



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

ENSAMBLE DE TARJETAS Y MÓDULOS INTESC

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECATRÓNICO**

**PRESENTA:
CESAR VICENTEÑO RIVERA**

**NOMBRE DEL ASESOR:
MTRA. MARÍA GUADALUPE LÓPEZ ROBLES**



APIZACO, TLAX., ENERO DE 2024



Apizaco, Tlaxcala, **29/enero/2024**

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. OFICIO IEE/108/2024

Asunto: Liberación de Proyecto
Para la Titulación Integral

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E.

Por este medio me permito informar a usted que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del egresado:	CESAR VICENTEÑO RIVERA
Carrera:	INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
No. de Control:	16TE0682
Nombre del proyecto:	"ENSAMBLE DE TARJETAS Y MÓDULOS INTESC"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradeciendo de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®*

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLIN
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



Mtra. María Guadalupe López Robles
Asesora
c.c.p. Expediente
c.c.p. Asesor



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 145, e-mail: electronica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Apizaco, Tlax., **31/enero/2024**
No. OFICIO: DEP-CT/061/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

CESAR VICENTEÑO RIVERA
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL: 16TE0682
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"ENSAMBLE DE TARJETAS Y MÓDULOS INTESC"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar



MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO

AGRADECIMIENTOS

Al absoluto por darme la fuerza necesaria para seguir con vida.

A mis padres que, a pesar de las adversidades que enfrentaron en su niñez, hicieron todo por llenar nuestras castañas de agua y llevar el pan a nuestra mesa con dulces de tamarindo, a ellos que a mitad de la noche supieron calmar un alma desesperada con amor y paciencia e incluso nos enseñaron a ahuyentar a los murciélagos y zopilotes que pueden nublar el buen juicio.

A mis hermanos que fueron un faro de luz entre la neblina para guiar mi barco, a vivir y enseñarme que se puede tener más de un papá.

A mis cuñadas que me cuidaron como si fuera un hijo.

A mis sobrinas por demostrarme que aún puedo ser un niño.

INDICE

A) INTRODUCCIÓN	10
B) DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO EL ESTUDIANTE.....	10
C) PROBLEMAS A RESOLVER	13
D) OBJETIVOS	14
D.1 GENERAL	14
D.2 ESPECÍFICOS	14
E) JUSTIFICACIÓN.....	14
F) MARCO TEÓRICO.....	15
F.1 PCB (“PRINTED CIRCUIT BOARD”).....	16
F.2 TECNOLOGÍA THT Y SMD.	18
F.3 TIPOS DE ENCAPSULADO	18
F.4 SOLDADURA EN PCB.....	20
F.5 SOLDADURAS.....	23
F.5.1 Soldadura adecuada	23
F.5.2 Anomalías	24
F.5.3 Falta de empapado	25
F.5.4 Soldadura insuficiente o en exceso	25
F.6 PADS PRESENTES EN PCB	26
F.7 METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINUA	27
F.7.1 Ciclo Deming o PDCA.....	28
F.7.2 Metodología 5’s.....	29
G) DESARROLLO	33
G.1 EMPASTADO	33

G.2	COLOCACIÓN DE COMPONENTES	39
G.3	HORNEADO DE PCB.....	43
G.4	INSPECCIÓN DE CALIDAD DE LA SOLDADURA Y COMPONENTES	45
H)	RESULTADO	50
H.1	TRABAJO	50
I)	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y EXPERIENCIA LABORAL	51
I.1	ALMACENAMIENTO.....	51
I.2	CONSIDERACIONES DE MANIPULACIÓN	52
I.2.1	<i>Consideraciones de manipulación después de soldar.</i>	<i>52</i>
I.2.2	<i>Etiquetas EOS/ESD</i>	<i>53</i>
I.2.3	<i>Prevención de EOS/ESD.....</i>	<i>54</i>
J)	COMPETENCIAS DESARROLLADAS	56
K)	BIBLIOGRAFÍA	57

INDICE DE TABLAS

Tabla G.1.1	Problemas que se derivan de exceso o insuficiente soldadura en el ensamble de PCB. Fuente propia.	35
Tabla G.1.2	Plan de acciones para solucionar el exceso o insuficiente cantidad al aplicar pasta para empastar. Fuente propia.	37
Tabla G.1.3	Resultados obtenidos del plan de acción para solucionar el exceso o insuficiente cantidad al aplicar pasta para empastar. Fuente propia.	38
Tabla G.4.1	Problemas que se derivan de la inspección visual en el ensamble de PCB. Fuente propia. ..	46
Tabla G.4.2	Plan de acciones para solucionar los problemas que se derivan de la inspección visual en el ensamble de PCB después del horneado. Fuente propia.....	47
Tabla G.4.3	Resultados obtenidos del plan de acción para los problemas que se derivan de la inspección visual en el ensamble de PCB después del horneado. Fuente propia.....	48

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Ejemplo de los perfiles de reflujo. (AMP-Wash-Solder-Paste-TDS.pdf, s/f).....	22
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura F.1.1 Tarjetas de desarrollo sin componentes. Fuente propia.	17
Figura F.3.1 Diferentes encapsulados, y sus tipos. De arriba hacia abajo y de Izquierda a Derecha. DIP, QFP, SO, SIP Y BGA.	19
Figura F.3.2 Comparación de tamaños entre componentes con un fosforo y una moneda de 50 centavos. Fuente propia.	19
Figura F.4.1 Soldadura en pasta utilizada en el proceso de ensamble. Figura Propia.	21
Figura F.5.1 Ejemplo de soldadura cónica o de volcán en componente SMD. (IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f).	23
Figura F.5.2 Ejemplo de soldadura cónica o de volcán en componente THT. IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f).	23
Figura F.6.1 SMD (solder mask defined) pad en PCB.	26
Figura F.6.2 NSMD (non-solder mask defined) pad on PCB.	26
Figura F.6.3 Capas presentes de un PCB.	26
Figura F.6.4 Vías metalizadas, PTH y No-PTH.	27
Figura F.7.1 El ciclo Deming o PCDA. (PDCA, s/f).	28
Figura F.7.2.2 Materiales utilizados para soldar y desoldar. Pinzas de precisión, pinzas de corte, pinzas de aluminio, jeringas de flux, limas, carretes de soldadura, malla para desoldar y brocha. Fuente propia.	32
Figura G.1.1 Tarjeta sujeta en Printesc. Fuente Propia.	33
Figura G.1.2 Pads correctamente alineados de tarjeta AMIBA2. Fuente propia.	34
Figura G.1.3 Empastado de la placa PCB. Fuente propia.	34
Figura G.1.4 Herramientas de aplicación con pasta para soldar. Fuente propia.	34
Figura G.1.5. Empastado de la placa PCB. Fuente propia.	35

Figura G.1.6	Placa empastada después de ejecutar el proceso PCDA. Fuente propia.	39
Figura G.2.1	Rack de almacenamiento para componentes SMD. Fuente propia.	40
Figura G.2.2	Rack para clasificar componentes por estación en línea de producción. Fuente propia.....	41
Figura G.2.3	Herramientas de sujeción. Fuente propia.	41
Figura G.2.4	Esquemático de colores. Fuente propia.	42
Figura G.3.1	Horno por infrarrojo. Fuente propia.	43
Figura G.3.2	Ciclo de horneado para tarjetas PCB. Fuente propia.....	44
Figura G.4.1	Inspección visual 1:16. Fuente propia.	45
Figura G.4.2	Soldadura en frío presente en esferas de FPGA. Fuente propia.	49
Figura H.1.1	Tarjetas terminadas y ensambladas por parte del departamento de Intesc Electrónica & Embebidos. Fuente propia.	50
Figura H.1.2	Fuente de poder para empresas externas. Fuente propia.	50
Figura H.1.3	Dictamen técnico a tarjetas de empresas externas. Fuente propia.....	50
Figura I.2.1	Símbolo que representa que un equipo es susceptible a ESD. IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f.....	53
Figura I.2.2	Símbolo que representa que un equipo está protegido contra ESD. IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f.....	53
Figura I.2.3	Las resistencias máximas permisibles y tiempos de descarga para procedimientos antiestática seguros. IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f	54
Figura I.2.4	Conexión en serie de una pulsera anti-estática. IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f.....	55
Figura I.2.5	Conexión en paralelo de una pulsera anti-estática. IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f.....	55

En el siguiente trabajo se muestran las actividades realizadas en el departamento de ensamble, poniendo en evidencia las técnicas y conocimientos aprendidos durante la carrera, reforzando y adquiriendo más competencias para la vida profesional. Actividades como reballing, detección e inspección de fallas en tarjetas, reparación y soldadura de componentes THT y SMD, se han descrito con el fin de servir como ayuda y referente a los alumnos de próximas generaciones.

A)INTRODUCCIÓN

En este documento, a manera de Informe de Residencias, se plasman las actividades realizadas día a día en el departamento de ensamble y producción de INTESC Electrónica y Embebidos, desempeñando el puesto de auxiliar técnico en actividades como: cuantificación de conceptos para los procesos de ensamble, manejo y distribución de componentes con tecnología SMT (*Surface-Technology*) y THT (*Through Hole Technology*) en líneas de producción; supervisión y manejo de soldadura en tarjetas PCB (*Printed Circuit Board*), inspección visual de soldadura (pasta y alambre) en componentes SMD; inspección microscópica de la soldadura (pasta y alambre) en componentes SMD y THT después de horneado para gestión y control de calidad; inspección y resolución de fallas en tarjetas PCB, pruebas no destructivas para supervisión de calidad de las tarjetas, estandarización 5's, así como su embalaje, entre otras actividades que se realizaron propias de las residencias profesionales.

El ensamble y producción de algún producto va más allá de la ingeniería pues se conoce como un proceso burdo, pesado y tosco, pero en cuanto a la disciplina de la electrónica esta se refiere a un arte; el diseño, ensamble y mantenimiento son los elementos que lo comprenden.

B)DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO EL ESTUDIANTE

INTESC Electrónica & Embebidos es una empresa orgullosamente mexicana, ubicada en Blvd Circunvalación #1009 Col. Jardines de San Manuel Puebla, Pue. México CP 72570, dedicada al diseño de sistemas embebidos basados en FPGAs (*Field-Programmable Gate Array*) y SoCs (*System-On-a-Chip*).

La empresa cuenta con una integración de trabajos compleja, respaldada por llevar a cabo una dinámica de trabajo definida y estandarizada. Se tienen diferentes departamentos que, a manera de engranes permiten el funcionamiento de INTESC Electrónica & Embebidos: Departamento de Ventas, Departamento de Ingeniería, Departamento de Hardware, Departamento de Descripción de Hardware, Departamento de Microcontroladores ARM (*Advance RISC Machine*), Departamento de Maquinado Laser e Impresión 3D, Departamento de Ensamble y Producción, Departamento de Academia, Departamento de Recursos Humanos, Departamento de Comunicación y Marketing.

