

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Instituto de Ingeniería

Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería



“Sistema de eliminación de contaminantes para BGA ”

Tesis que para obtener el grado de:

Doctor en Ingeniería

PRESENTA

Daniel Orozco Mariscal

DIRECTOR

Dr. Rogelio Arturo Ramos Irigoyen

CO-DIRECTOR

Dr. Roberto Luis Ibarra Wiley

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido terminar esta etapa de mi formación profesional, a mi familia, a mis padres, hermanos y especialmente a mi esposa Cristy y mis hijos Avryl y Leonardo, ustedes son mi motivación para levantarme cada día y seguir adelante.

Mi agradecimiento sincero a mis maestros, muy especialmente al Dr. Rogelio Arturo Ramos Irigoyen y al Dr. Roberto Luis Ibarra Wiley, que me brindaron sus conocimientos, sabiduría y lo más valioso aun, su amistad.

Finalmente agradezco a la empresa Skyworks Solutions de México por las facilidades prestadas para la realización de este proyecto.

Índice

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS (General / particulares).....	6
1.5 ALCANCE DEL PROYECTO	7
2.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	7
2.2 INTRODUCCION A LOS PROCESOS DE MANUFACTURA DE MICROCIRCUITOS.....	9
2.3 PROCESO DE FABRICACION DE MICROCIRCUITOS TIPO BGA (Ball grid array) .	13
2.4 EQUIPOS DE LIMPIEZA DISPONIBLES EN EL MERCADO	15
2.5 CONCEPTOS BASICOS DE AUTOMATIZACIÓN (LabVIEW)	18
2.6 DIFERENTES TIPOS DE CONTROLES AUTOMATICOS	21
2.7 TIPOS DE SENSORES Y ACTUADORES	24
3.1 SELECCIÓN DE METODO DE LIMPIEZA A UTILIZAR	28
3.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE AGENTE A UTILIZAR	30
3.3 DESARROLLO DEL CONCEPTO PRELIMINAR	33
4.1 MODELADO MECANICO DE LAS PARTES Y ENSAMBLES.....	39
4.2 FABRICACION DE LAS PIEZAS MECANICAS.....	40
4.3 ENSAMBLE DEL PROTOTIPO	44
4.4 PRUEBAS PRELIMINARES Y AJUSTES.....	48
4.5 APROBACIONES DE LOS DEPARTAMENTOS DE SEGURIDAD, INGENIERIA y PRODUCCION	51
4.6 DOCUMENTACION (MANUALES, DIAGRAMAS).....	51
4.7 PROPIEDAD INTELECTUAL (PATENTE).....	52

5.1 VERIFICACION DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PRODUCTOS BGA (BALL GRID ARRAY)	55
5.2 RESULTADOS DE PRUEBAS EN EQUIPOS EDX	59
6.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO	64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66
ANEXOS.....	67

Índice de figuras

Figura 1 Vista isométrica de microcircuito BGA y socket de prueba	4
Figura 2 Vista Frontal de microcircuito BGA y socket de prueba	4
Figura 3 Proceso de fabricación BGA	9
Figura 4 Proceso de montaje superior	9
Figura 5 Proceso de montaje inferior	11
Figura 6 Proceso de prueba eléctrica.....	12
Figura 7 Proceso de fabricación de microcircuitos BGA	14
Figura 8 Proceso de pegado de esferas	14
Figura 9 Máquina lavadora de tableros HyperSWASH III.....	16
Figura 10 Máquina lavadora de tableros HyperSWASH	17
Figura 11 Máquina lavadora de tableros Galaxy Plus 24	18
Figura 12 Clasificación de controladores lógicos	22
Figura 13 Clasificación de sensores.....	25
Figura 14 Clasificación de sensores segun principio de funcionamiento	26
Figura 15 Comportamiento de VDD_OFF_VIO_I antes y después de limpieza con alcohol	29
Figura 16 Limpiador de propósito general "simple green"	31
Figura 17 Agente limpiador de semiconductores "Dimaflow"	32
Figura 18 Concepto preliminar vista isométrica	34
Figura 19 Concepto preliminar vista frontal	35
Figura 20 Concepto preliminar con corte longitudinal	36
Figura 21 Concepto preliminar estacion de lavado y secado	37
Figura 22 Concepto preliminar rejillas de sujeción.....	38
Figura 23 Modulos de carga, lavado,secado y descarga.....	40
Figura 24 Modulo de carga de material.....	41

Figura 25 Modulo de lavado de material	42
Figura 26 Modulo de secado de material	43
Figura 27 Modulo de descarga de material	44
Figura 28 Sistema de eliminación de contaminantes	45
Figura 29 Vistas de sistema de eliminación de contaminantes	47
Figura 30 Vista frontal de sistema de eliminación de contaminantes	50
Figura 31 Solicitud de patente método y proceso de eliminación de contaminantes	53
Figura 32 Solicitud de patente sistema y proceso de eliminación de contaminantes.....	55
Figura 33 Comportamiento de VDD_OFF_VIO_I antes de limpieza	57
Figura 34 Comportamiento de VDD_OFF_VIO_I despues de limpieza	58
Figura 35 Gráficas de VDD_OFF_VIO_I antes y después de limpieza	59
Figura 36 Resultados EDX del producto "A" antes de limpieza	60
Figura 37 Resultados EDX del producto "A" después de limpieza	61
Figura 38 Resultados EDX del producto "B" antes de limpieza	62
Figura 39 Resultados EDX del producto "B" después de limpieza	63
Figura 40 Pantalla de interfase principal	67
Figura 41 Pantalla de señalización de entradas.....	68
Figura 42 Pantalla de señalización de salidas	68
Figura 43 Pantalla de alarmas.....	69
Figura 44 Tabla de entradas lógicas.....	69
Figura 45 Tabla de salidas lógicas	70

RESUMEN

En el presente documento se describe la necesidad de una mayor integración y complejidad en los microcircuitos, específicamente en los circuitos denominados “BGA Ball Grid Array” por sus siglas en inglés o Arreglo de Matriz de Esferas, se explica el proceso de fabricación y como se ve afectados por la contaminación durante el proceso de ensamble, siendo esta la problemática de estos productos la principal justificación de nuestro trabajo de investigación y desarrollo. Esta investigación y desarrollo brinda una opción a la industria de eliminar o reducir la contaminación y los efectos negativos en los circuitos BGA. Se describen además las mejoras de un segundo módulo que se diseñó y fabricó en base a algunas áreas de oportunidad encontradas en el primer prototipo, también se explican algunos aspectos no protegidos que se consideraron para la redacción de la solicitud de patente que enviada para revisión al Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI), se muestran resultados del desempeño de los equipos y conclusiones de lo observado en cuanto al desempeño y los nuevos requerimientos del sistema de eliminación de contaminantes en productos BGA.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de los avances tecnológicos en nuestras actividades cotidianas es cada vez más frecuente y en algunos casos indispensable.

La domótica definida como el conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda se da frecuente con el uso de dispositivos como teléfonos celulares, computadoras, tabletas que con la implementación de aplicaciones nos permiten controlar sistemas tales como controles de acceso, puertas, interruptores de iluminación, sistemas de seguridad, equipos electrodomésticos (lavadoras , secadoras, equipo de sonido, televisores etc...) en fin un gran número de dispositivos que nos ayudan día con día a realizar nuestras tareas de una manera más simple, sin embargo toda esta cantidad de tecnología que seguimos añadiendo tiene un costo, que es el de mantener una evolución y mejora continua en el desarrollo de sistemas más complejos que permitan el control adecuado de todos estos dispositivos.

Por esta razón las empresas encargadas de desarrollar nuevas tecnologías, para poder cubrir las nuevas demandas de los usuarios que exigen sistemas cada vez más complejos, autónomos e inteligentes, se han visto en la necesidad de evolucionar y trabajar con novedosos sistemas integradores que permitan colocar en un solo circuito integrado, toda la programación requerida, así como los puertos

de entrada y salida para el correcto funcionamiento de nuevos sistemas que son capaces de conectar todo y a todos en tiempo real.

Un ejemplo de estas nuevas tecnologías es el uso de la configuración BGA “Ball Grid Array” por sus siglas en inglés, que consiste de un arreglo en forma de matriz con esferas de soldadura de material de estaño y plata (soldadura blanda por el tipo de fusión menor a 450 grados Celsius o centígrados) listo para ser colocado (soldada) en una Placa de circuito impreso “Printer circuit board” para realizar tareas específicas de comunicación y control de dispositivos usados en la domótica.

Este tipo de configuraciones permite tener un nivel de integración mucho mayor que los que se tenían con tecnologías previas, así mismo permite contar con mayor cantidad de puertos de entrada y salida para una comunicación más eficaz y un mejor control dando como resultado, una mejor estabilidad y lo más importante, poder escalarlo a sistemas más complejos.

Sin embargo, estas nuevas tecnologías y configuraciones son mucho más sensibles a los procesos de fabricación, es ahí precisamente donde se encuentra nuestro trabajo de investigación, ya que se ha observado y tiene evidencia de que este tipo de productos BGA son mucho más susceptibles a los agentes contaminantes durante el proceso de fabricación de los mismos.

