Nueva planta piloto para prototipado e investigación de circuitos impresos

Diego Brengi, Sergio Guberman, Gustavo Rodriguez, Marcelo Acevedo y Alex Lozano
Departamento de Integración de Sistemas Micro y Nanoelectrónicos
Dirección Técnica de Micro y Nanotecnologías
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Buenos Aires, Argentina
Email: brengi@inti.gob.ar

***Resumen*—El desarrollo de sistemas embebidos comerciales involucra la fabricación, el ensamble y la puesta en marcha de circuitos electrónicos. Este proceso demanda del diseñador un conocimiento de los procesos involucrados. Para el caso de los primeros prototipos, se trata muchas veces de pruebas de concepto, que luego de revisadas serán modificadas y perfeccionadas hasta llegar al producto final para su fabricación en mayor volumen. Para fomentar, facilitar y fortalecer este proceso de innovación tecnológica en las pequeñas y medianas empresas, se ha creado en el INTI una planta piloto para el prototipado de circuitos impresos. Esta planta posee equipamiento para el armado, inspección y retrabajo de circuitos impresos en baja escala, enfocada específicamente en la producción de los primeros prototipos.**

***Palabras clave*—PCB, circuitos impresos, prototipado, montaje, BGA, retrabajo, servicios, inspección, soldadura, ensamble**

I. Introducción

El desarrollo y prototipado de un sistema embebido electrónico involucra varias etapas:

1. Diseño del circuito esquemático.
2. Diseño del circuito impreso, PCB (Printed Circuit Board) o placa electrónica.
3. Fabricación del PCB.
4. Ensamble del PCB[1].
5. Inspección.
6. Puesta en marcha y verificación.

Desde hace ya varios años en el INTI, dentro del Área de Micro y Nanotecnologías, se realizan actividades de diseño de circuitos impresos para sistemas embebidos, tanto para desarrollos en proyectos propios o como servicio a empresas que lo solicitan, abordando todas las etapas mencionadas anteriormente [1]. Recientemente se ha sumado la "Planta Piloto de Prototipado de Circuitos Impresos", compuesta por equipamiento para el ensamble e inspección de placas de circuitos electrónicos. En este trabajo se presentan los objetivos de la planta, las actividades realizadas para su implementación, los resultados y el trabajo futuro.

[1]Ensamble o montaje de circuitos electrónicos: La acción de ubicar los componentes electrónicos sobre la placa y luego soldarlos para obtener un circuito electrónico completo.

II. Objetivos de la planta piloto

La incorporación de estas nuevas capacidades persigue los siguientes objetivos:

- Ofrecer entrenamiento y capacitación sobre el proceso de ensamble e inspección de circuitos impresos, orientado a las pequeñas empresas del rubro. Esto busca fomentar y apoyar la generación de productos innovadores, con mayor tecnología y valor agregado.
- Ofrecer a los diseñadores de sistemas embebidos una visión cercana del proceso de ensamble e inspección, para mejorar sus habilidades en cuanto al Diseño para la Manufacturabilidad (DFM o Design for Manufacturability en inglés). En el proceso de diseño de PCBs, los conceptos de DFM aportan un conjunto de pautas de diseño que intentan garantizar la capacidad de fabricación, reducir tiempos y costos de proceso, prevenir posibles problemas de producción y mejorar la confiabilidad de las placas electrónicas [2].
- Investigar y experimentar nuevas técnicas, procesos y materiales, especialmente realizando la combinación de los procedimientos y equipos clásicos de ensamble, con nuevas áreas de aplicación y tecnologías, como por ejemplo, electrónica impresa, e-textiles, *wearables*, circuitos flexibles, etc. [3] [4]
- Poseer capacidades *in-house* de ensamblaje e inspección para el prototipado de proyectos especiales o de interés estratégico.

La planta piloto no tiene como objetivo competir con los armadores nacionales de PCBs, sino ser un complemento y una alternativa en las primeras etapas del desarrollo.