ORIGEN

Empezamos actividades en 2009 como una empresa dirigida por ex-alumnos del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE).

- Durante nuestros inicios, los fundadores desarrollamos sistemas de instrumentación electrónica para centros de investigación basados en FPGAs y las actividades se centraban en la creación de sistemas embebidos a empresas.

- Con la suficiente experiencia adquirida para trabajar con hardware basado en FPGAs, iniciamos el desarrollo del software programador de estos dispositivos, utilizando circuitos integrados de FTDI (*Future Technology Devices International Limited*) y Linux Ubuntu. Surge un prototipo de tarjeta USB DES.

MISIÓN

Contribuir al progreso e innovación del área tecnológica en México que favorezca al sector académico creando productos y ofreciendo servicios referentes al diseño de sistemas embebido.

VISIÓN

Ser referente nacional en México con la generación y comercialización de los mejores sistemas embebidos, componentes, productos y cursos de electrónica mediante la producción de nueva tecnología para que, estudiantes, docentes, empresas o instituciones puedan crear sus propios proyectos en áreas de ingenierías y de este modo se contribuyan al desarrollo tecnológico-social del país.

VALORES

- Búsqueda de la excelencia.
- Honestidad.
- Trabajo en equipo.
- Proactividad.
- Aprendizaje.

ALIANZAS ESTRATEGICAS

- PCBWAY, AIRA y T-BEM.

C) PROBLEMAS A RESOLVER

- Optimizar el uso de la soldadura en pasta para PCB's.
- Gestión y control de calidad soldadura en pasta y alambre, así como las esferas de soldadura presentes en componentes BGA (*Ball Grid Array Integrated Circuit*).
- Implementar una metodología para retroalimentar los procesos repetitivos que se derivan del ensamble de las PCB propiedad de la empresa.
- Optimizar el almacenaje y disposición en las líneas de producción de los componentes SMD y THT.

Para las cuestiones que respectan al control de calidad de la soldadura se propone implementar las normas IPC-A-610 revisión F e IPC J-STD-001F SP revisión E, las cuales tratan acerca de la aceptabilidad de ensambles electrónicos y sobre los requisitos de ensambles eléctricos y electrónicos soldados, respectivamente. Optimizando el uso de la soldadura en alambre de marca ROHS de 0.6 mm y el uso de la pasta para soldar de la marca FCT Solder.

En distintos dispositivos BGA, que usualmente eran los FPGA's de la marca XILINX, y usados para las tarjetas de desarrollo como su procesador, presentaban una mala calidad de soldadura, por ello se implementó un proceso denominado: REBALLING. Este consiste en empastar el encapsulado BGA con soldadura en pasta y flux, seguidamente de la aplicación de calor paulatinamente al encapsulado.

El implementar por primera vez la metodología Deming para resolución de problemas dentro de procesos repetitivos que se presentan en las líneas de ensamble y producción, sirve para determinar las condiciones adecuadas que favorezcan la fabricación de diferentes tarjetas.

Así como diferentes tipos de almacenaje y manejo para los componentes SMD, mediante racks que aprovechan la forma de carrete donde vienen, además de reducir costos, errores y tiempos en líneas de producción. Asignar listados de los diferentes componentes propios de cada tarjeta PCB en las distintas estaciones de las líneas de producción, un clasificador de componentes y, por último, en el anaquel donde están almacenados los racks colocar un listado con las coordenadas para identificar los componentes electrónicos.

D) OBJETIVOS

D.1 GENERAL

- ✚ Desarrollar de forma óptima el proceso de ensamble optimizando tiempo y mejora continua de las tarjetas y módulos que se ofrecen con el objetivo de cumplir con la calidad y aumentar la productividad del departamento.

D.2 ESPECÍFICOS

- ✚ Integración al proceso de ensamble de las tarjetas y módulos.
- ✚ Detección de fallas y plantear soluciones en las tarjetas y módulos.
- ✚ Manejo de las diferentes herramientas y maquinas que se requieren para el proceso de ensamble de las tarjetas y módulos.
- ✚ Reparación de tarjetas y módulos.

E) JUSTIFICACIÓN

Siendo una empresa que desarrolla su propia tecnología enfocada a estudiantes y profesionales, está comprometida con entregar productos de calidad, dedicando un área completamente al ensamble de sus tarjetas de desarrollo así mismo capacitaciones a su personal de forma constante, esperando siempre calidad en sus productos.

F) MARCO TEÓRICO

El desarrollo de las placas de circuitos impresos actuales tiene su nacimiento a inicios del siglo XX, el inventor alemán Albert Hanson descubrió a los conductores de aluminio laminado plano de una placa aislante en múltiples placas durante sus primeros pasos en 1903. En 1904, el gran Thomas Edison experimentó con métodos químicos de conductores de placas en el papel de lino como una forma de impresión de un circuito. Casi una década más tarde en 1913 se patentó un método de impresión y grabado en Gran Bretaña a nombre de Arthur Berry, a la par en Estados Unidos se otorgó los derechos de una patente a Max Shoop sobre metal *flame-spray*, este proceso se desarrolla sobre una tabla a través de una máscara de modelado que funde alambre y pulveriza este en un sustrato, usualmente este proceso se usó como revestimiento protector contra la corrosión.

Charles Durcase patentó en 1927 un método de galvanoplastia, patrones de circuitos que se imprimían sobre metal o madera según las imprentas lo requerían. En 1936 Paul Eisler se posiciona como el probable inventor del circuito impreso después de desarrollar un PCB como parte de una radio.

Entorno al año de 1940 las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos comenzaron a emplear este proceso para la fabricación de radios de menor tamaño con el objetivo de usarlos durante la segunda guerra mundial, y no es hasta 1948 que entonces Estados Unidos decide publicar la patente para su uso comercial.

Un par de años más tarde las mismas fuerzas armadas de los Estados Unidos se encontraban desarrollando la espoleta de proximidad antiaérea, la cual requería de un circuito electrónico que fuese capaz de soportar ser despedido de un arma de fuego sin sufrir daños y con la capacidad de

ser producida en masa. Aquí la División de Globe Union CentralLab hace su aparición mediante la propuesta de un premio nobel, Jack Kilby propuso un plato de cerámica serigrafiado con pintura metálica para conductores y material de carbono de las resistencias, los condensadores de cerámica del disco y tubos de vacío miniaturas soldadas en su lugar.

Hasta este entonces no se tenían condiciones claves para los circuitos impresos, sino que 34 años más tarde el ex jefe de la División de CentraLab Globe Union, el Sr. Harry W. Rubinstein, contribuyó con claves tempranas para el desarrollo de componentes y circuitos impresos con sustrato aislante, gracias a esta contribución se le otorga el Brunetti Award (premio que se otorga por las contribuciones de suma importancia para la nanotecnología y la miniaturización en artes electrónicas).

F.1 PCB (“PRINTED CIRCUIT BOARD”)

Una placa de circuito impreso o *printed circuit board* “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” (Salas et al., s/f).

El concepto de PCB se denomina actualmente a la placa de una o varias capas apiladas e interconectadas de materiales conductores (comúnmente es el Cu) y no conductores, enrutado y, al final aislado por máscaras antisoldadura e identificación de componentes de tecnologías THT o SMD. Estos mismos que se colocan en la capa final al terminar de grabar y laminar todas las capas.

INTESC Electrónica & Embebidos tiene actualmente diferentes tarjetas de desarrollo, diseñadas por ellos mismos con tecnología ARM, tecnología SRAM que utilizan los FPGA's y microcontroladores PIC (*Programmable Integrated Circuit*).

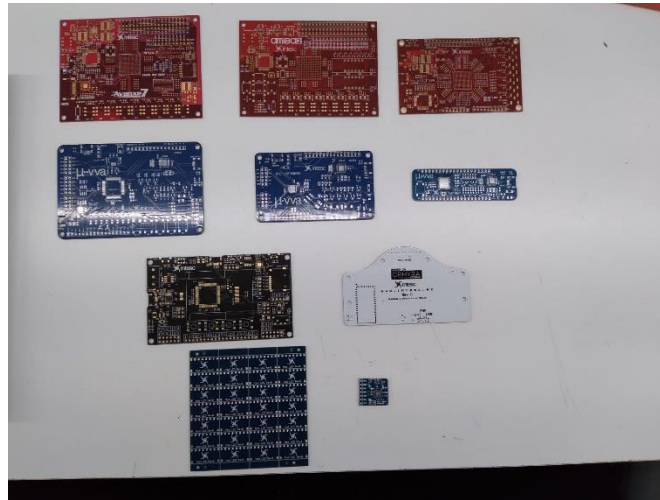


Figura F.1.1 Tarjetas de desarrollo sin componentes. Fuente propia.

En la figura 1.1 se pueden observar diferentes tarjetas de desarrollo, las rojas en la parte de arriba utilizan *Soft Microprocessors*, las cuales configuran y programan al FPGA para que se comporte como microprocesador. Las azules utilizan PIC's y son componentes completos para realizar y controlar una tarea y por último, las de color negro utiliza la arquitectura ARM (*Advanced RISC Machine*).

F.2 TECNOLOGÍA THT Y SMD.

Un componente electrónico es aquel elemento electrónico con una funcionalidad activa o pasiva que compone un circuito electrónico, como impedir el flujo de la corriente en un sentido, reducir la corriente que pase a través de este o realizar operaciones complejas en apenas unos pocos centímetros.

En cuanto la demanda requirió de la comercialización de tarjetas electrónicas en 1950, estos componentes suplieron los complejos sistemas de cables para impulsar el desarrollo de las PCB. En estas se implementó una tecnología denominada THT (*“Through Hole”*) o en español “a través del orificio”, esta se basa en la conexión de dos conductores de ambos lados a través de orificios y comúnmente utilizada en la actualidad.

Durante los años 70’s surgieron los pilares de las tarjetas electrónicas como las conocemos, ya que las nuevas técnicas de fabricación como multicapa o rígido-flexibles trajeron como resultado la SMT (*“Source Mounted-Technology”*) o tecnología de montaje superficial.

SMT derivó en la implementación de empaques cerámicos con dos hileras de terminales llamadas DIP (*“Dual Inline Package”*), tiempo después llegaron los QP (*“Quad Pack”*) cimentando así a los presentes BQFP (*“Bumpered Quad Flat Pack”*).