Como resultado se tiene un porcentaje bajo de productos que cumplan con las especificaciones y por ende consecuencias económicas que afectan a las compañías que fabrican estos productos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de la contaminación de los productos BGA “Ball Grid Array” afecta principalmente el desempeño eléctrico del producto, es precisamente en el área de prueba eléctrica donde se simulan las condiciones en las que los microcircuitos presentan un bajo desempeño en su funcionamiento debido al contacto eléctrico inadecuado, ocasionado por agentes contaminantes que impiden una buena conexión eléctrica con el dispositivo de prueba “Test Socket” que es el encargado de realizar la interface entre el Dispositivo bajo prueba DUT “ Device Under Test” y el tablero eléctrico “Fixture” que a su vez lo conecta con el ordenador de prueba “Tester”, este último es el encargado de realizar las pruebas eléctricas, tomar mediciones eléctricas y decidir si este microcircuito cumple con las especificaciones requeridas para ser aceptado.

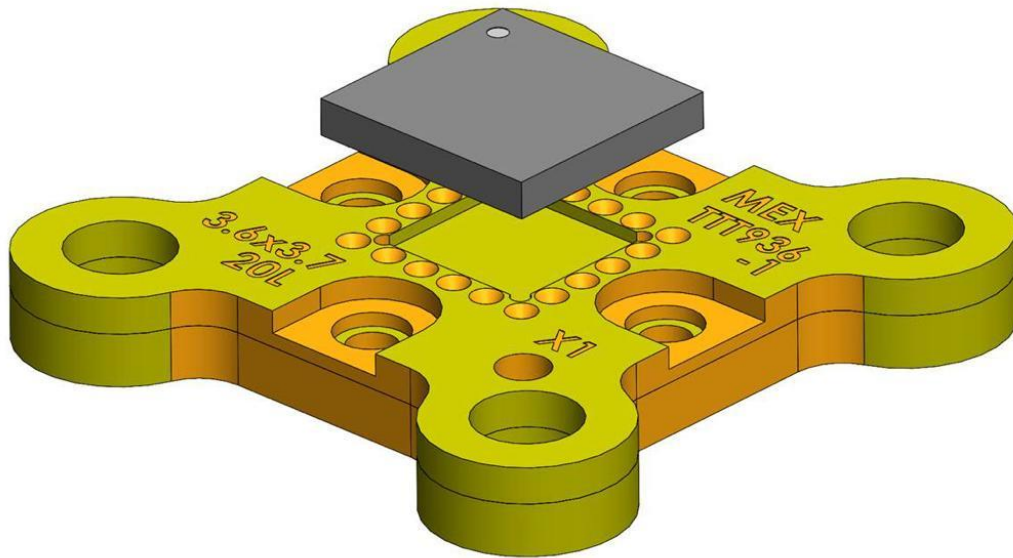


Figura 1 Vista isométrica de microcircuito BGA y socket de prueba

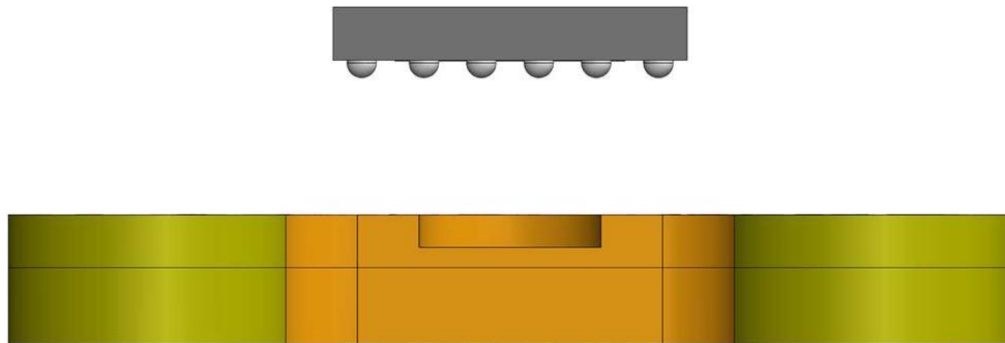


Figura 2 Vista Frontal de microcircuito BGA y socket de prueba

El proceso de prueba eléctrica descrito anteriormente es uno de los procesos finales, cabe señalar que en los procesos anteriores denominados Montaje Superior “Frontend” y Montaje Inferior “Backend” es donde por naturaleza de los procesos en donde no se cuenta con la capacidad de eliminar los agentes contaminantes que afectan la prueba eléctrica de los microcircuitos, es aquí donde nace la necesidad

del desarrollo de un sistema que sea capaz de eliminar o minimizar dichos contaminantes.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Los nuevos productos BGA “Ball Grid array” (arreglo de esferas en forma de malla) por sus siglas en ingles son altamente susceptibles a los agentes contaminantes de los procesos de fabricación, dando como resultado niveles de aceptación (Yield) muy bajos que ocasionan pérdidas considerables para las compañías que los manufacturan. Actualmente la manera como se compensan los niveles bajos de aceptación “Yield” de primera iteración “First Pass Yield FPY” por sus siglas en ingles es mediante reprueba de fallas “Re-test” que si bien permite llegar al nivel mínimo de aceptación al material probado, por otro lado representa en un desperdicio de recursos al tener que realizar la actividad en más de una ocasión, además de correr el riesgo de dañar definitivamente al producto provocando más perdidas a las compañías que manufacturan este tipo de productos.

Por lo tanto, es necesario poder contar con una opción para eliminar o minimizar la presencia de estos agentes contaminantes con la finalidad llevar a un nivel aceptable esta línea de nuevos productos.

Es importante destacar que en la actualidad no existen en el mercado dispositivos o elementos que sean capaces de realizar la actividad de limpieza en este tipo de microcircuitos, las opciones disponibles son a nivel tablero y no a nivel paquete individual.

1.4 OBJETIVOS (General / particulares)

Objetivo General:

- Desarrollar una solución viable y sustentable para eliminar o minimizar la contaminación en microcircuitos tipo BGA que permitan alcanzar en nivel de aceptación mínimo durante la prueba eléctrica

Objetivos Particulares:

- Desarrollar un sistema capaz de eliminar o minimizar los efectos de los contaminantes en los productos BGA “Ball Grid Array” sin dañar el producto
- Mejorar el nivel mínimo de aceptación de primera iteración FPY “First Pass Yield” de los productos BGA “Ball Grid Array”
- Elaborar un procedimiento que permita eliminar o minimizar los contaminantes adheridos a los productos manufacturados tipo “BGA” mejorando con esto los resultados de la prueba eléctrica
- Desarrollo de un segundo modulo con algunas mejoras en cuanto al funcionamiento y desempeño del equipo
- Presentación de patente de los módulos de eliminación de contaminantes ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI)

1.5 ALCANCE DEL PROYECTO

La solución propuesta se enfoca principalmente a los productos tipo “BGA Ball Grid array” (arreglo de esferas en forma de malla) por sus siglas en inglés, en el área de prueba eléctrica para la mejora de nivel de aceptación mínima “Yield” y también a la mejora de nivel de aceptación mínima en primera pasada o primera prueba “Fisrt Pass Yierld FPY”, el alcance además no se limita a la mejora de solo estos productos, ya que se pueden considerar otras tecnologías similares como del tipo de No terminales Plana “Quad Flat No leads QFN”.

2 MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Skyworks es una empresa muy sólida establecida en Mexicali desde hace más de 50 años, su giro es de ensamble y manufactura de microcircuitos electrónicos utilizados en comunicaciones.

Inicio operaciones en el año de 1969 en la ciudad de Mexicali Baja California bajo el nombre de Autonética con una fuerza laboral de 50 empleados y una producción estimada de 600,000 unidades por año, en 1996 cambio al nombre de Rockwell Semiconductor Systems contando con una fuerza laboral de 1660 empleados y una producción de 81,600,000 unidades por año, en el año de 1999 cambio de nombre a Conexant Systems contando con 2400 empleados y una producción de

138,000,000 unidades por año, fue en el año 2002 cuando adquirió el nombre actual de Skyworks Solutions con 2000 empleados con una producción anual de 192,000,000 de unidades, para 2015 Skyworks Solutions contaba con 3500 empleados y una producción de 1,380,000,000 unidades por año, actualmente la empresa cuenta con más de 6000 empleados y sus productos y clientes se han diversificado considerablemente.

La empresa Skyworks Solutions cuenta actualmente con dos plantas en Mexicali, una dedicada al ensamble y la otra a la prueba eléctrica de los microcircuitos electrónicos, las actividades de Skyworks Mexicali están a su vez divididas en tres mini compañías, las cuales son Mini compañía Frontend, Mini compañía Backend y Mini compañía Test que serán descritas más a detalle posteriormente.

La planta de Skyworks Mexicali cuenta con tecnología de punta para la manufactura de productos utilizados en las comunicaciones inalámbricas. Ha sido galardonada con el Premio Nacional de Exportación 2015, el Premio Nacional del Trabajo 2015 y el Premio Nacional de Tecnología e Innovación XV Edición, en dos categorías. Ha sido certificada como uno de los Mejores Lugares para Trabajar en México 2011, 2013 y 2016, ha sido validada en 2014 y 2016 por la Coalición para la Ciudadanía de la Industria Electrónica y cuenta con uno de los más altos estándares de calidad ISO/TS:16949.”

2.2 INTRODUCCION A LOS PROCESOS DE MANUFACTURA DE MICROCIRCUITOS

El proceso de fabricación de los productos BGA “Ball Grid Array” se muestra en la figura 1 y se realiza en tres principales procesos (Montaje superior, Montaje Inferior y Prueba Eléctrica).



