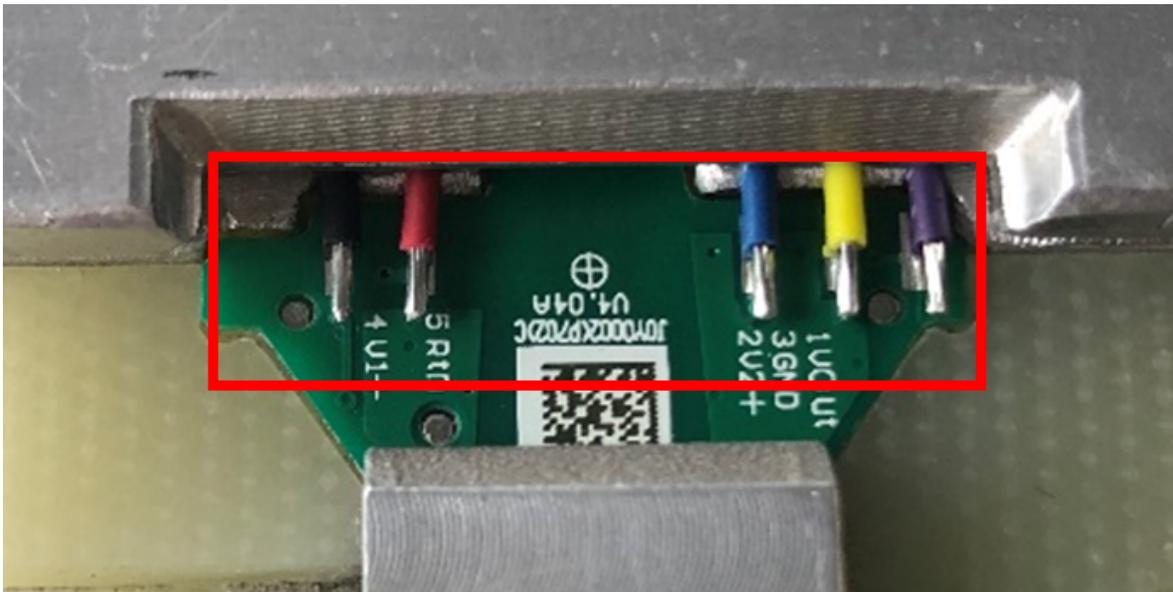
- Ishikawa, K. (1985). *Guía de Control de Calidad*. UNIPUB.
- Jeffus, L. (2009). *Soldadura: Principios y aplicaciones* (5ta ed.). Ediciones Paraninfo.
- Jurán, J. M., & Gryna, F. M. (1999). *Análisis y Planeación de la Calidad del Desarrollo del Producto al Uso* (3a ed). McGraw-Hill Interamericana.
- Khandpur, R. S. (2005). *Printed Circuit Boards: Design, Fabrication, Assembly and Testing*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Lester, R. H., Enrick, N. L., Mottley, H. E. Jr., & Medina, J. N. (2011). *Control de Calidad y Beneficio Empresarial* (1a ed). Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Manko, H. (1979). *Solders and Soldering. Materials, Design, Production and Analysis for Reliable Bonding* (2da ed.). McGraw-Hill.
- 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>
- Pareja Aparicio, M. (2010). *Diseño y desarrollo de circuitos impresos con KiCad*. RC Libros.
- Verrone, E. F. (2006). Soldadura SMT por Convección Forzada. *Revista Argentina de Trabajos Estudiantiles*, 1(1), 41–46.