F.3 TIPOS DE ENCAPSULADO

Los diferentes tipos de encapsulado F.3.1. que se encuentran en uso por Intesc Electrónica & Embebidos como DIP (*Dual-inLine Package*), SIP (*Single-inLine*), SO (*Small Outline*), QFP (*Quad Flat Package*), Encapsulados Array con sus subfamilias PGA (*Pin Grid Array*), BGA (*Ball Grid Array*) y CS (*Chip Scale*).

- Los componentes pasivos como resistencias y capacitores cerámicos con las siguientes medidas: 0402 (1 mm x 0.5 mm), 0603 (1.6 mm x 0.8 mm), 0805 (2 mm x 1.25 mm), 1206 (3.2 mm x 1.6 mm).
- Los DIP se encuentran disponibles en plástico y cerámicos para montaje de inserción. (Pocas veces se encuentran con más de 40 pines).
- SIP son usados principalmente para chips de memoria en formato de alta densidad. También se encuentra en ZIP (Zig-Zag inline package) Small Outline son usualmente más pequeños que sus equivalentes DIP, y un 70% más finos. Tienen subfamilias como los SOJ, SOP, TSOP, TSSOP, SOIC Y SSOP.
- Quad Flat Package o QFP son de mayor tamaño, mayor número de patillas y patillas en los cuatro lados. Los más comunes dentro de esta familia son los PQFP, CQFP, LCCC, PLCC.
- Los encapsulados BGA arrays son de pines o pads espaciadas de forma regular, reducción de tamaño y elevado número de patillas.

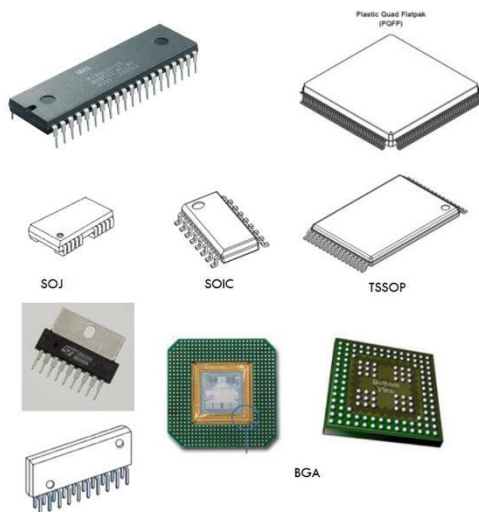


Figura F.3.1 Diferentes encapsulados, y sus tipos. De arriba hacia abajo y de Izquierda a Derecha. DIP, QFP, SO, SIP Y BGA.

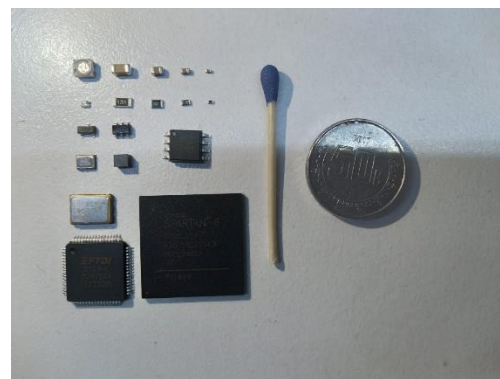


Figura F.3.2 Comparación de tamaños entre componentes con un fosforo y una moneda de 50 centavos. Fuente propia.

F.4 SOLDADURA EN PCB

El arte que se presenta en un PCB necesita de la unión de diferentes metales mediante la aplicación de calor y utilizar como unión un tipo de aleación metálica especial, con las características mecánicamente fuerte y buena conductora de electricidad para unir los componentes de diferentes tecnologías.

Dicha aleación está presente comúnmente en forma de hilo y compuesta de distintos porcentajes de dos metales. De manera comercial se pueden encontrar soldaduras compuestas por plomo y estaño en un 40% y 60%, respectivamente. Debido a las controversias que arrastra el uso de plomo la RoHs desde el 2006 la considera como una sustancia peligrosa, y limita su uso en aparatos eléctricos y electrónicos que vayan a ser comercializados, por esta razón la soldadura sin plomo va ganando terreno en el ámbito comercial.

La temperatura de ambos materiales se unifica, esta aleación obtenida recibe se llama: eutéctica, y presenta un punto de unión más bajo que los puntos de fusión de los diferentes materiales que la componen. Esta aleación no tiene una etapa intermedia y su punto de fusión es de margen estrecho.

En nuestro proceso de soldadura se requiere además de un fundente conocido comúnmente como: flux, este disminuye la fuerza de cohesión de la aleación fundida y ayude a la humectación de los metales al ser soldados. En los hilos de estaño comúnmente se encuentra una o varias capas de flux.

Como resultado del proceso de soldadura se crea una capa intermetálica como se muestra en la figura F.5.1. entre el estaño, el cobre del PCB y el terminal del componente, con un grosor de 3 y 9 μm se forma al disolverse una parte del estaño con el metal al momento de aplicar calor (suele ser la parte más quebradiza de la soldadura causada por un exceso o defecto de calor durante la soldadura).

En Intesc Electrónica & Embebidos utilizan una soldadura libre de plomo de la marca FCT Solder (Figura F.4.1), su aleación es TempSave B37, su intervalo de fundición se encuentra entre los 139 a 174 grados Celsius y está basada soportada por la norma IPC J -STD-005B (Requerimientos para pastas de soldadura).

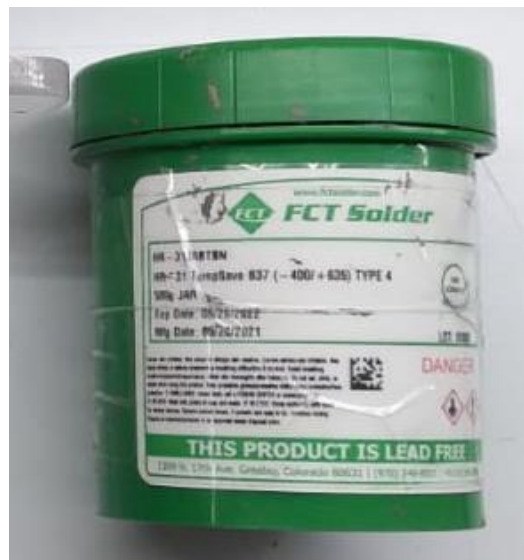
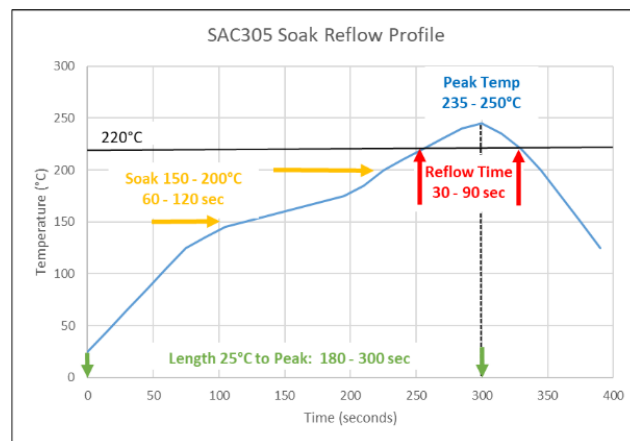


Figura F.4.1 Soldadura en pasta utilizada en el proceso de ensamble. Figura Propia.

La ventaja de este tipo de soldadura es el perfil de reflujo (gráfica 1) son los tiempos flexibles del proceso que va desde 270 a 330 segundos incluso estos pueden llegar a depender del PCB o de los procesos, con la velocidad de bajada de 1 a 3 °C/segundo se tiende a igualar las temperaturas de reflujo, el precalentado ideal es de entre 60 a 90 segundos o 100 a 120 °C (depende incluso del PCB o de los procesos), la temperatura pico va de 190 a 220 °C y pueden llegar a ser entre 15 a 30 °C encima de este para otras aleaciones, tiempos de reflujo entre 30 a 90 segundos encima de 174°C o 60 segundos encima de 140°C, el rango de enfriamiento de 1 a 6 °C/segundo lo cual permite refinar la estructura del grano en la soldadura. (AMP-Wash-Solder-Paste-TDS.pdf, s/f)



Gráfica 1 Ejemplo de los perfiles de reflujo. (AMP-OnePT-Solder-Paste-TDS.pdf. (s/f).

F.5 SOLDADURAS

F.5.1 Soldadura adecuada

La soldadura correcta como se muestra en las figuras F.5.1.1 y F.5.1.2 tienen una cantidad de estaño adecuada, con forma de “volcán” o cónica, y ocurre cuando se ha aplicado homogéneamente a ambos metales y los materiales empalmaron correctamente.



Figura F.5.1 Ejemplo de soldadura cónica o de volcán en componente THT.
IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f).

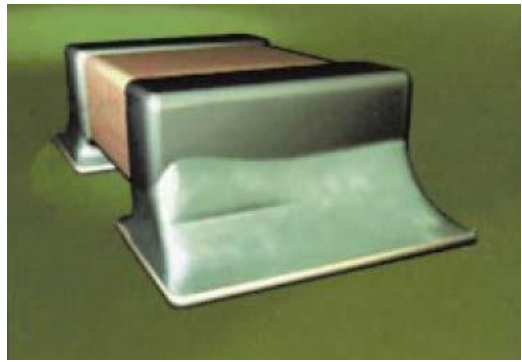


Figura F.5.2 Ejemplo de soldadura cónica o de volcán en componente SMD.
(IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f).

F.5.2 Anomalías

Soldadura fría

Como en todo proceso, en la soldadura también se presentan imperfecciones creadas por el usuario o los materiales, un ejemplo de ellas es: la soldadura fría que se muestra en las figuras F.5.2.1 y F.5.2.2. Este tipo de soldadura incorrecta sucede cuando no se calientan adecuadamente, sin permitir una fusión, y alguno de los metales o solamente el terminal de los componentes tiene soldadura y el pad no.