Figura 3 Proceso de fabricación BGA

El proceso de montaje superior “Frontend” consta la siguiente secuencia y áreas:



Figura 4 Proceso de montaje superior

Montaje Oblea (wafer mount):

En esta área se reciben las obleas de semiconductores, se rebajan ajustan a la especificación que se requiere para el proceso, se monta en un aro que permitirá transportarlo y procesarlo.

Cortado (Sawing):

Una vez montado en los aros de transporte se procede a cortar las obleas “wafer” mediante una sierra especial para poder utilizar los dados ya separados en los procesos siguientes.

Pegado de dado (Die bond):

Consiste en aplicar una película de pegamento “epoxy” en los tableros de montaje “PCB” para después colocar los dados en la posición y orientación correcta, una vez colocados se someten a un proceso de curado para evitar que se muevan.

Alambrado (Wire bond):

Con los dados semiconductores en posición se procede a hacer las conexiones eléctricas directamente en las conexiones del dado “pads” a los puertos del tablero de montaje “PCB”, esto se hace con un alambre conductor muy fino de oro o algún otro material que conduzca muy bien la electricidad.

Montaje Inferior “Backend” consta del siguiente proceso:

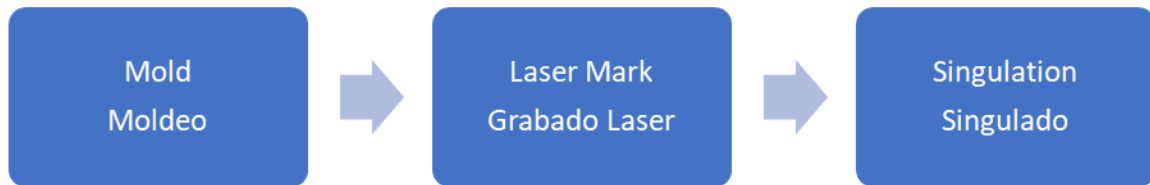


Figura 5 Proceso de montaje inferior

Moldeo (Mold):

En esta área se coloca el plástico protector de color negro, que es característico en los semiconductores, para proteger los dispositivos internos del circuito integrado, se cubre toda la sección donde se encuentran los componentes.

Grabado Laser (Laser Mark):

Se identifica el producto con su número de parte, lote, fecha, logo, punto de orientación etc. mediante el uso de una cabeza laser que graba todos los circuitos que se encuentran todavía en el tablero de montaje “PCB” sobre el que se han realizado todos los procesos anteriores.

Singulado (Singulation):

Se recortan los circuitos integrados para que puedan ser manejados de manera individual, a partir de este punto los paquetes ya no comparten el tablero de montaje y se encuentran listos para que se les realicen las pruebas de funcionamiento.

Prueba eléctrica “Test” consta de los siguientes procesos:

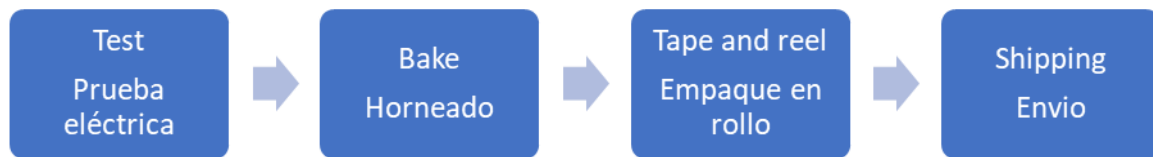


Figura 6 Proceso de prueba eléctrica

Prueba eléctrica (Test):

En esta área se simulan las condiciones eléctricas en las que los microcircuitos van a trabajar, se verifican la respuesta a los estímulos eléctricos y señales que son generados por los equipos de prueba “Tester” los microcircuitos son manipulados de manera individual por las manejadoras “Handlers” que a su vez mantienen una comunicación constante con el equipo de prueba “Tester” que permiten segregar los dispositivos que cumplen con las especificaciones eléctricas y los que no cumplen.

De esta manera se asegura que todos los componentes que se envían a los clientes son 100% funcionales, una vez que pasaron por todos los procesos de fabricación.

Es precisamente en esta área donde se tiene la necesidad de eliminar la contaminación de los productos BGA “Ball Grid array” para poder contar con un mejor desempeño de los productos.

Curado (Bake):

Se somete el material a ciclos térmicos predeterminados para la eliminación de la humedad interna que pudiera haber adquirido en alguno de los procesos anteriores.

Empaque en rollo (Tape and reel):

Los microcircuitos son colocados en rollos de plástico con equipos automatizados, además se verifica información de número de parte, lote, orientación y se verifica que no tengan detalles cosméticos (rayones, despostillados etc...) y se preparan para ser enviados a los clientes.

Envío (Shipping):

Esta área se encarga de colocar el producto en su empaque final, con bolsas de vacío y cajas selladas, para ser almacenadas y posteriormente enviadas al cliente para su utilización en los diferentes dispositivos donde realizar una función específica.

2.3 PROCESO DE FABRICACION DE MICROCIRCUITOS TIPO BGA (Ball grid array)

Además de los procesos de fabricación descritos en el capítulo anterior a continuación se presentan los cambios mas significativos para el proceso de fabricación de los productos tipo BGA.

El proceso de pegado de esferas tiene lugar entre las etapas de grabado laser “Laser Mark” y singularización de los paquetes “Singulation” como se muestra en el diagrama de bloques de a continuación:

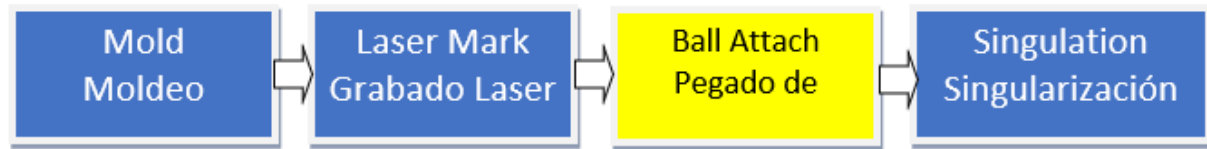


Figura 7 Proceso de fabricación de microcircuitos BGA

El proceso de pegado de esferas “Ball Attach” se describe en el siguiente diagrama de bloques:

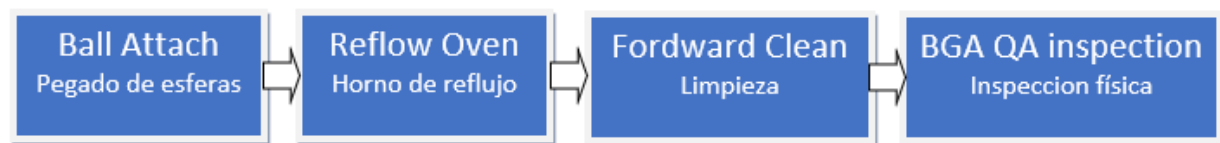


Figura 8 Proceso de pegado de esferas

Pegado de esferas (Ball Attach):

El pegado de esferas se realiza mediante el uso de plantillas “fixtures” a medida de acuerdo al modelo y el arreglo específico de cada modelo del paquete a fabricar, las esferas de estaño son colocadas sobre las plantillas “fixtures” que estos a su vez solo permiten el paso de una sola esfera en las posiciones correctas con las que se realizara la conexión a la base del tablero “PCB”, una vez colocadas las esferas en sus posiciones, estas se mantienen en su posición de manera temporal gracias a el uso de un agente limpiador de oxido para la optimización del proceso de soldadura “Flux”, después de que las esferas ya están en posición se remueven las plantillas “fixtures” y se envía el material al siguiente paso del proceso.

Horno de reflujo (Reflow Oven):

El horno de reflujo cuenta con una banda de rejilla metálica por donde se hace pasar el material atreves de sus diferentes zonas con diferentes temperaturas previamente establecidas de acuerdo a un perfil que permita la correcta unión de las esferas a los contactos eléctricos del tablero “PCB”.

Limpieza (Forward Clean):

Con las esferas en su posicion correcta y unidas por medio de temperatura aplicada a los tableros “PCB” mediante el horno de reflujo, se procede a realizar una limpieza mediante químicos a los tableros “PCB” para remover los excesos del agente limpiador de oxido “flux” y con esto completar el proceso de pegado de esferas en los tableros “PCB”.

Inspeccion fisica (BGA QA Inspection):

Con el proceso de pegado de esferas completo se procede a realizar una inspección física de las esferas para verificar que su posición y estado sean los correctos tanto en su ubicación de cada esfera, así como la integridad de las mismas.

2.4 EQUIPOS DE LIMPIEZA DISPONIBLES EN EL MERCADO

En la actualidad no existen equipos disponibles en el mercado que permitan remover la contaminación generada durante el proceso de fabricación en microcircuitos individuales, las únicas opciones disponibles son para limpieza de tableros completos que comprenden plantillas completas de microcircuitos como los descritos a continuación:

El equipo Hyper-swash de la compañía PBT ubicada en Republica Checa, se utiliza para limpieza de tableros electrónicos completos solamente y no es capaz de eliminar contaminación en productos BGA individuales, únicamente en tableros de dimensiones más grandes.