III. Actividades realizadas e implementación

La planificación, implementación y puesta en marcha de la Planta Piloto requirió la preparación del espacio y la adquisición e instalación gradual del equipamiento necesario, habiéndose terminado de implementar a principios de 2024. A continuación se detallan las actividades realizadas para su puesta en marcha:

- Conformación de un grupo de trabajo motivado y calificado.

- Instalación de los sistemas de aire comprimido, ventilación, distribución eléctrica (monofásica), iluminación y mobiliario.
- Diagramación del espacio para aprovechar al máximo el área asignada a la planta.
- Adquisición de equipamiento para soldadura manual y retrabajo, de ensamble y de inspección.
- Instalación, puesta en marcha y prueba de los equipos.
- Definición de procedimientos de seguridad, cuidados y operación de los equipos.
- Realización de seminarios y charlas internas de capacitación y divulgación.

Para la selección del equipamiento se tomaron en cuenta criterios técnicos y funcionales de cada equipo, como por ejemplo que sean aptos para bajos volúmenes de producciones, que trabajen las tecnologías de encapsudalados más comunes y que ocupen un espacio reducido en la planta. También se priorizaron los proveedores y representantes locales debido a las complejidades de los procesos de compra y las ventajas de contar en el país con personal ya capacitado en el uso de estos equipos.

III-A. Equipamiento para montaje manual y automático

Para el montaje manual de componentes electrónicos se dispone de estaciones de aire caliente (Hony 908) y una estación de soldadura y retrabajo (Pace MBT250) con puntas especiales como ultrafina, chisel y mini ola.

En relación a la aplicación de pasta de estaño para placas de montaje superficial se han incorporado los siguientes equipos:

- Dispensador controlado (equipo neumático) de líquidos para la aplicación de pasta de estaño o pegamento (Ver Fig. 1).
- Impresora de pasta de soldadura para stencil para el proceso de aplicación de pasta de estaño (Ver Fig. 1). A este equipo se le realizó un marco adaptador para los casos donde el stencil se pide sin marco (bajo costo).
- Se dispone en la institución de un equipo de grabado láser con el que se ha realizado la fabricación de stencils (Ver Fig. 2). Como alternativa, el stencil se puede encargar con la fabricación del PCB.

Para el montaje y la soldadura por horno se dispone de los siguientes equipos:

- Posicionamiento: Equipo automático (Pick&Place) que posee dos cámaras integradas, una fija para analizar los componentes tomados por sus boquillas verificando su integridad y centrado, y otra incorporada en el cabezal móvil que permite analizar marcas fiduciarias en la placa, y ver la carga desde el *feeder* [5] (Ver Fig. 3).
- Soldadura: Para la soldadura se dispone de un horno de refusión de tres etapas de tamaño compacto y 5,5 kW de potencia, con cinta transportadora, tres etapas calefactoras de hasta 350 °C, y una etapa de enfriamiento [6] (Ver Fig. 4).

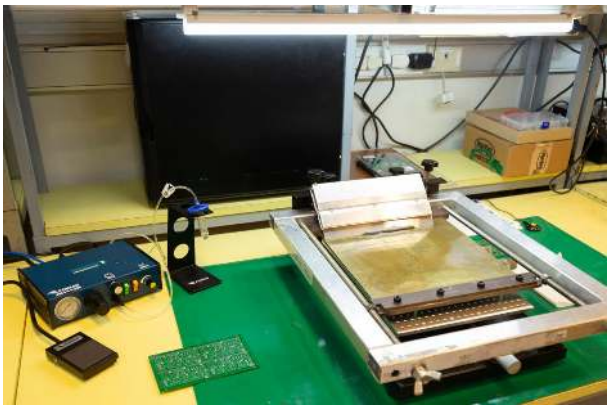

Figura 1. Dispensador para pasta de estaño y pegamento Fisnar JB1113N (izq.) e Impresora serigráfica para stencil modelo NeoDen FP2636 (der.).