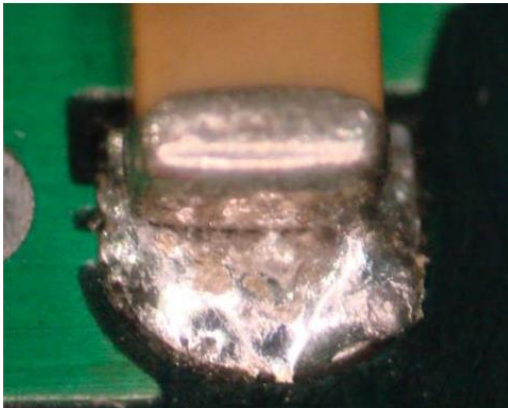


Figura F.5.2.1 Soldadura en frío presente en componente SMD.
(IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f)

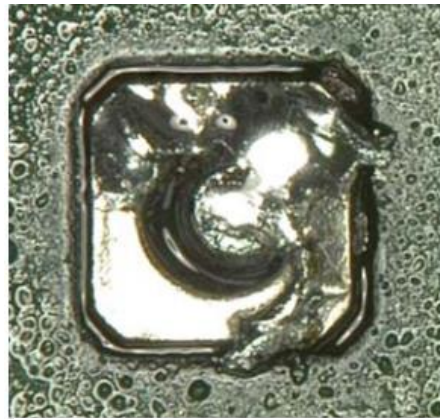


Figura F.5.2.2 Soldadura en frío presente en PCB.
(IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f)

F.5.3 Falta de empapado

Otro ejemplo es la falta de empapado como se muestra en la figura F.5.3.1, el cual se ocasiona gracias a que el flux se evapora antes de lograr su propósito, dejando montículos de soldadura de forma irregular.

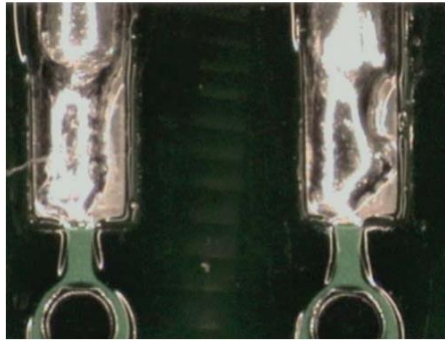


Figura F.5.3.1 Soldadura sin empapado.

Nota: Esta anomalía no cumple con los requerimientos de fileteado.

(IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f)

F.5.4 Soldadura insuficiente o en exceso

La soldadura insuficiente o en exceso (figura D.2.10) cuando no hay soldadura suficiente entre el pad y el componente para realizar una soldadura cónica o “volcán”. En el caso de la soldadura en exceso, se trata de tener un exceso entre el pad y el componente.

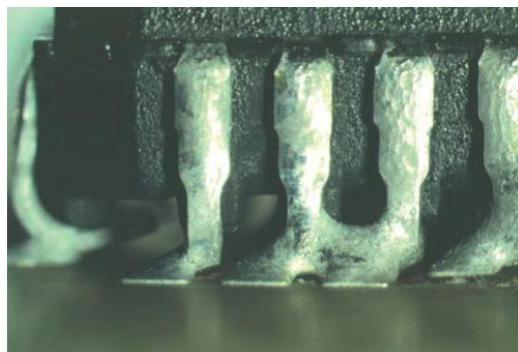


Figura F.5.4.1 Exceso de soldadura en componente QFP. Nota: Dos conexiones de un encapsulado QFP se ha puenteado (*bridged*).

(IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f)

F.6 PADS PRESENTES EN PCB

Existen dos tipos de pads de soldadura SMD que son utilizados, “solder mask defined” (SMD) pad se trata de un pad de metal de cobre que es más grande que la máscara antisoldante encima del este pad como lo muestra la figura F.6.1.

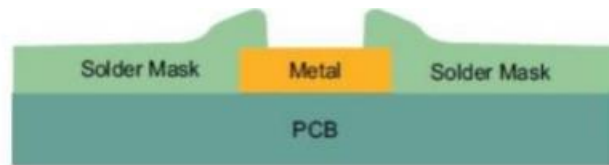


Figura F.6.1 SMD (solder mask defined) pad en PCB.

La figura F.6.2. muestra el ejemplo de la “Non-Solder mask defined” (NSMD) pad va alrededor de cada pad de cobre donde hay un claro entre la máscara antisoldante y el pad. Las dimensiones y tolerancias del claro son de 75 μm dependiendo del PCB.

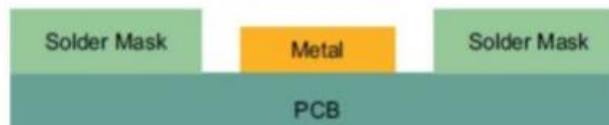


Figura F.6.2 NSMD (non-solder mask defined) pad on PCB.

Los tipos de PCB vienen por número de capas, una cara (SSB), dos caras (DSB), multicapa (MLB), los circuitos impresos de alta densidad pueden tener vías ciegas, que son visibles en un sólo lado de la tarjeta, o vías enterradas que no son visibles en el exterior de la tarjeta (figura F.6.3).

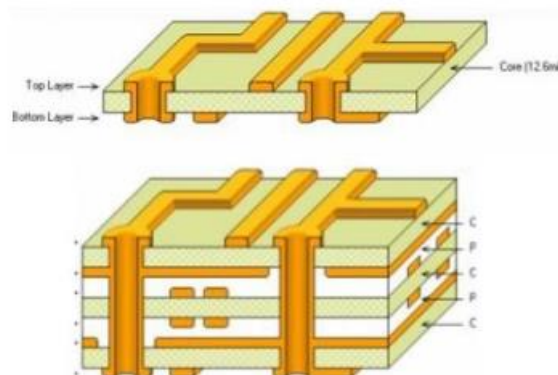


Figura F.6.3 Capas presentes de un PCB.

Existen la presencia de vías metalizadas (figura F.6.4.), las que son PTH: vías metalizadas. Y las No-PTH: vías no metalizadas.

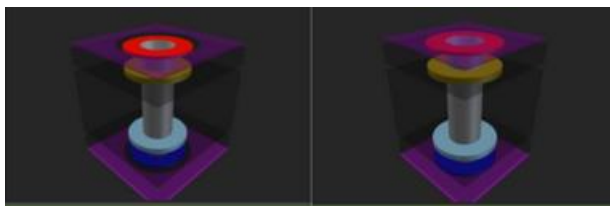


Figura F.6.4 Vías metalizadas, PTH y No-PTH.

En los procesos de ensamble y producción de tarjetas PCB los componentes de tecnología THT y SMD son la materia prima que requiere un control adecuado, la pasta para soldar los mismos y las diferentes herramientas que se usan para su control, como lo define Gardey y Pérez (2013) un insumo es un bien que se utiliza en la producción de otros bienes, en otras palabras, pueden ser llamado materia prima.

F.7 METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINUA

Dentro de las organizaciones existen procesos a realizar para la obtención de uno o varios resultados, mismos que naturalmente generan obstáculos mientras se desarrollan dichos procesos, por ello se requieren metodologías para el control de estos. El control de dichas trabas obtiene como resultado la productividad y esta implica la mejora del proceso productivo, lo que significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y cantidad de bienes y/o servicios producidos (Carro y González, 2012).

Estas deberán ser capaces de retroalimentarse a sí mismas, ya que esto permite una mejora continua y la toma de decisiones dentro de las organizaciones con el objetivo de evitar procesos repetitivos y productos defectuosos.

Por ello es importante una correcta implementación de las metodologías para la gestión y control de calidad en las PCB de Intesc Electrónica & Embebidos, pues derivado de la naturaleza de los procesos repetitivos y complejos que genera el ensamble y producción de las tarjetas y módulos, se coloca implementar el ciclo Deming o PDCA y la metodología 5's en conjunto con la norma IPC-F-610 para ensambles electrónicos.

Ambos son herramientas que funcionan para desarrollar sistemas que imposibiliten la ocurrencia de errores en procesos industriales, ya sea de forma inmediata o durante los mismos que evidencie una vez que han ocurrido (Tommelein, 2019, p.1).

F.7.1 Ciclo Deming o *PDCA*

El ciclo Deming (figura F.7.1) es un modelo para el mejoramiento continuo de la calidad y tiene como objetivo sistematizar la identificación y medición de problemas, identificar las causas, proponer planes de acción, analizar y medir los resultados generados y



Figura F.7.1 El ciclo Deming o PCDA. (PDCA, s/f)

estandarizar las acciones tomadas (Lizarelli y Toledo, 2016). La rosa de los vientos del método tiene en las puntas de sus rombos las iniciales P-C-D-A (*PLAN-DO-CHECK-ACT*, éstas derivan del inglés) en ese orden y en sentido de las manecillas del reloj. La palabra *PLAN* (P) es el norte magnético de este método, pues es gracias a la planificación que podemos tener una visión clara y centrada de la solución a la problemática existente.

La palabra *DO* (D) expresa la puesta en marcha de la planificación, a través de acciones lógicas y congruentes para cumplir con los objetivos del *PLAN*.

La palabra *CHECK* (C) es el estudio de los resultados obtenidos en la ejecución de las acciones, esta parte requiere de un análisis exhaustivo, ya que nos llevará a determinar si los objetivos se cumplieron o requieren del siguiente paso.

La palabra *ACT* (A) no es más que la retroalimentación del ciclo, permite vislumbrar las ventanas de oportunidad que genera el plan anterior para continuar con la mejora continua.

Al momento de realizar mis residencias profesionales no existía en ninguna línea de producción una metodología de mejora continua, el ciclo de Deming o PDCA, en el aspecto social permite a las organizaciones (los competidores), enfocarse en desarrollar los planes que le sean de utilidad y a eliminar los elementos en sus procesos u operaciones que no aportan valor en sus actividades diarias, lo cual conlleva a mejorar las condiciones laborales en las que están expuestos los colaboradores de cada organización (Manay et al., 2019).

Con base en la implementación de dicha metodología, el Departamento de Ensamble y Producción desarrollará herramientas que mejoren sus procesos para optimizar tiempos y recursos, eliminando fallos y riesgos en el ensamble de sus productos, de igual forma permitirá que el residente tenga acercamiento con este tipo de metodologías que pudiera adoptar como forma de trabajo en diferentes aspectos de su vida profesional.

F.7.2 Metodología 5's

El departamento que se dedica a la fabricación de carros era dirigido por Kiichiro Toyoda, quien gracias a él en los años 60 hace en la tierra nipona la metodología de las 5s como una herramienta de mejora continua derivado de su practicidad de adaptación en cualquier sector o empresa. Está diseñada para aumentar la productividad a través de mejorar los entornos de trabajo.

Se compone de cinco etapas, todas ellas inician con la letra S (en japonés), *Seiri* (clasificar), *Seiton* (ordenar), *Seiso* (limpiar), *Seiketsu* (estandarizar) y *Shitsuke* (mantener).

En la etapa ***Seiri*** (clasificar) se identifican los elementos necesarios para desarrollar la actividad en el puesto de trabajo. Separar los elementos innecesarios de los necesarios para posteriormente eliminarlos. Los pilares de esta etapa radican identificar la frecuencia de uso, así como la cantidad correcta de los elementos necesarios, y tener en cuenta que los elementos separados inicialmente como innecesarios pueden ser útiles en otro puesto de trabajo.