ANEXOS



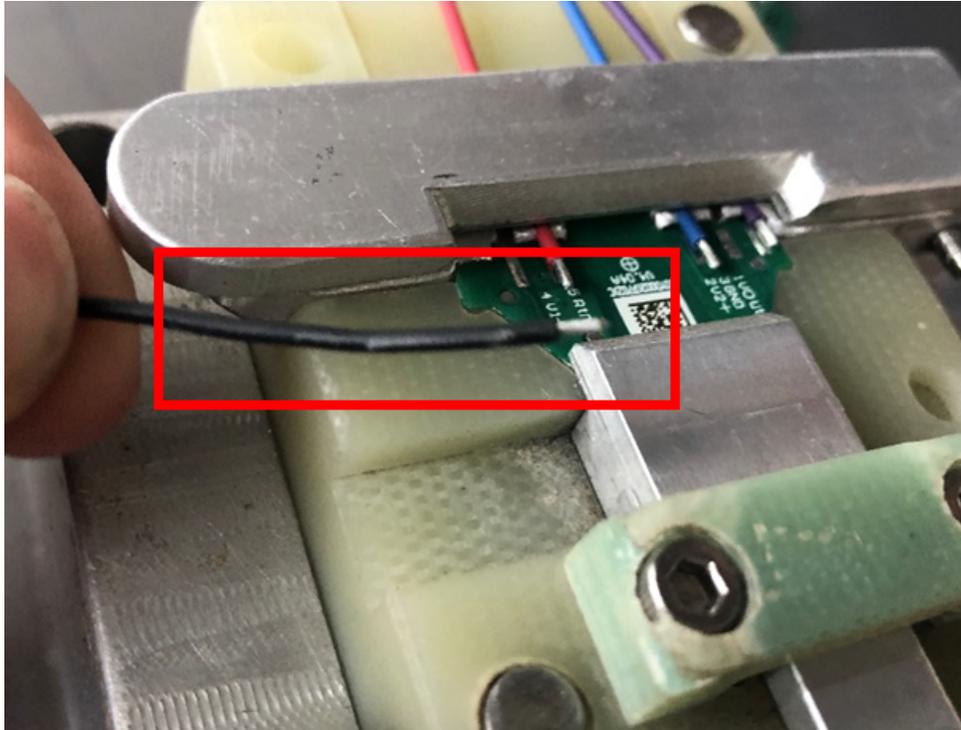
Anexo 1- Tarjetas que no encajan en la *fixtura*

Fuente: Elaboración Propia



Anexo 2 -*Fixtura* no posicionada a la altura de los circuitos

Fuente: Elaboración Propia



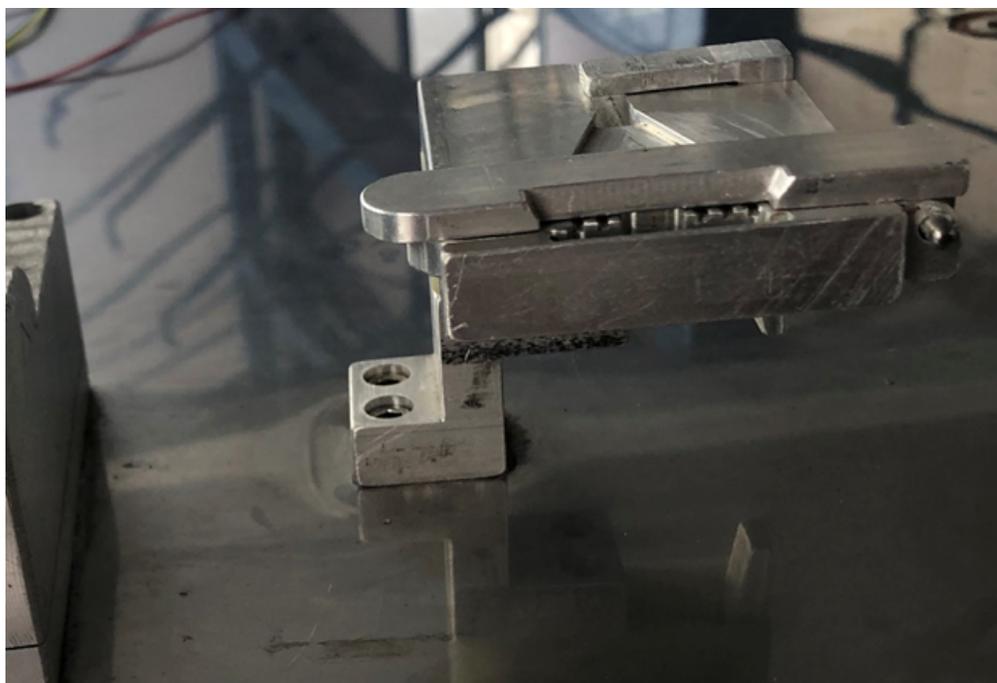
Anexo 3 -*Fixtura* daña circuitos

Fuente: Elaboración Propia



Anexo 4 -*Fixtura* no ensamblan correctamente en su contraparte

Fuente: Elaboración Propia



Anexo 5- *Fixturas* no alineadas en la mesa

Fuente: Elaboración Propia