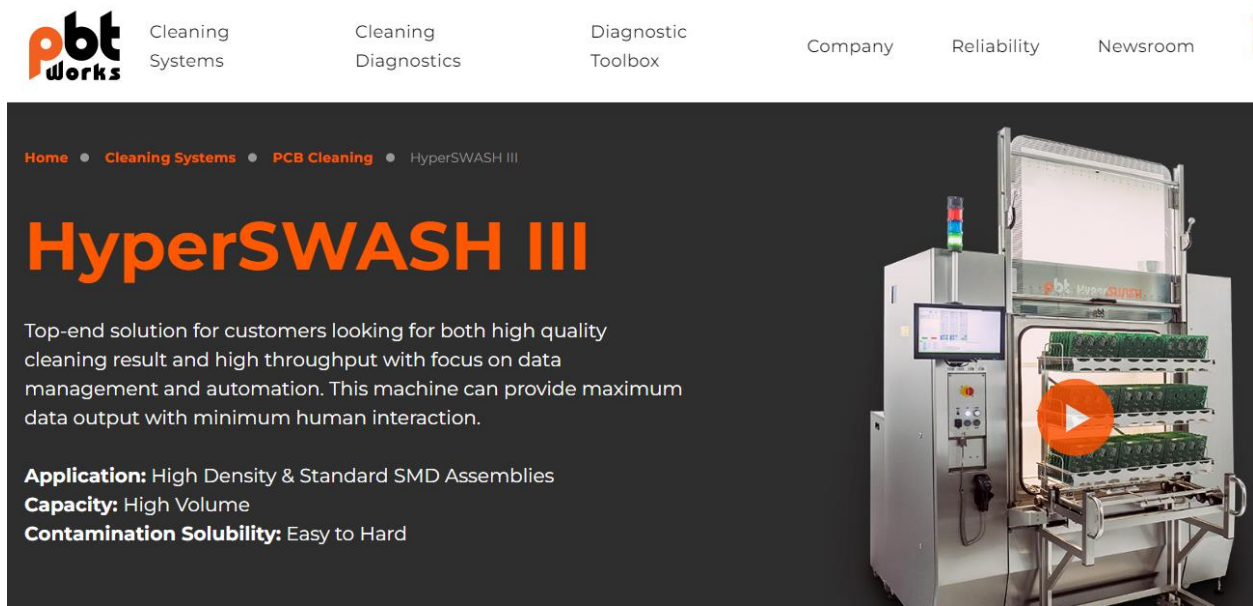


Figura 9 Máquina lavadora de tableros HyperSWASH III



Figura 10 Máquina lavadora de tableros HyperSWASH

<https://www.pbt-works.com/cleaning-systems/pcb-cleaning/hyperswash-iii>

Actualmente en la empresa se cuenta con un equipo Galaxy Plus 24" de doble banda que se utiliza para la limpieza de los tableros de montaje (PCB) donde se ensamblan algunos productos, pero esto solo aplica para otro tipo de tecnologías como QFN (Quad Flat No Lead), no aplica para los nuevos productos BGA (Ball Grid Array).



Technical Devices Galaxy Plus 24" double belt PCB cleaner

Figura 11 Máquina lavadora de tableros Galaxy Plus 24

<https://www.wotol.com/product/technical-devices-galaxy-plus-24-double-belt-pcb-cleaner/2371520>

2.5 CONCEPTOS BASICOS DE AUTOMATIZACIÓN (LabVIEW)

Automatización, es poder hacer que algo se controle de manera autónoma o semiautónoma, para lograrlo esto es necesario contar con algunos elementos, ya sea creados por los seres humanos o provenientes de la naturaleza (mecánico, hidráulico, neumático, eléctrico, electrónico analógico o digital), que dependerán del presupuesto para automatizar, por razones lógicas de seguridad y rendimiento del mismo.

En este capítulo se introduce el concepto de LabVIEW, que es una herramienta muy poderosa en el ámbito de la instrumentación virtual, que es una opción muy importante

que nos permite adquirir información de señales externas y procesarlas para poder tomar decisiones dentro de un sistema de control, todo esto en un ambiente virtual.

La instrumentación virtual es un concepto introducido por la compañía National Instruments. En el año de 1983, Truchard y Kodosky, de National Instruments, decidieron enfrentar el problema de crear un software que permitiera utilizar la computadora personal (PC) como un instrumento para realizar mediciones. Tres años fueron necesarios para crear la primera versión del software que permitió, de una manera gráfica y sencilla, diseñar un instrumento en la PC. De esta manera surge el concepto de instrumento virtual (IV), definido como, "un instrumento que no es real, se ejecuta en una computadora y tiene sus funciones definidas por software." (National Instruments. A este software le dieron el nombre de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, más comúnmente conocido por las siglas LabVIEW. A partir del concepto de instrumento virtual, se define la instrumentación virtual como un sistema de medición [13]. análisis y control de señales físicas con un PC por medio de instrumentos virtuales. LabVIEW, el primer software empleado para diseñar instrumentos en la PC, es un software que emplea una metodología de programación gráfica, a diferencia de los lenguajes de programación tradicionales. Su código no se realiza mediante secuencias de texto, sino en forma gráfica, similar a un diagrama de flujo. Clark, Cockrum, Ibrahim y Smith (1994), señalan que LabVIEW es un lenguaje de programación gráfica, que se ejecuta a velocidades comparables con programas compilados en C; igualmente mencionan que un instrumento virtual es un módulo de software, realizado gráficamente para que parezca un instrumento físico; tiene un panel frontal que sirve como interface interactiva para entradas y salidas, un diagrama de

bloque que determina la funcionalidad del IV. Resaltan estos autores, como característica muy importante del LabVIEW que, por ser conceptualmente simple, los estudiantes se pueden concentrar en el contenido básico del experimento, no perdiendo tiempo en actividades menos importantes, como la recolección de datos. Un instrumento tradicional, se caracteriza por realizar una o varias funciones específicas que no pueden ser modificadas. Un IV es una combinación de elementos de hardware y software usados en una PC, que cumple las mismas funciones que un instrumento tradicional. A diferencia de un instrumento convencional, un IV es altamente flexible y puede ser diseñado por el usuario de acuerdo con sus necesidades y sus funciones pueden ser cambiadas a voluntad modificando el programa. Estas características de los instrumentos virtuales los convierten en una herramienta didáctica muy importante para aplicarse en el aprendizaje de los estudiantes de las ciencias naturales y de ingeniería [13].

Por lo tanto, LabVIEW es una herramienta muy accesible tanto para el ambiente educativo gracias a su flexibilidad para adaptarse a las nuevas tecnologías y su bajo costo, comparado con los instrumentos tradicionales que son mucho más costosos, como para el ambiente de prototipado rápido como es el caso, ya que en ocasiones es necesario realizar propuestas que sean factibles y sin tener la necesidad de tener que invertir importantes cantidades de dinero para la verificación de los comportamientos de un sistema en particular.

2.6 DIFERENTES TIPOS DE CONTROLES AUTOMATICOS

El desarrollo de las diferentes tecnologías (mecánica, eléctrica, química etc.) ha dado lugar a una paulatina elevación de la complejidad de los sistemas e hizo que fuesen muchas variables físicas que necesitan ser vigiladas y controladas, esta actividad no puede ser realizada de forma directa por el ser humano debido a que carece de suficiente capacidad de acción mediante sus manos y de sensibilidad y rapidez de respuesta a los estímulos que reciben sus sentidos, por esta razón se planteo el desarrollo de equipos capaces de procesar y memorizar variables físicas, que constituyen los sistemas de tratamiento de información, de hecho, la necesidad de estos sistemas se remonta a los primeros estados de desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, pero fue el descubrimiento de la electricidad y su posterior dominio tecnológico mediante la electrónica que permitió el desarrollo de sistemas que memorizan y procesan información mediante señales eléctricas con un consumo energético muy pequeño que ha permitido reducir su tamaño y costo [1].

A continuación, se muestra la clasificación de los controladores lógicos:

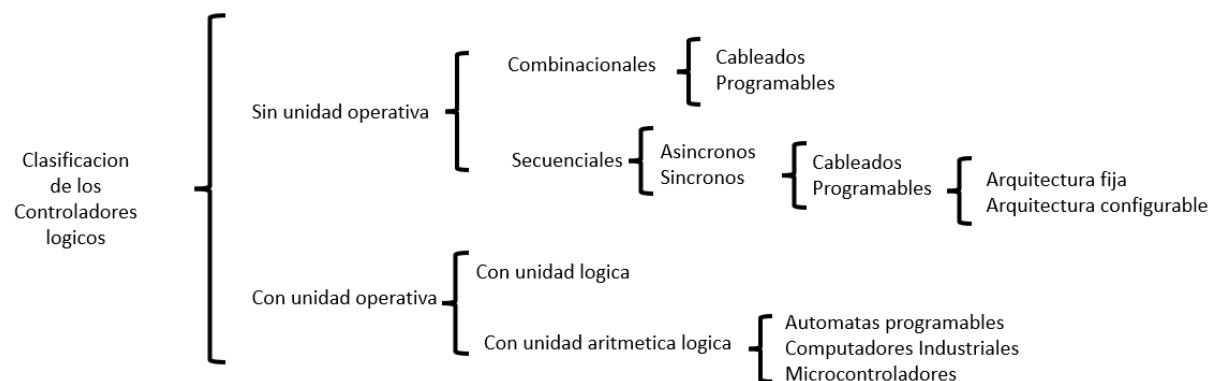


Figura 12 Clasificación de controladores lógicos

No es la intención el describir todos y cada uno de ellos, sino que nos enfocaremos en el tipo de control que utilizamos para el desarrollo del sistema de eliminación de contaminantes BGA, nos referiremos al control del tipo “Autómatas Programables”.