Seiton (ordenar) se presta para diseñar un nuevo espacio de trabajo con los elementos clasificados en *Seiri*. Se debe decidir qué lugar es el más adecuado para cada cosa de manera que cada uno de los elementos disponga de una ubicación asignada, es decir, un lugar para cada cosa y que cada cosa este en su lugar. Para escoger la ubicación de cada elemento se debe tener en cuenta la clasificación por frecuencia de uso realizada en la fase anterior, así mantendremos lo más cerca posible del puesto de trabajo aquellos elementos con una mayor frecuencia de uso y nos iremos alejando del mismo a medida que la frecuencia de uso disminuye.

Una vez asignados los lugares se requiere organizar y ordenar todos estos elementos en su espacio de forma que se facilite su utilización. La identificación de estos espacios ayuda a mantener los elementos en su lugar y refuerza el carácter visual de la metodología, utilizando por ejemplo etiquetas, colores, etc.

Para conseguir un entorno de trabajo limpio y seguro, **SEISO** (limpiar) facilita la inspección visual y la identificación de posibles desviaciones o incidencias que antes podían pasar desapercibidas, ello ayuda a prevenir que puedan incorporarse en la cadena de valor provocando problemas de calidad. No solo debe realizarse la limpieza de los elementos de trabajo y del entorno, sino que hay que identificar las fuentes de suciedad para anularlas o minimizarlas. Durante la limpieza es el momento de revisar todo el entorno de trabajo eliminando elementos innecesarios y colocando elementos que hayan quedado fuera de su lugar con lo que reforzamos las etapas anteriores.

Así como **Seiketsu** (estandarizar) tiene el objetivo de consensuar los resultados de las etapas anteriores incorporando estas dinámicas en el trabajo diario. Es necesario la actualización de procedimientos e instrucciones de trabajo para incorporar las mejoras definidas en las etapas pasadas. Estandarizar la nueva dinámica de trabajo requiere la actualización de estos procedimientos, así como la creación de nueva documentación que recoja las nuevas situaciones y

decisiones tomadas. Los nuevos estándares de trabajo deben ser acordados con todos los trabajadores/as implicados con el objetivo de consensuar la sistemática y facilitar la consolidación. La gestión visual en esta etapa adquiere una relevancia mayor que en las etapas anteriores, debido a que los responsables pueden identificar oportunidades de mejora con mayor facilidad.

Y por último gracias a ***Shitsuke*** (disciplina), permite mantener los resultados de las etapas anteriores incorporando esta sistemática en los hábitos de todos los trabajadores, creando una cultura basada en la mejora continua. Para ello es esencial la disciplina y el compromiso de todos los trabajadores para asegurar el éxito en el mantenimiento en el tiempo de estos resultados. El factor humano es clave en esta etapa que requiere de la responsabilidad individual, la adopción de nuevos hábitos, el seguimiento de los acuerdos, la participación de todas las personas y el constante apoyo por parte de la dirección.(COMTECQUALITY, 2017)

La metodología 5S permite crear y mantener espacios de trabajo organizados, limpios y en óptimas condiciones, las cuales dan como resultado la erradicación de pérdidas relacionadas con errores de cualquier índole o averías en la maquinaria, así como la mejora de calidad y la seguridad. Esta implementación es crucial ya que cimienta una sólida base para la cultura de orden y limpieza en las organizaciones.

En el departamento de Ensamble y Producción se tiene la estandarización de la metodología japonesa de las 5's, para desarrollar las actividades en las diferentes líneas de ensamble se requiere de diferentes materiales como lo son: espátulas, pinzas de precisión, llaves Allen, maskin tape, kapton tape, insulation tape, pinzas de corte, cepillos, cables USB, brochas, Printesc (bastidor), entre otras diferentes figuras (F.7.2.1 y F.7.2.2.)



Figura F.7.2.1 Materiales utilizados en el área. Pinzas de corte, pinzas de precisión, brochas y cepillos, espátulas, cintas, embudo, marcadores, cutter, llaves allen y cables USB. Fuente propia.



Figura F.7.2.2 Materiales utilizados para soldar y desoldar. Pinzas de precisión, pinzas de corte, pinzas de aluminio, jeringas de flux, limas, carretes de soldadura, malla para desoldar y brocha. Fuente propia.

Los materiales que se requieren para soldar, desoldar, realizar mantenimiento a las puntas de cautín, colocar componentes y sujetar placas en el solder pot son: pinzas de precisión, carretes de soldadura, pinzas de aluminio, extractores de soldadura, jeringas de flux, malla para desoldar, limas, pinzas de corte. El reconocer y clasificar las herramientas de trabajo a través de asignar ubicaciones con ayudas visuales de identificación permite cumplir con *Seiri* y *Seiton*, las cuales desarrollan disciplina de orden y limpieza en las líneas de producción

G) DESARROLLO

El proceso de la línea de ensamble de PCB's comienza por verificar la cantidad de tarjetas que se requieren ensamblar para el día, ya sea por necesidad interna, pedido externo o alguna empresa que requiere del servicio con algún proyecto que se haya enviado al departamento de ensamble y producción. Una vez recopilada la información, se procede a compartir la información con las líneas de producción.

G.1 EMPASTADO

El primer proceso denominado: empastado, se realiza con la colocación de pasta para soldar (compuesta de estaño y bismuto) en los pads presentes en la placa electrónica. Este proceso requiere de la herramienta denominada *Printesc* (un elemento de sujeción para las placas sin ensamblar), un *Stencil* (elemento guía que permite observar los pads presentes en la placa electrónica, la placa a empastar y por último las herramientas de aplicación.

Primeramente, el *Printest* se ajusta a las dimensiones de la tarjeta a ensamblar. Este cuenta con ejes mecánicos que permiten el desplazamiento del producto, así como pinzas de sujeción mecánica con tornillos de cabeza allen (figura G.1.1).

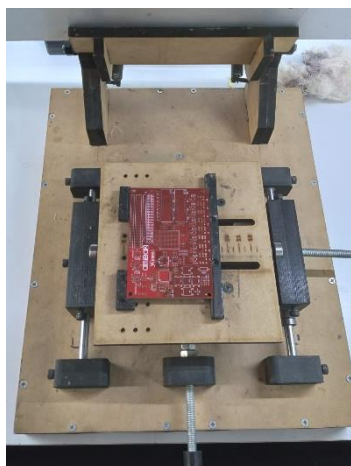


Figura G.1.1 Tarjeta sujeta en Printesc. Fuente Propia.

A continuación, como se puede observar en la figura G.1.2, se coloca el *Stencil* en el *Printesc* y se verifica que los pads estén correctamente alineados con las guías. Esto se hace través de una inspección visual que gracias al contraste de colores en oro y gris se puede percibir fácilmente.

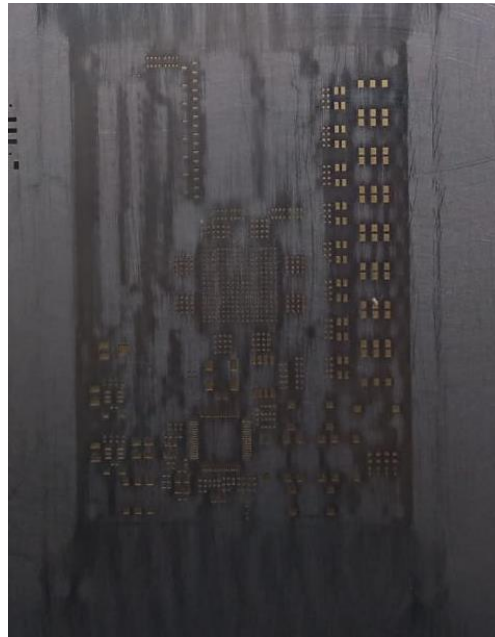


Figura G.1.2 Pads correctamente alineados de tarjeta AMIBA2. Fuente propia.

Se coloca una cantidad de pasta considerable en las herramientas de aplicación (figura G.1.4). Y, por último, con un movimiento transversal de la mano, con la espátula ligeramente apoyada sobre el *Stencil*, se aplica la pasta como se puede observar en la figura G.1.5.



Figura G.1.3 Empastado de la placa PCB. Fuente propia.



Figura G.1.4 Herramientas de aplicación con pasta para soldar. Fuente propia.

A continuación, la figura G.1.5 muestra el resultado de la primera etapa del proceso de ensamble de tarjetas y módulos de Intesc Electrónica & Embebidos.

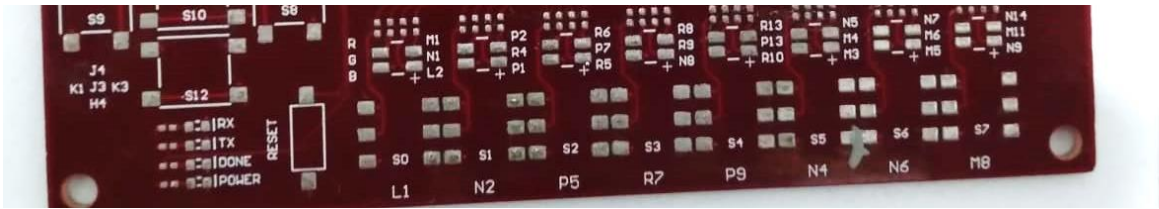


Figura G.1.5. Empastado de la placa PCB. Fuente propia.

La figura G.1.5 muestra un resultado que medianamente pudiera pasar el control de calidad y seguir a la siguiente etapa denominada: **colocación de componentes electrónicos**, gracias a que algunos pads tienen exceso de pasta y otros no tiene el suficiente material.

Debido a la naturaleza mecánica y repetitiva del proceso, es posible observar en la Tabla G.1.1 que se tienen diferentes tipos de problemas presentes en esta primera etapa del ensamble.

Problema	Características	Resultados
	Conexiones electrónicas	
Fallas de soldadura	deficiente o intermitentes en la placa	Mal funcionamiento de la placa o rendimiento deficiente.
Defectos de aspecto y calidad	Soldadura desigual y sectores faltantes de la misma.	Estética, confiabilidad comprometida y una vida útil reducida.
Puentes de soldadura	Cantidad excesiva de soldadura que conecta dos puntos.	Cortocircuitos de pads.
Desperdicio de material	Material excesivo o deficiente	Retrabajo y gastos para la empresa.

Tabla G.1.1 Problemas que se derivan de exceso o insuficiente soldadura en el ensamble de PCB. Fuente propia.

Derivado de estos problemas, los cuales se generan porque el operador no tiene la capacitación adecuada, el *Stencil* se encuentra sucio, la soldadura es reciclada de otros procesos o no está debidamente refrigerada. Por estas razones, el diseño fue de tipo cuantitativo y explicativo.