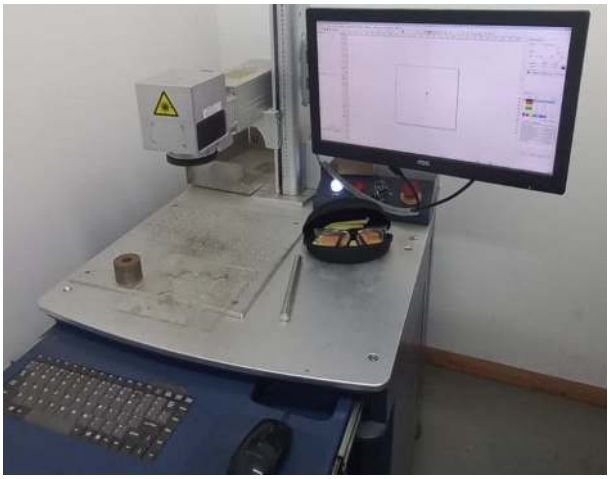

Figura 2. Equipo de grabado láser utilizado para la fabricación de stencils.

Figura 3. Equipo Pick&Place para montaje automático modelo LE40V de la firma DDM Novastar.

Figura 4. Horno de refusión modelo GF-12HC-HT de la firma DDM Novastar.

III-B. Equipamiento especial para soldadura y retrabajo

En algunos casos es necesario realizar la soldadura o desoldadura individual de componentes complejos, como por ejemplo chips BGA, LGA o QFN [7], o trabajar en un sector del PCB sin afectar al resto. Para estos casos, además de las clásicas estaciones de aire caliente y de retrabajo mencionadas anteriormente, se cuenta con equipos especiales para tal fin:

- Estación de soldadura y desoldadura por infrarrojos JOVY RE-7500. Este equipo posee un calentador inferior y uno superior que permite trabajar solo un sector de la placa.
- Equipo de soldadura y retrabajo para chips BGA [8]. Este equipo también posee calefactor superior e inferior por infrarrojos, permitiendo soldar o desoldar chips BGA (Ver Fig. 5). El usuario puede definir el perfil de temperatura acorde al producto que desea retrabajar. Debido a que posee un sistema visual de prisma con cámaras y una mecánica muy precisa, se pueden soldar con este equipo encapsulados tan pequeños como un BGA de 1 x 1 mm y componentes simples (dos terminales) de hasta 0,4 x 0,2 mm (resistores SMD tamaño 01005).

III-C. Equipamiento para Inspección

Para la inspección tradicional de placas electrónicas se dispone de lupas con iluminación (3x y 12x) y un microscopio digital con aumento entre 18.7x y 120x. Para la revisión de soldaduras de chips BGA (Ball Grid Array), se cuenta con un equipo de inspección óptica lateral [9], con fibra óptica y aumento de hasta 180x (Ver Fig. 6). Este equipo permite obtener imágenes claras y enfocadas de las soldaduras externas de un BGA (bolitas de los dos niveles más externos del chip) y verificar que no existen obstrucciones entre las filas y columnas (posibles cortocircuitos). Adicionalmente, se cuenta con capacidades para la inspección por rayos X convencionales (2D), o mediante un tomógrafo industrial con microenfoque (3D) (Ver Fig. 7). Estas últimas capacidades se encuentran en otros sectores del instituto, con los cuales se trabaja en forma conjunta.

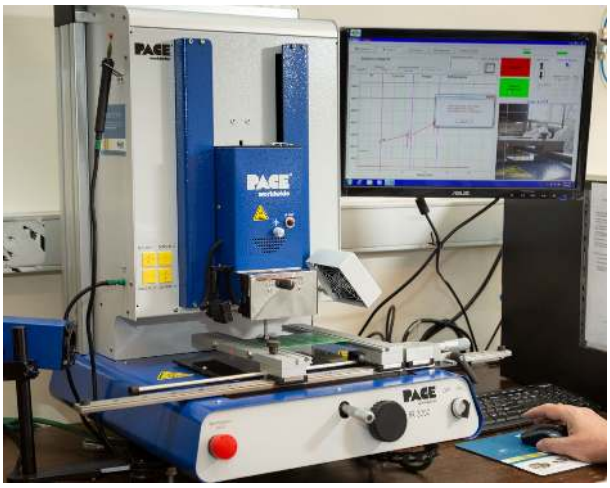

Figura 5. Equipo especializado para soldadura y retrabajo de chips BGA, modelo IR3000 de la firma PACE.