Control lógico Autómata Programable:

Los controles autómatas programables cuentan con una unidad lógica además de módulos de entrada y salida que les brinda una gran versatilidad y surgieron como una respuesta a los elevados costos de las computadoras para facilitar la utilización de los controladores lógicos de procesos industriales [1].

Modularidad de entradas y salidas:

La modularidad es un concepto tecnológico que hace referencia a la capacidad de un sistema para ampliar sus prestaciones añadiendo elementos sin necesidad de modificar los ya existentes, en el caso de los autómatas programables se trata de su

capacidad particular de poder elevar su número de entradas y salidas tanto digitales como analógicas [1].

Confiabilidad de los sistemas de electrónicos de control:

El aumento de la capacidad de integración de circuitos integrados gracias al desarrollo de la Microelectrónica, ha disminuido el costo del hardware de los sistemas electrónicos, esto ha provocado que los controladores autómatas programables en particular se utilicen para llevar a cabo el control de numerosos procesos industriales en lo que es muy importante tener en cuenta la garantía del funcionamiento, también denominada confiabilidad “dependability” que se define como la propiedad que permite al usuario de un sistema tener una confianza justificada en el servicio que proporciona. La confiabilidad es un concepto complejo que está relacionado con diversos atributos de los sistemas como son la fiabilidad “Reliability”, la disponibilidad “Availability”, la seguridad ante averías “Safety”, la protección de la propiedad intelectual o ante sabotajes “Security” además de la verificabilidad “Testability” entre otras [1].

Esta es la principal razón por la que se seleccionó este tipo de control para la solución propuesta, para que nos pudiera brindar la seguridad necesaria para los operarios además de poder contar con un sistema confiable que pudiera realizar el proceso de limpieza adecuadamente.

2.7 TIPOS DE SENSORES Y ACTUADORES

Sensores Industriales:

Para que un sistema pueda controlar un proceso o un producto industrial es necesario que reciba la información adecuada de la evolución de determinadas variables físicas del mismo, cabe señalar que la gran mayoría no son eléctricas como por ejemplo la temperatura, la presión, el nivel de un líquido o de un sólido, la fuerza, la radiación luminosa y la posición, velocidad, aceleración o desplazamiento de un objeto etc. Por tal motivo el acoplamiento entre el sistema electrónico y el proceso productivo se debe realizar a través de dispositivos que convierten las variables no eléctricas en eléctricas, estos dispositivos reciben diferentes nombres tales como captador “Receiver”, detector “Detector”, Transductor “transducer”, transmisor “Transmitter”, sonda y sensor “Sensor”, siendo este último el más utilizado por los fabricantes de sistemas electrónicos de control en general [2].

Por lo tanto, un sensor es un dispositivo o elemento que convierte una variable física no eléctrica en otra eléctrica que contiene información correspondiente a la primera [2].

A continuación, se muestra la clasificación de los sensores según su tipo [2]:

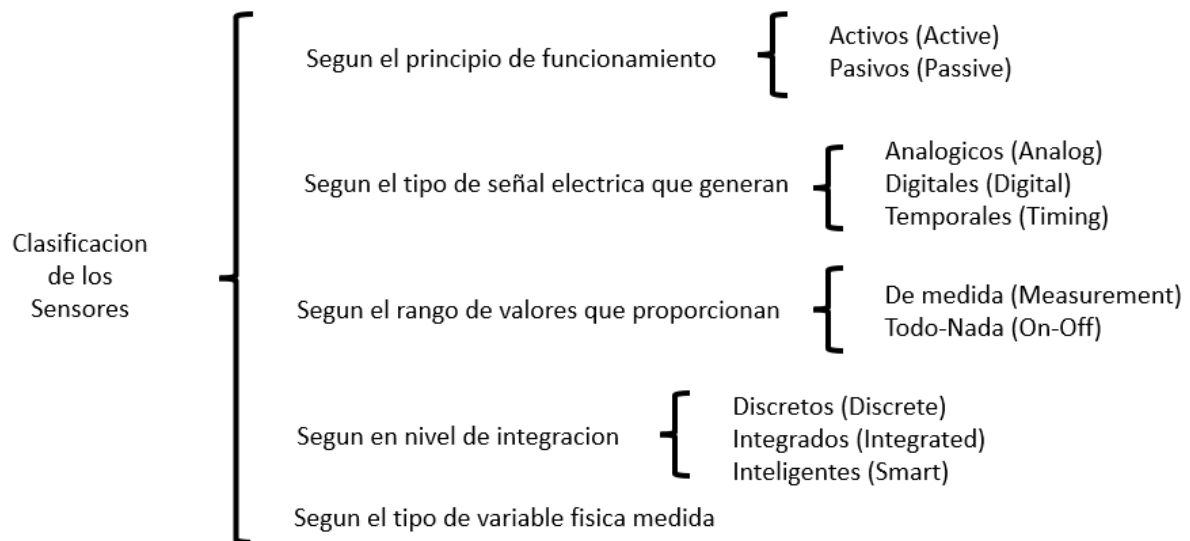


Figura 13 Clasificación de sensores

Clasificación de los sensores según el principio de su funcionamiento [2]:

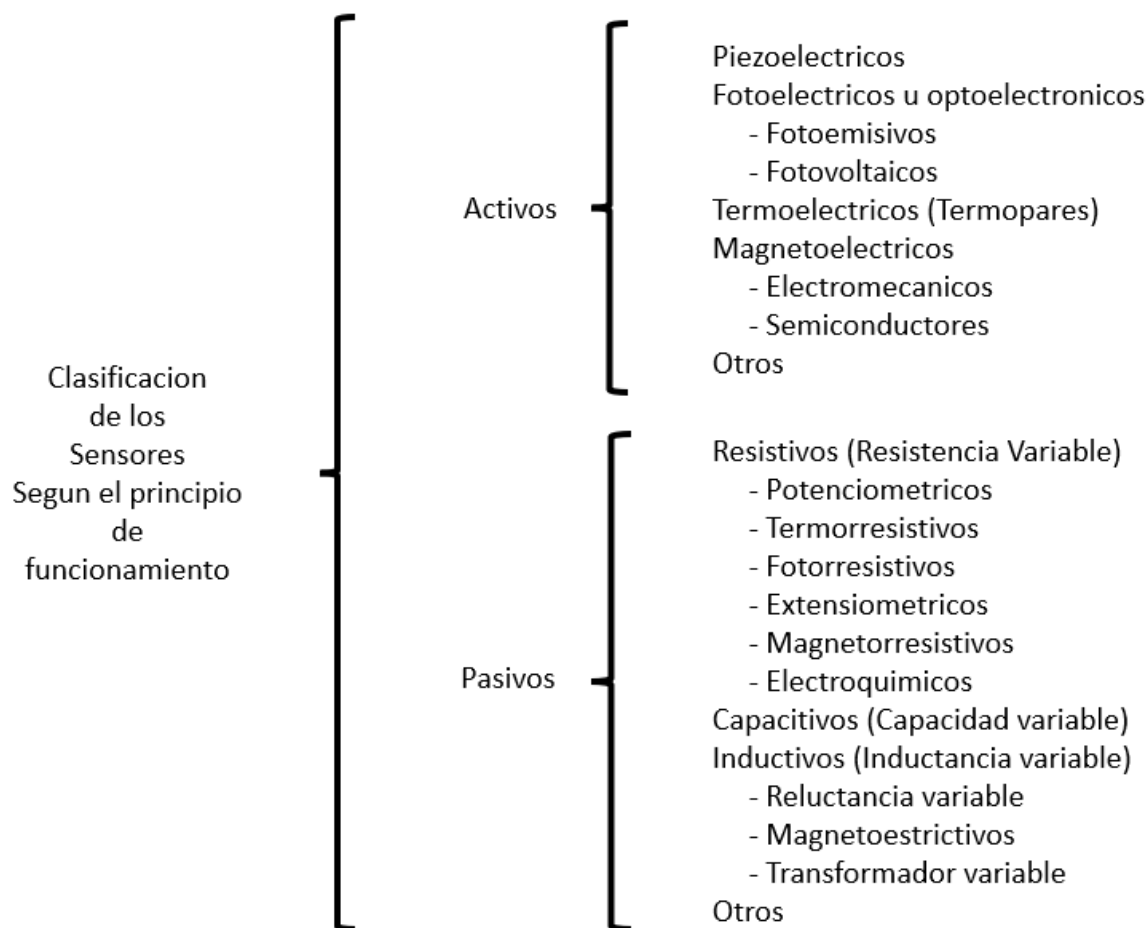


Figura 14 Clasificación de sensores según principio de funcionamiento

Para el caso particular del desarrollo del sistema de eliminación de contaminantes de productos BGA los tipos de sensores que se utilizaron fueron los siguientes:

Inductivos: Para detectar el correcto posicionamiento de los actuadores neumáticos y de las partes mecánicas del sistema.

Resistivos: Para la detección de la posición de líquido (mezcla del agente limpiador).

Opto eléctricos: Para la detección de posición de las charolas que contienen el material BGA a ser procesado.

Actuadores:

Un actuador es un dispositivo mecánico cuya función es la de proporcionar energía para mover en forma lineal o rotacional a un sistema mecánico, dependiendo de la fuente de donde provenga la energía el actuador se clasifica en eléctrico, neumático e hidráulico [6].