El ciclo Deming o PDCA encuentra soluciones de retroalimentación orientada a problemáticas con el menor gasto posible para la empresa, soluciones sencillas para problemas complejos que desarrollen procesos confiables y competitivos. Al ejecutar la metodología Deming con base en la población presente se encuentra que:

PLAN

En el *Plan*, se plantean como acciones para erradicar la problemática del exceso o insuficiente la cantidad de pasta para soldar o materia prima: controlar el almacenamiento y aplicación de pasta en el estencil con las herramientas en buen estado. Así como la limpieza previa a empastar del *Stencil* y herramientas con un alcohol isopropílico o thinner.

DO

DO: PLAN DE ACCIONES			
Proceso	Empastado de PCB	Líder PDCA	Cesar Vicenteño Rivera
PDCA No.	1	Cliente	Intesc Electrónica & Embebidos
		Fecha	A considerar
PLAN DE ACCIONES			
Problema	Características	Acciones	¿Quién ejecuta?
Exceso o insuficiente cantidad de pasta para soldar para empastar.	Fallas de soldadura, defectos de aspecto y calidad, puentes de soldadura, desperdicio de material	Utilizar una cantidad moderada de pasta para soldar, usar disolvente de limpieza o desengrasante para limpiar las herramientas y refrigerar la pasta a una temperatura de 10 °C.	Departamento de ensamble y producción.

Tabla G.1.2 Plan de acciones para solucionar el exceso o insuficiente cantidad al aplicar pasta para empastar.
Fuente propia.

Aplicando las acciones planteadas en el *Plan*, en el apartado *Do* (Tabla G.1.2) considera que para subsanar dicha problemática se requiere utilizar una cantidad moderada de materia prima en las herramientas de aplicación, así como realizar la limpieza por aplicación del *Stencil*, herramientas de aplicación y tarjetas PCB, también evitar que el recipiente salga el menor tipo posible de su medio de refrigeración y asignar una persona únicamente para el proceso de empastar (pudiera ser el encargado del departamento).

CHECK

Al tener las acciones a realizar por parte del residente en la empresa, es momento de vislumbrar los resultados en el apartado *Check* (Tabla G.1.3) para corroborar que nuestro planteamiento haya obtenido buenos frutos.

CHECK: NIVEL DE DESEMPEÑO DEL PLAN DE ACCIÓN			
Proceso	Empastado de PCB	Líder PDCA	Cesar Vicenteño Rivera
PDCA No.	1	Cliente	Intesc Electrónica & Embebidos
		Fecha	A considerar
PLAN DE ACCIONES			
No.	Indicadores	Ejecución	Comentarios
1	Limpieza previa de las herramientas para la aplicación de la pasta para soldar.	80%	El uso de thinner para la limpieza previa de las herramientas disminuyó la presencia de objetos extraños en el proceso. En algunas ocasiones no se pudo implementar la limpieza.
2	Uso de una cantidad moderada de pasta para soldar.	100%	Permitió vislumbrar que la cantidad necesaria para empastar 10 tarjetas al día son 25g de pasta para soldar. Se generó un ahorro de materia prima a mediano plazo.
3	Refrigeración de la pasta para soldar	100%	Al mantener la pasta para soldar en una refrigeración constante se pudo observar que conservaba sus características mecánicas al aplicarla. Se acordó dejarla en una refrigeración constante de 10°C según los lineamientos del proveedor.

Tabla G.1.3 Resultados obtenidos del plan de acción para solucionar el exceso o insuficiente cantidad al aplicar pasta para empastar. Fuente propia.

ACT

Sin embargo, para continuar con el ciclo de mejora continua llegamos al apartado *Act*. Este nos permite ver en la figura G.1.6 que, mediante el uso de 25 gramos de pasta de soldadura, acompañado de la limpieza adecuada de las herramientas y la refrigeración constante de la pasta para soldar genera cantidades adecuadas para la adhesión de los componentes electrónicos de tecnología SMD.

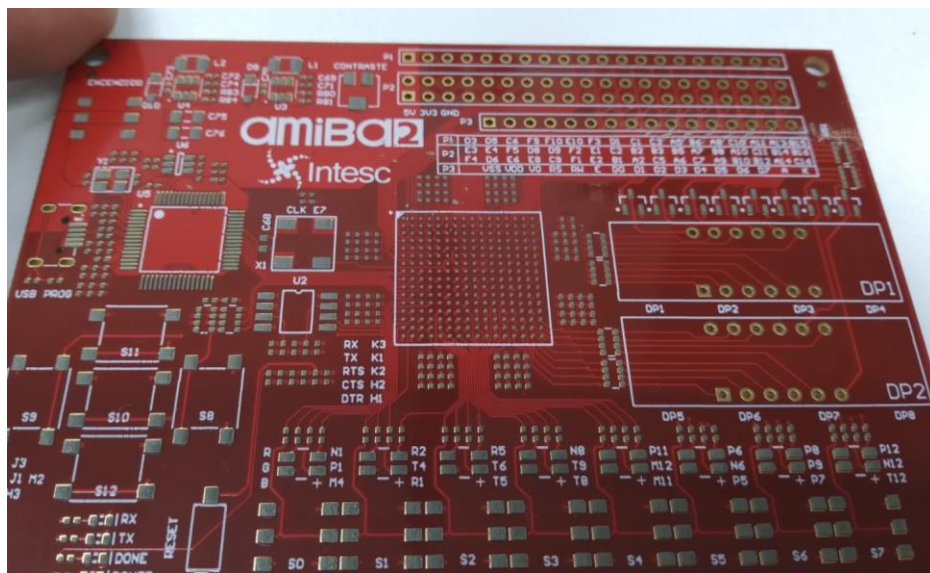


Figura G.1.6 Placa empastada después de ejecutar el proceso PCDA. Fuente propia.

G.2 COLOCACIÓN DE COMPONENTES

Después del empastado viene la colocación de los componentes, en INTESC se tienen varias líneas de ensamblado, una de ellas con cuatro estaciones para optimizar el tiempo y ensamblado de cada tarjeta. Con base en esquema de colores las cuales describen que tipo de componentes y su posición en la PCB, por ello es fácil determinar que componentes son requeridos. Derivado del tamaño de los componentes, se corta una tira del carrete con 10 o 20 componentes según sea el caso y se usa como guía para cortar las demás tiras hasta obtener la cantidad necesaria para el proceso. Cada cantidad de componentes se coloca en la mesa, se rotula el área donde se encuentran para su

identificación y comienza la disposición con una herramienta de sujeción mecánica de cada componente SMD en la placa a ensamblar.

Para entrar a detalle del proceso, se parte por la identificación de los componentes electrónicos que corresponden a la PCB a ensamblar. Los racks de la figura G.2.1 contienen distintos carretes de componentes esta almacenados y organizados por un sistema de coordenadas alfanumérico, así como por tamaño (del más pequeño al más grande).



Figura G.2.1 Rack de almacenamiento para componentes SMD. Fuente propia.

The image shows a white electronic component storage tray with multiple compartments. Each compartment contains a small electronic component, such as resistors, capacitors, and integrated circuits, with labels indicating their values and specifications. The components are organized in rows and columns, with labels like "100K", "20pF", "4.7K", "100nF", and "10K" visible. The tray is placed on a dark surface.

Cada rack contiene el valor y nombre de los componentes, así como la ubicación en el medio de almacenamiento y tipo de empaque, así sea 0204, 0306, etc. La disposición de estos clasificadores permite el ingreso de la pinza de precisión (Figura G.2.3) para sujetarlos y colocarlos en las PCB ensambladas, sin embargo, evita que estos se mezclen entre ellos.



41

A través de un esquemático de colores (figura G.2.4) es posible conocer la posición de cada componente, de esta forma se tiene presente la polarización de diodos, diodos LED, circuitos integrados como memorias RAM o FPGA's. así como el aspecto visual que representa la alineación simétrica de cada uno de estos.

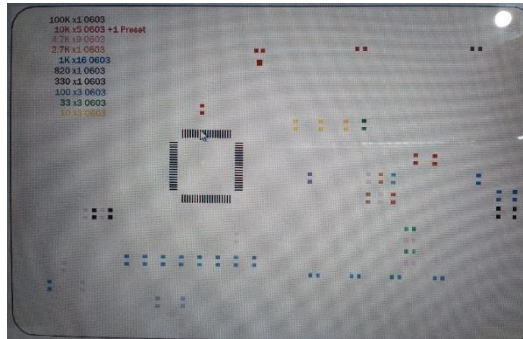


Figura G.2.4 Esquemático de colores. Fuente propia.

G.3 HORNEADO DE PCB

En INTESC Electrónica & Embebidos se utiliza el proceso de horneado por infrarrojo (figura G.3.1), este es un horno de reflujo controlado por un microprocesador. Según su manual de operación es una estación autónoma que permite realizar técnicas de soldadura seguras y manipular SMD, BAG y otras piezas electrónicas para PCB.

Gracias a su capacidad de soldar encapsulados como CHIP, SOP, PLCC, QFP o BGA tiene los requerimientos necesarios para el proceso. En su mayoría, se ingresan de 2 a 3 placas en la rejilla del horno.



Figura G.3.1 Horno por infrarrojo. Fuente propia.

Como requerimientos previos, se precalienta el horno simulando un ciclo completo de trabajo ya que derivado de la temperatura ambiente existente en la soldadura de las PCB, es probable que exista el choque térmico en las uniones entre los pads y los componentes SMD. Esto provoca que se genere la soldadura en frío en las mismas al terminar este procedimiento.

El horno contiene hasta 8 ciclos preconfigurados, el departamento de ensamble tiene configurado un ciclo que dura 7 minutos y alcanza una temperatura de hasta 200 °C. El proceso de horneado (figura G.3.2) empieza por un precalentamiento paulatino de hasta 4 minutos, después medio minuto a temperatura constante empieza el enfriamiento por 2 minutos y medio.

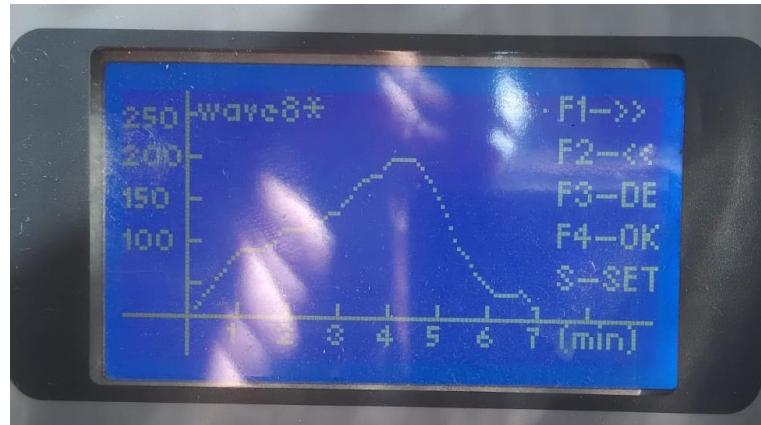


Figura G.3.2 Ciclo de horneado para tarjetas PCB. Fuente propia.