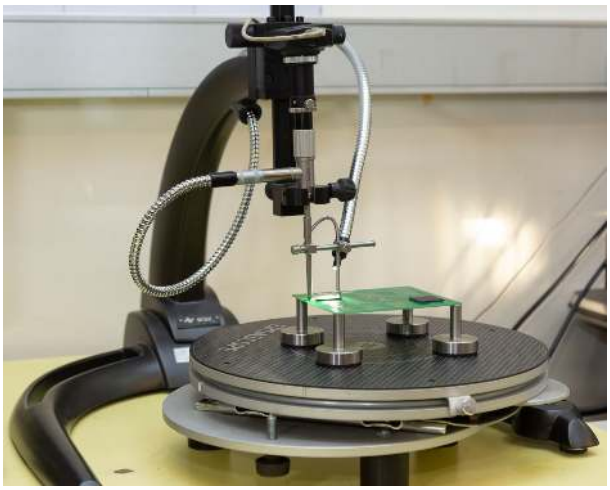

Figura 6. Equipo para inspección lateral de chips BGA, modelo Ersascope-2.

Figura 7. Tomógrafo General Electric modelo “Phoenix v|tome|x s” utilizado para la inspección por rayos X de plaquetas electrónicas.

III-D. Disposición física

La planta piloto posee actualmente 36 m^2 (6m x 6m). La disposición de los equipos y áreas de trabajo se pueden observar en la Figura 8. Esta disposición podrá mejorarse y adaptarse a medida que avance la ampliación planificada (Ver Trabajos Futuros).

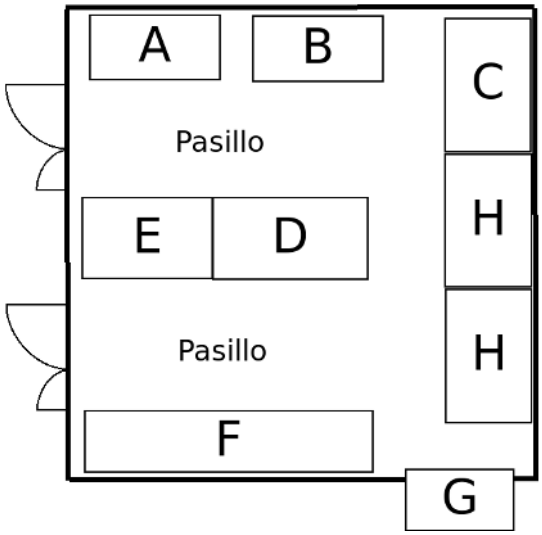

Figura 8. Disposición de la planta piloto. A) inspección lateral. B) Soldadura y retrabajo de BGA. C) Impresora de stencil y dosificador. D) Pick&Place. E) Horno de refusión. F) Almacén de componentes. G) Campana de extracción con pileta. H) Mesas de retrabajo e inspección.

IV. Resultados

Se completó la selección y adquisición del equipamiento, la formación de RRHH y la puesta en marcha, prueba y verificación de los equipos y procesos de la planta piloto de prototipado de circuitos impresos, la cual se encuentra operativa y comenzando a ofrecer servicios.

Se dispone de equipos estándar de la industria para el ensamble automatizado de circuitos impresos con tecnología de montaje superficial en baja escala, y se complementan con equipamiento especializado como la IR3000 para soldadura y retrabajo de chips BGA y equipos de inspección. Además de las capacidades propias de la planta, se ha trabajado en conjunto con otros sectores de la institución, como es el caso de la inspección por rayos X, la utilización de un tomógrafo computarizado industrial y la mecanización de stencils.