Para el caso particular de el desarrollo de nuestro sistema se utilizaron los siguientes tipos de actuadores:

Motor eléctrico:

Encargado de transformar energía eléctrica en movimiento rotacional que se utilizó para hacer girar el rodillo de cerdas especiales tipo ESD por medio de un mecanismo de poleas y bandas, además de otro tipo de motor instalado en la bomba recirculante para proveer la dosificación del agente limpiador.

Pistón Neumático:

Este dispositivo convierte la energía neumática en movimiento lineal, para nuestro caso particular se utilizaron diversos actuadores para el control de los movimientos necesarios para realizar el proceso de limpieza, todos ellos controlados por un control automático a través de unas válvulas.

3 SELECCION DE ELEMENTOS A UTILIZAR Y PROPUESTA PRELIMINAR

3.1 SELECCIÓN DE METODO DE LIMPIEZA A UTILIZAR

Para la selección del método de limpieza a utilizar se realizaron experimentos para determinar si era factible eliminar o reducir el nivel de contaminación en los productos BGA, así como el de poder evaluar que tan efectivo seria este método, para poder tomarlo como base en el desarrollo de una solución que fuera capaz de cumplir con los objetivos planteados para este trabajo.

Para dichos experimentos se tomó como base un modelo de producto BGA específico (Producto A) que sería nuestro vehículo de prueba que se utilizaría en futuras pruebas para la verificación de la efectividad de la solución propuesta a nuestra problemática.

El agente químico con el que se desarrollaron los experimentos de limpieza preliminares fue alcohol isopropílico de grado industrial, el método de aplicación y limpieza fue utilizar una brocha de una pulgada de ancho de cerda de camello sobre la parte inferior de los paquetes BGA impregnada del agente químico (Alcohol Isopropílico) de izquierda a derecha en un solo sentido y de arriba hacia abajo hasta cubrir la totalidad de la charola de plástico que contiene los paquetes BGA, todo esto sobre una mesa solida de metal aterrizada eléctricamente y recubierta con un tapete antiestático, el proceso se realizó en una sola pasada además de que la persona que llevo a cabo el proceso se encontraba aterrizada mediante una pulsera antiestática,

todo esto para protección tanto de la persona que realizó el procedimiento como de los paquetes BGA para evitar descargas electroestáticas.

Al realizar dicho experimento se obtuvieron los siguientes resultados:

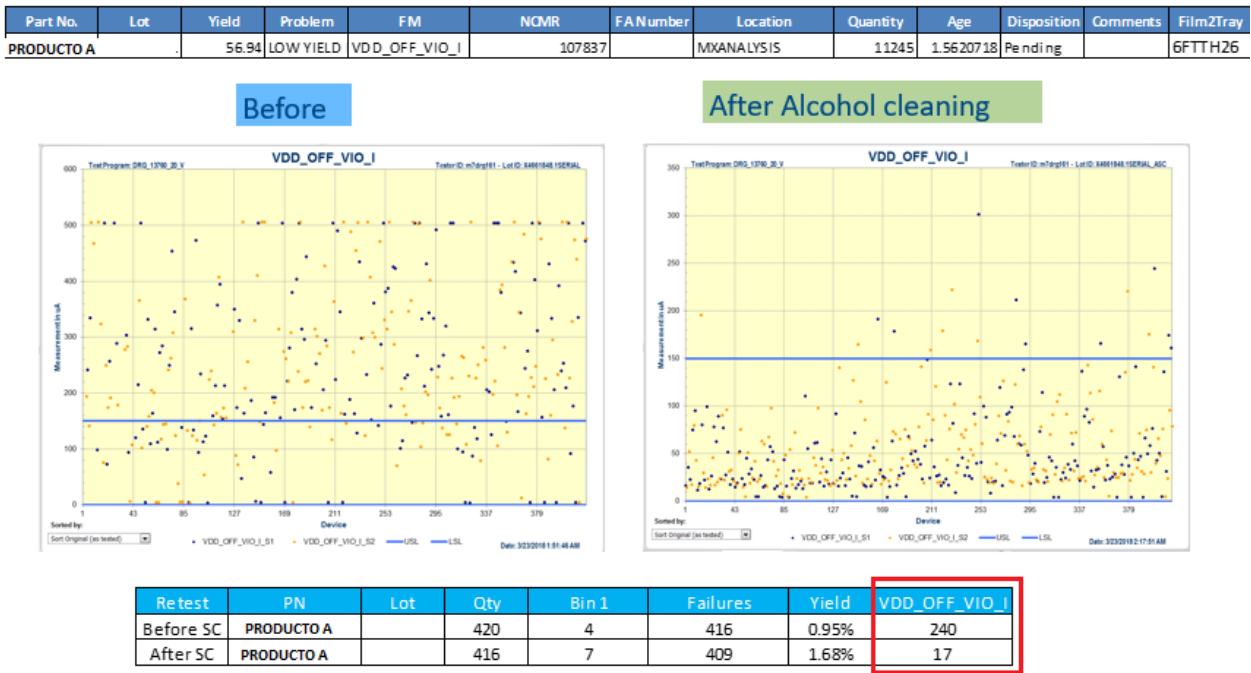


Figura 15 Comportamiento de VDD_OFF_VIO_I antes y después de limpieza con alcohol

Para la evaluación de los resultados del experimento se utilizó como referencia una prueba eléctrica “VDD_OFF_VIO_I” que tiene relación directa con el contacto eléctrico de los paquetes BGA al tablero de prueba de la probadora, siendo el umbral superior permitida “USL” de dicha prueba de 150 µA, como se pueden observar en la figura de arriba, los resultados fueron muy evidentes ya que cuando se probó el material antes del procedimiento de limpieza aplicado a los paquetes BGA se obtuvieron un total de 240 fallas de un total de 420 piezas probadas, mientras que cuando se realizó la prueba de las mismas piezas solo se obtuvieron 17 fallas de un total de 416 piezas probadas de este parámetro en particular “VDD_OFF_VIO_I” que se tomó como

referencia, demostrando con esto que si es posible remover la contaminación en los productos BGA y mejorar el nivel de contacto eléctrico y con ello reducir significativamente la cantidad de piezas que resultan como fallas en la prueba eléctrica, con esto se confirma que si es posible elevar el nivel mínimo de aceptación general “Yield” así como el nivel de aceptación de primera pasada “First Pass Yield FPY” en los productos BGA.

3.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE AGENTE A UTILIZAR

Para la selección del tipo de agente a utilizar se tomaron en cuenta varias consideraciones, si bien es cierto que se obtuvieron resultados muy buenos al utilizar Alcohol Isopropílico como pudimos observar en el punto 3.1, este procedimiento se realizó a una escala muy pequeña y bajo condiciones de laboratorio controladas, por tanto la solución propuesta debería de ser capaz de funcionar a una escala mucho mayor así como también en condiciones de piso de producción que en ocasiones no pueden ser tan controladas como las de un laboratorio.

Por lo tanto, el uso de alcohol isopropílico quedo descartado debido a su alto nivel de flamabilidad por la cantidad en la que se requiere para poder procesar las cantidades de piezas BGA que necesitan el proceso de limpieza.

Por tal motivo se realizaron pruebas con otro tipo de agentes químicos que no presentaran riesgo de flamabilidad o explosión pero que fueran capaces de remover la contaminación que nos generaba los problemas de contacto eléctrico correcto en nuestros paquetes BGA.

Se seleccionaron dos agentes químicos para realizar los experimentos, uno de ellos fue el “Simple Green” que es un líquido limpiador de propósito general, el experimento se realizó en las mismas condiciones que el experimento descrito en el punto 3.1 a una concentración de 10:1 (10 partes de agua DI por una parte de simple Green) esto por recomendación del mismo fabricante, la limpieza se realizó de forma manual, sin embargo los resultados no fueron como los esperados, ya que no se observó ninguna mejora en el nivel de contacto eléctrico, por tal motivo esta opción fue descartada.



Figura 16 Limpiador de propósito general "simple green"

<https://simplegreen.com/products/all-purpose-cleaner/>

El otro agente químico con el que se realizó el experimento fue “Dimaflow” de la compañía Keteca.

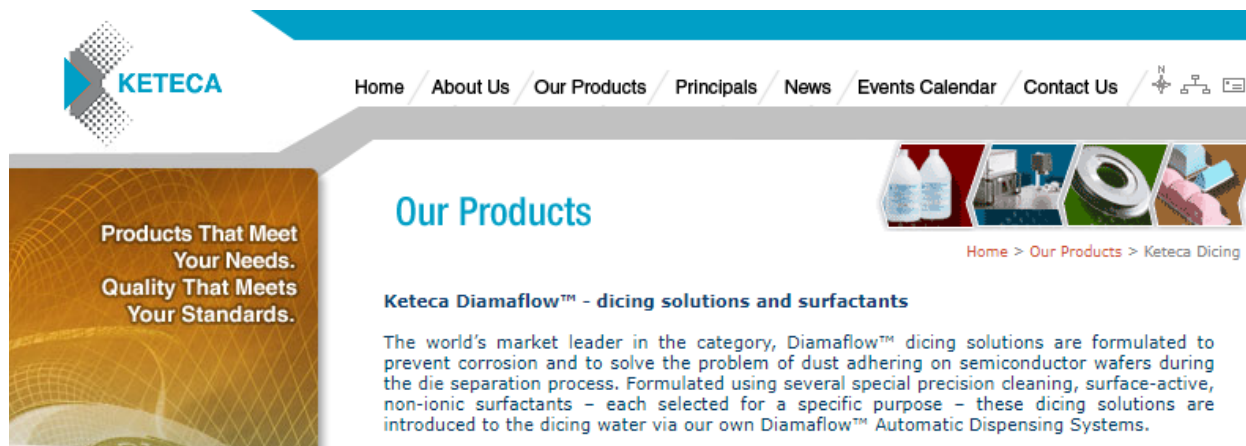


Figura 17 Agente limpiador de semiconductores "Dimaflow"

https://www.keteca.com/keteca_dicing/

Este producto es utilizado en aplicaciones de limpieza de contactos “pads” en las obleas “wafers”, cabe mencionar que este mismo producto “Dimaflow” ya se utiliza en el la empresa Skyworks en el área de cortado de obleas “wafer” como agente removedor de partículas contaminantes así como para mejorar la lubricidad de las sierras de corte utilizadas para este propósito, por lo tanto se procedió a realizar el experimento en las mismas condiciones que el experimento descrito en el punto 3.1 a una concentración de 100:1 (100 partes de agua DI por una parte de Dimaflow) esto por recomendación del mismo fabricante, la limpieza se realizó de forma manual, obteniendo resultados positivos en esta ocasión, por lo que se decidió utilizar este agente químico “Dimaflow” como elemento de limpieza de productos BGA para nuestra propuesta, es importante señalar que en esta etapa del proceso todavía no se contaba con el equipo ni el método desarrollado, sin embargo gracias a los resultados obtenidos hasta el momento, se tomó la decisión de trabajar con esta opción.