Al terminar el horneado, se dispone de las tarjetas para soldar los componentes THT como pines macho y hembra, displays de 4 dígitos y 7 segmentos, entre otros según sea el caso.

Posterior a ello, las tarjetas son llevadas al último proceso ensamble en el cual se rectifica que la calidad de la soldadura, los componentes se encuentren simétricos y polarizados de forma correcta (según lo requieran) y, por último, una prueba de estrés mecánico antes de su embalaje.

G.4 INSPECCIÓN DE CALIDAD DE LA SOLDADURA Y COMPONENTES

Esta prueba implica examinar visualmente que la soldadura cumple con los requisitos de calidad. Se realiza con ayuda de un microscopio, y los elementos a inspeccionar son: la polarización o simetría del componente, la cantidad y tipo de soldadura, presencia de cortocircuitos en la soldadura y calidad en las esferas de soldadura.



Figura G.4.1 Inspección visual 1:16. Fuente propia.

La inspección visual muchas veces arroja elementos que requieren atención, así que es importante implementar una metodología que arroje elementos subsanar estos mismos como se hizo en los puntos anteriores.

Por ello, se tiene que la tabla G.4.1 describe que problemas pueden percibirse al realizar esta inspección.

Problema	Características	Resultados
Componentes movidos	Los componentes se encuentran unidos a otros o son asimétricos.	Problemas de funcionamiento, eficiencia e interferencia electromagnética.
Cantidad y tipo de soldadura	Soldadura desigual y sectores faltantes de la misma, puentes de soldadura.	Estética, confiabilidad comprometida y una vida útil reducida.
Mala calidad en las esferas de soldadura de los FPGA's	Cantidad excesiva de soldadura que conecta dos puntos, mala calidad de esferas del proveedor.	Dificultades en la disipación de calor, vulnerabilidad a condiciones de ambientes adversos.

Tabla G.4.1 Problemas que se derivan de la inspección visual en el ensamble de PCB. Fuente propia.

PLAN

Una vez identificados los problemas existentes, se plantea la elaboración de un plan de mantenimiento correctivo con el soporte de la metodología Deming, ya que existen diferentes fallas comunes para las diferentes tarjetas propias de la empresa, así mismo este plan de mantenimiento será aplicable a próximos proyectos con los que cuente la empresa al manejar encapsulados QFP, SOIC, SOJ, PQFP, TSSOP, entre otros.

DO

PLAN DE ACCIONES			
Proceso	Calidad de soldadura y PCB	Líder PDCA	Cesar Vicenteño Rivera
PDCA No.	2	Cliente	Intesc Electrónica & Embebidos
		Fecha	A considerar
PLAN DE ACCIONES			
Problema	Características	Acciones	¿Quién ejecuta?
Componente movido o asimétrico.	Los componentes se encuentran unidos a otros o son asimétricos.	Utilizar flux para facilitar la adherencia del componente al pad, soldar con ayuda de cautín.	Departamento de ensamble y producción.
Cantidad y tipo de soldadura	Presencia de exceso de soldaduras en pines de encapsulado QFP	Utilizar flux y cautín para recalentar la soldadura existente y distribuirla uniformemente, En caso de existir exceso de soldadura, utilizar malla para desoldar y flux para facilitar su adherencia a esta.	Departamento de ensamble y producción
Mala calidad en las esferas de soldadura de los FPGA's	Cantidad excesiva de soldadura que conecta dos puntos.	Reballing.	Departamento de ensamble y producción.

Tabla G.4.2 Plan de acciones para solucionar los problemas que se derivan de la inspección visual en el ensamble de PCB después del horneado. Fuente propia.

Al compilar los problemas que pudieran existir al terminar el proceso de horneado, se requieren soluciones específicas para armar un plan de mantenimiento correctivo. Utilizar flux en las siguientes tareas para facilitar la adherencia del componente al pad con ayuda del cautín, distribuir la soldadura a través de los pines de los encapsulados QFP (así como SOIC, SOJ, PQFP, TSSOP), malla para desoldar en los elementos que presenten exceso de soldadura.

CHECK

CHECK: NIVEL DE DESEMPEÑO DEL PLAN DE ACCIÓN			
Proceso	Calidad de soldadura y PCB	Líder PDCA	Cesar Vicenteño Rivera
PDCA No.	2	Cliente	Intesc Electrónica & Embebidos
		Fecha	A considerar
PLAN DE ACCIONES			
No.	Indicadores	Ejecución	Comentarios
1	Utilizar el cautín y el flux para retrabajar la soldadura del pad	90%	Al utilizar la técnica antes mencionada se corrige la asimétrica de los componentes, sin embargo, el uso del flux ensucia la tarjeta.
2	Utilizar el cautín y el flux para retrabajar la soldadura del pad.	80%	El utilizar la técnica antes mencionada permite distribuir adecuadamente la soldadura entre los pines y pads, para retirar el exceso de soldadura se requiere de malla para desoldar. Los inconvenientes presentes son suciedad presente en la placa después del uso de flux.
3	Reballing	50%	Retirar el FPGA's con cuidado de la placa con pistola de calor y flux, retirar las esferas de soldadura con malla y flux, realizar reballing con ayuda del <i>Stencil</i> . Esto causa un retrabajo en el proceso.

Tabla G.4.3 Resultados obtenidos del plan de acción para los problemas que se derivan de la inspección visual en el ensamble de PCB después del horneado. Fuente propia.

ACT

Las acciones ejecutadas en este apartado arrojan los siguientes resultados: los componentes que presenta asimetría y requieren un retrabajo tiene presencia en un 90% de las tarjetas PCB (las demás presentaban problemas en el encapsulado BGA). Este porcentaje de presencia permitió un estudio amplio de las problemáticas, descartando de primera instancia la soldadura en pasta, y por ello se vislumbró que gracias al aire caliente que expulsa el horno estas se ven ligeramente desplazadas en el proceso de horneado, esta variable no se puede controlar.

Así mismo se presentó en un 80% esta problemática del aire caliente en los encapsulados QFP (pudiera presentarse en SOIC, SOJ, PQFP, TSSOP), de esta manera la soldadura se adhiere a otro pin. Esta variable no puede controlarse.

Para el caso de las esferas de soldadura (figura G.4.2), en primera instancia se presentó la soldadura en frío en un 50% de las tarjetas del proceso.



Figura G.4.2 Soldadura en frío presente en esferas de FPGA. Fuente propia.

Este porcentaje preocupa, ya que se utilizó un lote de FPGA's en encapsulado BGA recientemente adquirido, además de que los procesos de la metodología Deming antes aplicados no arrojaron mayor problemática. Aquí se puede tener una retroalimentación al primer PCDA ejecutado, sin embargo, el otro 50% de tarjetas se ensambló con un lote ya existente.

Se optó por hacer un reballing a todo el lote de encapsulados ya que la aleación que tienen las esferas de soldadura del proveedor requiere de más tiempo y calor para alcanzar el punto de fusión, con esto se tiene la misma aleación de soldadura que cuenta INTEST Electrónica & Embebidos.

H) RESULTADO

Gracias a la implementación de distintas metodologías de calidad y mejora continua en el departamento de ensamble y producción se logró tener un ritmo de 10 PCB's diarias, así como cumplir con los requisitos que solicitaba el departamento de ventas.

H.1 TRABAJOS

Durante las residencias se ensamblaron más de 200 PCB pertenecientes a su tarjeta insignia la AMIBA 2, las cuales representaron el pilar de las mejoras implementadas.



Figura H.1.1 Tarjetas terminadas y ensambladas por parte del departamento de ensamble y producción de Intesc Electrónica & Embebidos. Fuente propia.

Además de trabajar con diferentes clientes que requerían del servicio de ensamble y producción de diferentes tarjetas como fuentes de poder, lámparas de Catering y controles de potencia.

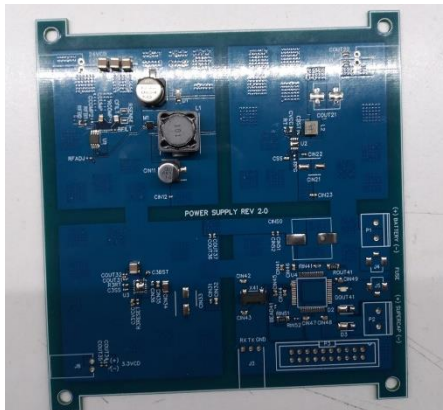


Figura H.1.2 Fuente de poder para empresas externas. Fuente propia.

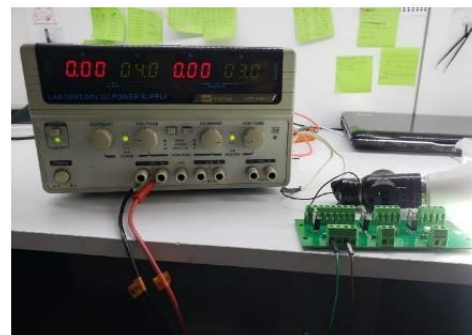


Figura H.1.3 Dictamen técnico a tarjetas de empresas externas. Fuente propia

I) CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y EXPERIENCIA LABORAL

Técnicas de soldado, familiarización de componentes SMD, inspección de fallas, operación de maquinaria nueva, implementación de metodologías para la mejora continua y calidad, comunicación, paciencia, son algunas de las grandes cosas que aprendí en mis residencias, un ambiente laboral increíble y que permite el crecimiento al residente. Sé con certeza que todo lo aprendido sirve como una herramienta para labrar mi desarrollo profesional, y así como ellos, el conocimiento no se queda conmigo y en el momento que tenga la oportunidad lo transmitiré. Durante mi residencia, pude observar que existen diferentes formas de operar las herramientas que resuelvan problemas, el estar involucrado en estas actividades físicas permite ampliar el panorama de visión que se tiene, ver las cosas de otra forma diría yo.

Por ello, me permito retroalimentar mi propio trabajo con recomendaciones para la optimización del ensamble y producción de tarjetas y módulos de INTESC Electrónica & Embebidos.

Las recomendaciones parte de elementos congruentes y solidos pues están determinadas a partir de normas como la IPC-A-610F que establece estándares para la aceptabilidad de ensambles electrónicos y la norma IPC J-STD-001F la cual establece los requisitos de ensambles eléctricos y electrónicos soldados.