A diferencia de una planta de montaje tradicional, enfocada en resolver producciones estándar y trabajos de clientes frecuentes, la planta piloto se orienta a actividades de capacitación, investigación, experimentación, y prototipado de nuevos productos (normalmente muy bajas cantidades y con alto grado de incertidumbre en el funcionamiento), con el objetivo de fomentar la generación de nuevos productos y emprendimientos electrónicos en pequeñas empresas.

V. Trabajos futuros

Como parte de las actividades de la Planta Piloto, se trabaja en la realización de actividades de difusión y capacitación orientada a emprendedores y pequeñas empresas del rubro tecnológico. Esta capacitación se plantea bajo el formato de “escuela”, incluyendo la presentación de contenidos teóricos y su aplicación en actividades prácticas mediante la utilización del equipamiento disponible. Por otro lado, se está trabajando en la ampliación de las capacidades de la planta, acondicionando un segundo espacio de 25 m^2. Este sector estará enfocado a procesos químicos, limpieza de stencil y mecanizado.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Alejandro y Marcos Mayer, de la empresa Mayer S.A., por su colaboración y aporte de materiales y servicios.

A Marcelo Frontalini, por su invalorable ayuda en la puesta en marcha de la Pick&Place.

A los compañeros de la Subgerencia Operativa de Mecánica y Logística, Juan Ignacio Szombach y su equipo del Departamento de Servicios de Ingeniería. A Pablo Gonzales Taboas del Departamento de Ensayos no Destructivos, por las actividades realizadas en inspección de rayos X.

Además agradecemos a Matías E. Peralta del Departamento de Validación de Equipos y Componentes del Centro Litoral de INTI, por el uso del tomógrafo industrial, y finalmente a nuestro compañero de sección, Hernán Ledesma, por las pruebas de inspección realizadas.

Referencias

[1] Brengi D., Tropea S., Parra V. y Huy C. , “Soldadura, inspección y verificación, en laboratorio, de un prototipo con chip BGA”, II Congreso de Microelectrónica Aplicada (uEA 2011), ISBN: 978-950-34-0749-3, pp. 95–100, 2011. Link

[2] Happy Holden, Clyde F. Coombs; “Planning for Design, Fabrication and Assembly”, Printed Circuits Handbook, Sixth Edition, McGraw-Hill, Chapter 19.1.,2008

[3] IPC, “IPC Releases E-textiles Standard, IPC-8921”, Standards News E-textiles IPC-8921, 2019, Link.

[4] Wikipedia, “Wearable technology”, https://en.wikipedia.org/wiki/Wearable_technology (accedido el 24 de junio de 2024).

[5] DDM Novastar, “LE-40V Pick and Place Equipment”, www.ddmnovastar.com (accedido el 24 de junio de 2024).

[6] DDM Novastar, “GF-12HT Benchtop Reflow Oven”, https://www.ddmnovastar.com/product/gf-12ht-benchtop-reflow-oven (accedido el 24 de junio de 2024).

[7] A. Geczy and Z. Illyefalvi-Vitez, “Board design optimization for fine pitch BGA components”, 3rd Electronics System Integration Technology Conference ESTC, Berlin, Germany, 2010, pp. 1-6, doi: 10.1109/ESTC.2010.5642918. Link

[8] Pace Worldwide, “IR 3000 BGA Rework Station”, https://paceworldwide.com/sites/default/files/2019-07/IR3000_Manual.pdf (accedido el 24 de junio de 2024).

[9] Y. C. Chan, C. W. Tang and P. L. Tu, “Endoscopic inspection of solder joint integrity in chip scale packages”, 2000 Proceedings. 50th Electronic Components and Technology Conference (Cat. No.00CH37070), Las Vegas, NV, USA, 2000, pp. 569-575, doi: 10.1109/ECTC.2000.853215.