3.3 DESARROLLO DEL CONCEPTO PRELIMINAR

Para el desarrollo del concepto preliminar del sistema y método de eliminación de contaminantes para productos BGA, se tomaron en cuenta los resultados obtenidos en los experimentos descritos en los puntos 3.1 y 3.2 donde el método a utilizar sería realizar la limpieza en una sola dirección (en un solo sentido), esto para mejorar el proceso de remover la contaminación y el agente químico a considerar sería el “Dimaflow” a una concentración 100:1 (100 partes de agua DI por una parte de Dimaflow), además el sistema debería de poder reutilizar la mezcla del agente limpiador cierta cantidad de veces y poder contener la contaminación removida de los paquetes en un filtro que se pudiera remover después de una determinada cantidad de ciclos de limpieza, el sistema debería de ser automático, de fácil operación, robusto y seguro para el operador.

A continuación, se muestra el concepto preliminar desarrollado, el sistema propuesto contaba con una zona de carga automática de material, una zona de lavado mediante una bomba recirculante de la mezcla del agente químico removedor de la contaminación en un bucle cerrado con un filtro para contener la contaminación removida, además contaba con una zona de secado y una zona de descarga automática para asegurar la autonomía del equipo.



Figura 18 Concepto preliminar vista isométrica

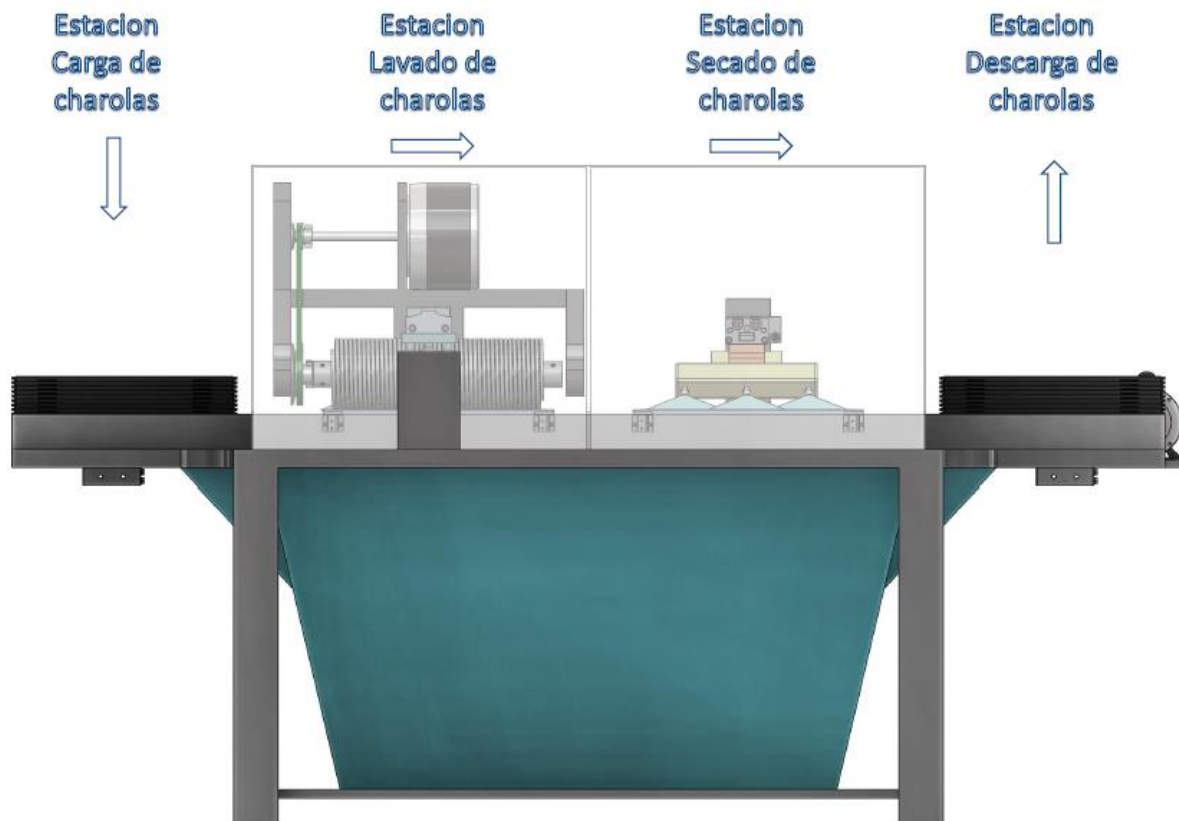


Figura 19 Concepto preliminar vista frontal

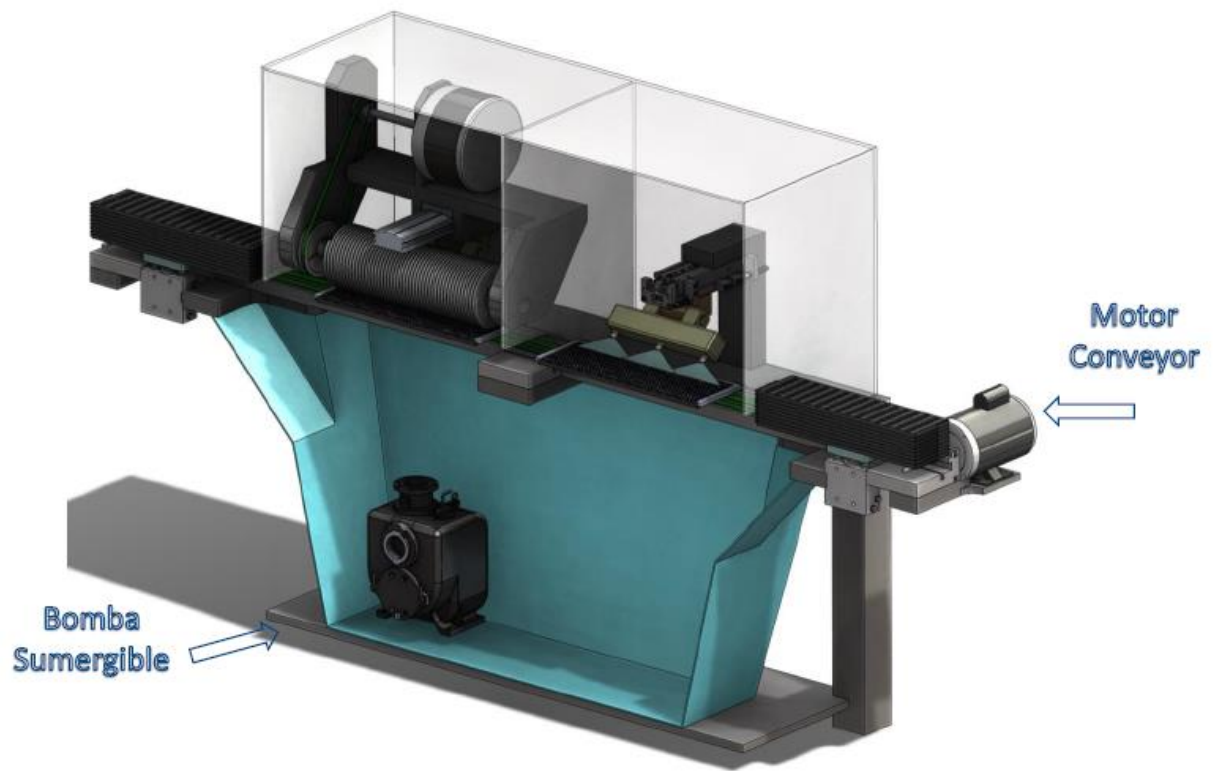
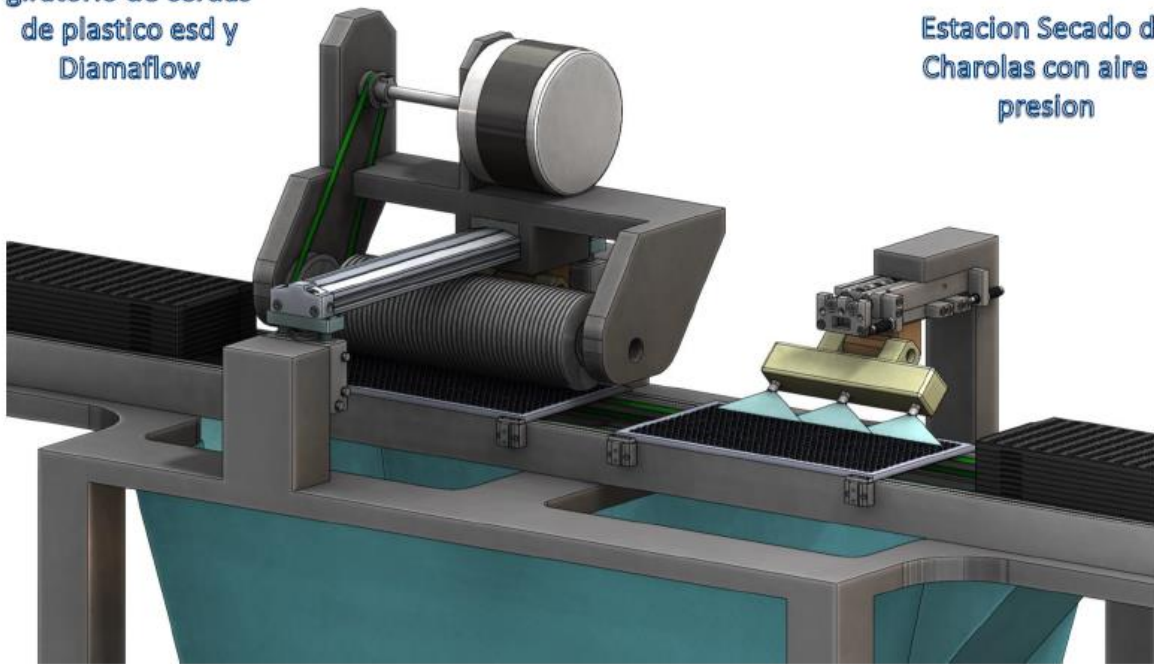