I.1 ALMACENAMIENTO

Además de que los contenedores de componentes SMD y THT tiene divisiones para su clasificación, es recomendable el uso de contenedores ajustables y herméticos con gel de sílice para un control de humedad, así como verificar que sean antiestáticos con el objetivo de evitar daños causados por alguna descarga electrostática. Así como llevar a cabo un programa de

reabastecimiento para componentes THT verificando tiempos de entrega, establecer puntos de revisión de inventarios con base en la cantidad que se requiera según sea la demanda.

I.2 CONSIDERACIONES DE MANIPULACIÓN

Evite el contacto con superficies soldables antes de soldar, estas superficies deben estar completamente limpias. Es recomendable lavarse las manos frecuentemente antes de manipular cualquier ensamble eléctrico o electrónico, y en caso de usar guantes que cumplan con requisitos de EOS (*Electrical Overstress*)/ ESD (*Electrostatic Discharge*) para montajes mecánicos, deben desecharse y sustituirse con frecuencia gracias a su fácil contaminación. Así como sujetar por los bordes más alejados de cualquier pad, sin tocar bases o almohadillas.

Existe una serie de consideraciones al manipular estos ensambles electrónicos como:

- Mantener las estaciones de trabajo limpias y ordenadas. No se debe comer, beber ni usar productos de tabaco en el puesto de trabajo.
- Reduzca al mínimo la manipulación de conjuntos y componentes electrónicos para evitar daños.
- No manipule superficies soldables con las manos o los dedos desnudos, ya que los aceites o sales corporales reducen la soldabilidad y favorecen la corrosión y el crecimiento dendrítico.
- Asuma siempre que los elementos son ESDS, aunque no estén marcados. El personal debe seguir las prácticas y procedimientos ESD adecuados.

I.2.1 Consideraciones de manipulación después de soldar.

Es importante usar guantes que cumplan la protección ESD total para evitar la presencia de las huellas dactilares, así como estanterías mecánicas o cestas con protección ESD total.

I.2.2 Etiquetas EOS/ESD

La ESD es una transferencia rápida de una carga eléctrica estática de un objeto a otro con potencial diferente que fue creado a partir de fuentes electrostáticas (Esta se genera por el contacto con computadoras, tela, plásticos, etc).

El daño por ESD es el resultado del contacto entre una carga electrostática con un componente sensible o se acerca a él, este puede dañarlo.

La sobrecarga eléctrica (EOS) es el resultado interno de una aplicación no deseada de energía eléctrica que da lugar a componentes dañados. Este daño puede provenir de muchas fuentes diferentes durante su manipulación o de equipos de proceso alimentados eléctricamente.

Implementar etiquetas EOD/ESD en dispositivos, instalaciones, conjuntos, equipos o paquetes para alertar a las personas de la posibilidad de infligir daños por sobretensión electrostática (EOS) o eléctrica en ellos dispositivos



Figura I.2.1 Símbolo que representa que un equipo es susceptible a ESD. IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f



Figura I.2.2 Símbolo que representa que un equipo está protegido contra ESD. IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f

La figura I.2.1 corresponde a la susceptibilidad a ESD con un triángulo en el que se extiende y una barra lo atraviesa. Indica que un dispositivo o conjunto eléctrico o electrónico es susceptible de sufrir daños por ESD.

La figura I.2.2 corresponde a la protección ESD. Tiene un arco alrededor del exterior del triángulo y no tiene barra cruzando la mano. Indica los elementos que están diseñados para proporcionar protección ESD en ensambles y dispositivos sensibles a ESD.

I.2.3 Prevención de EOS/ESD

Las estaciones de trabajo seguras para ESD tiene superficies de trabajo disipadoras de estática conectadas a la toma de tierra común. El uso de una pulsera antiestática permite eliminar las cargas generadas por la piel o ropa del trabajador. En el sistema de puesta a tierra deben tomarse medidas para proteger al trabajador de los circuitos en tensión como resultado de un descuido o un fallo del equipo. Esto se consigue normalmente mediante una resistencia en línea con la trayectoria de la toma de tierra, que también ralentiza el tiempo de descomposición de la carga para evitar chispas o sobretensiones para evitar chispas o picos de energía procedentes de fuentes de ESD.

Reading from Operator Through	Maximum Tolerable Resistance	Maximum Acceptable Discharge Time
Floor mat to ground	1000 megohms	less than 1 sec.
Table mat to ground	1000 megohms	less than 1 sec.
Wrist strap to ground	100 megohms	less than 0.1 sec.

Figura I.2.3 Las resistencias máximas permisibles y tiempos de descarga para procedimientos antiestática seguros.
IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f

Con la finalidad de evitar la presencia EOS/ESD se recomienda instalar o adaptar en las líneas de ensamble y producción una pulsera antiestática conectada a la estación de trabajo, en las siguientes figuras se muestran ejemplos claros de una estación de trabajo adecuadas.

En las figuras I.2.4 e I.2.5 se observan las conexiones en serie y paralelo, respectivamente, de la pulsera antiestática dentro de una estación de trabajo para que sea segura. El punto 1 es la pulsera antiestática, el punto 2 son las bandejas de protección EOS y sus derivados, el punto 3 es tablero de protección EOS, el punto 4 es una alfombrilla de protección EOS, el punto 5, 6 y 7 hacen referencia a el suelo del edificio, la tierra común y la toma de tierra, respectivamente.

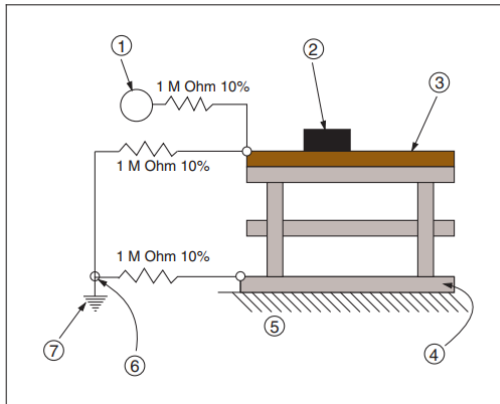


Figura I.2.4 Conexión en serie de una pulsera antiestática.
IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f

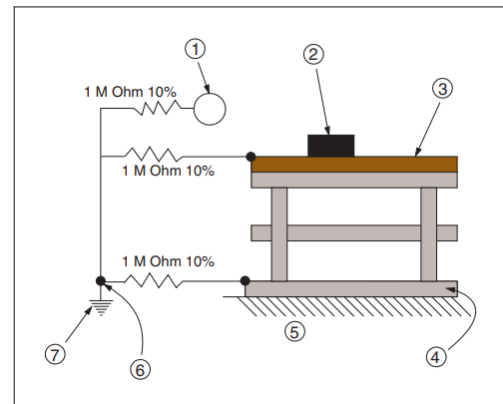


Figura I.2.5 Conexión en paralelo de una pulsera antiestática.
IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf, s/f

Es importante que después de estas instalaciones se adquieran ionizadores de aire para aplicaciones más sensibles, así como asignar procedimientos de selección, ubicación y uso de estos para garantizar una eficiencia.

J) COMPETENCIAS DESARROLLADAS

El residente es capaz de ensamblar sus prototipos desarrollados en tecnología de montaje superficial (tarjetas y módulos), procesos de ensamble, empastado, horneado y técnicas de soldado THT y SMD.

El residente es capaz de detectar fallas en sistemas embebidos, así como de operar las diferentes herramientas para la reparación de dichas fallas en sistemas embebidos empleando los distintos métodos de reparación aprendidos en las residencias.

El residente es capaz de identificar procesos de calidad y mejora en el proceso de ensamble, empastado, horneado y técnicas de soldad THT y SMD, además de la logística del desarrollo de un sistema embebido. El residente desarrolló las habilidades de paciencia, trabajo bajo presión, organizado, detallista y compromiso en las actividades para su vida cotidiana y profesional.

K) BIBLIOGRAFÍA

AMP-OnePT-Solder-Paste-TDS.pdf. (s/f).

Author, T. B. (s/f). *Conoce la increíble historia de Toyota ¿Cómo empezó todo?* Recuperado el 12 de noviembre de 2023, de <https://www.toyota.com.gt/blog-para-comprar-carro-en-guatemala/conoce-la-increible-historia-de-toyota-como-empezo-todo>

Capa intermetálica creada por soldadura con porcentajes Sn63 37Pb pdf—Buscar con Google. (s/f).

Recuperado el 21 de noviembre de 2023, de https://www.google.com/search?q=Capa+intermet%C3%A1lica+creada+por+soldadura+con+porcentajes+Sn63+37Pb+pdf&client=firefox-b-d&sca_esv=584506005&sxsrf=AM9HkKmMU-H2yxEqN2gebgbPWKvPuQFBg%3A1700632442548&ei=epddZceHlau3qtsP2NmPiAI&ved=0ahUKewjHrIbF9daCAxWrm2oFHdjsAyEQ4dUDCA8&uact=5&oq=Capa+intermet%C3%A1lica+creada+por+soldadura+con+porcentajes+Sn63+37Pb+pdf&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcnAiRkNhGEgaW5OZXJtZXTDOWxpY2EgY3JlYWRRhIBvciBzb2xkYWR1cmEgY29uIHVcmNlbnRhamVzIFNuNjMgMzdQYiBwZGZlhcXARYtghwAXgAkAEAmAFsoAHCAqoBAzAuM7gBA8gBAPgBAeIDBBgBIEGIBgE&client=gws-wiz-serp

COMTECQUALITY. (2017, noviembre 7). *El método de las 5S*. <https://comtecquality.com/blog/es/2017/11/07/el-metode-de-les-5s/>

IPC_A_610_Acceptability_of_Electronic_As.pdf. (s/f).

Las encroached vias y sus ventajas. (2020, mayo 14). Altium. <https://resources.altium.com/es/encroached-vias-and-their-advantages>

Manay, V. M. A., Cribillero, Y. I. N., & Pesantes, E. G. (2019). Aplicación de ciclo Deming para la mejora de la productividad en una empresa de transportes. *Revista Científica EPígmalión*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.51431/epigmalion.v1i2.538>

Mounting instructions for SMD (surface mounting device) packages -. (s/f).

PDCA: What is the Plan Do Check Act Cycle? (s/f). SafetyCulture. Recuperado el 13 de diciembre de 2023,
de <https://safetyculture.com/topics/pdca/>

Salas, R., Pérez, J. F., & Ramírez, J. (s/f). *TECNICAS DE DISEÑO, DESARROLLO Y MONTAJE DE CIRCUITOS IMPRESOS*.