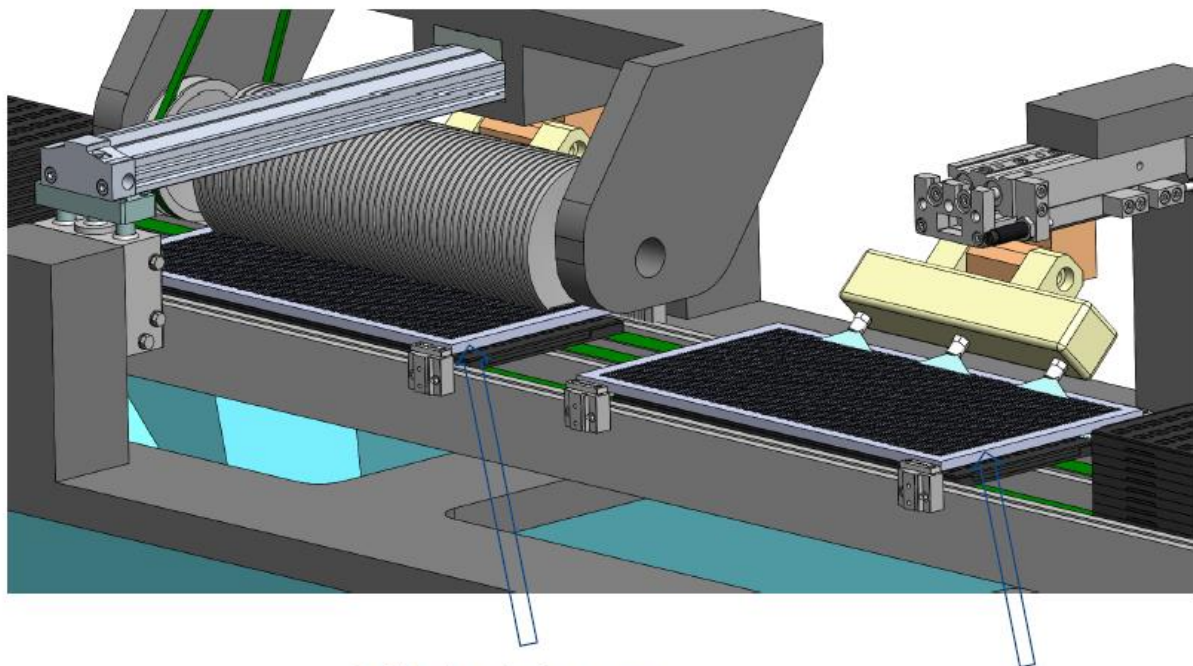
Figura 20 Concepto preliminar con corte longitudinal

Estacion Lavado de
Charolas con rodillo
giratorio de cerdas
de plastico esd y
Diamaflow



Estacion Secado de
Charolas con aire a
presion

Figura 21 Concepto preliminar estacion de lavado y secado



Rejilla de sujecion para
lavado de material

Rejilla de sujecion para
secado de material

Figura 22 Concepto preliminar rejillas de sujeción

4 MATERIALES Y METODOS

NUEVO EQUIPO DE ELIMINACION DE CONTAMINANTES

4.1 MODELADO MECANICO DE LAS PARTES Y ENSAMBLES

Para el modelado de las partes del concepto final a desarrollar se tomaron en cuenta los requerimientos y limitaciones que se tenían en espacios como en especificaciones técnicas tanto de los materiales a manejar como de los componentes seleccionados como sensores, actuadores neumáticos, motores, controles y partes móviles.

Para el modelado de las partes mecánicas y los ensambles se utilizó el programa Solidworks, este programa nos permitió verificar muchos detalles y poderlos corregir antes de proceder con la fabricación de las piezas individuales.

A continuación, se muestra el modelado mecánico de los componentes, así como de los módulos principales que conforman el sistema automático removedor de contaminantes para productos BGA.

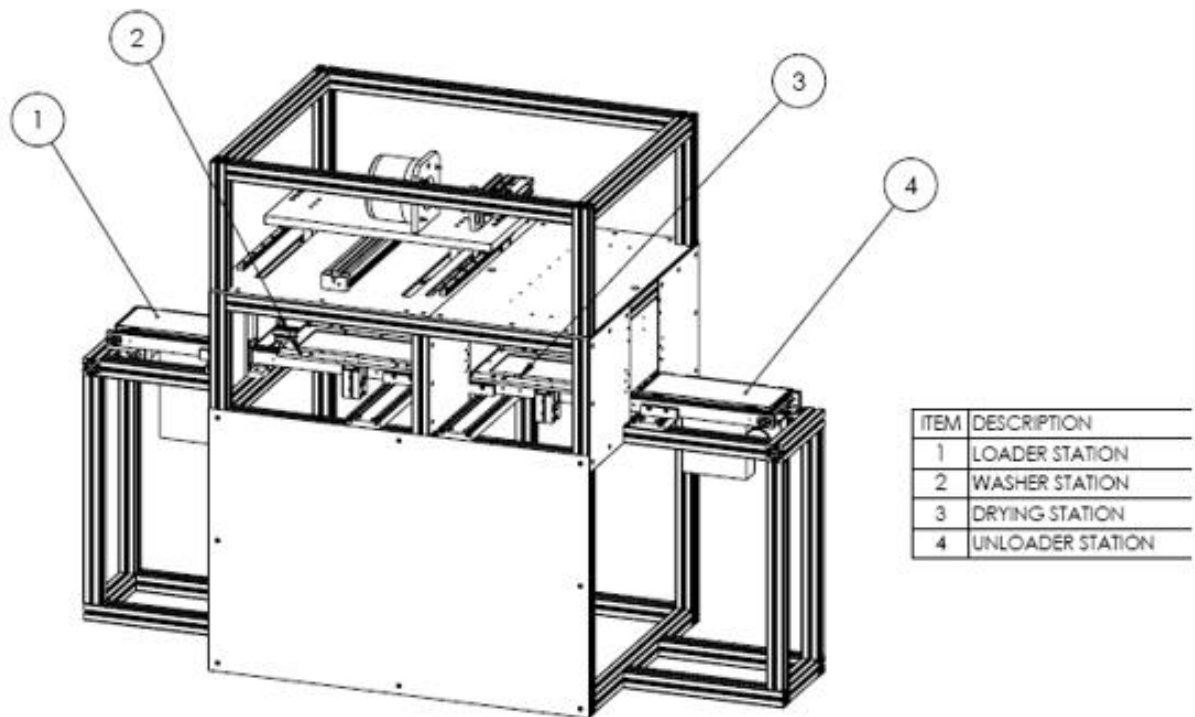


Figura 23 Modulos de carga, lavado,secado y descarga

Se puede observar la zona de carga de material “Loader station” la zona de lavado “Washer station”, zona de secado “Drying station” así como la zona de descarga “Unloader station”, todo esto unido y soportado por una estructura de aluminio extruido de 50mm que conforma la estructura periférica de este sistema.

Mas adelante serán descritos las diferentes estaciones y componentes que conforman este cada uno de los módulos de este equipo eliminador de contaminantes para productos BGA.

4.2 FABRICACION DE LAS PIEZAS MECANICAS

A continuación, se muestra el detalle y se describen las funciones de algunos de los principales módulos que conforman el sistema eliminador de contaminantes de productos BGA.

Módulo de carga (Loader Station):

Este mecanismo permite la separación de charolas de una en una para que puedan ser introducidas y trasportadas a través de los diferentes módulos el sistema.

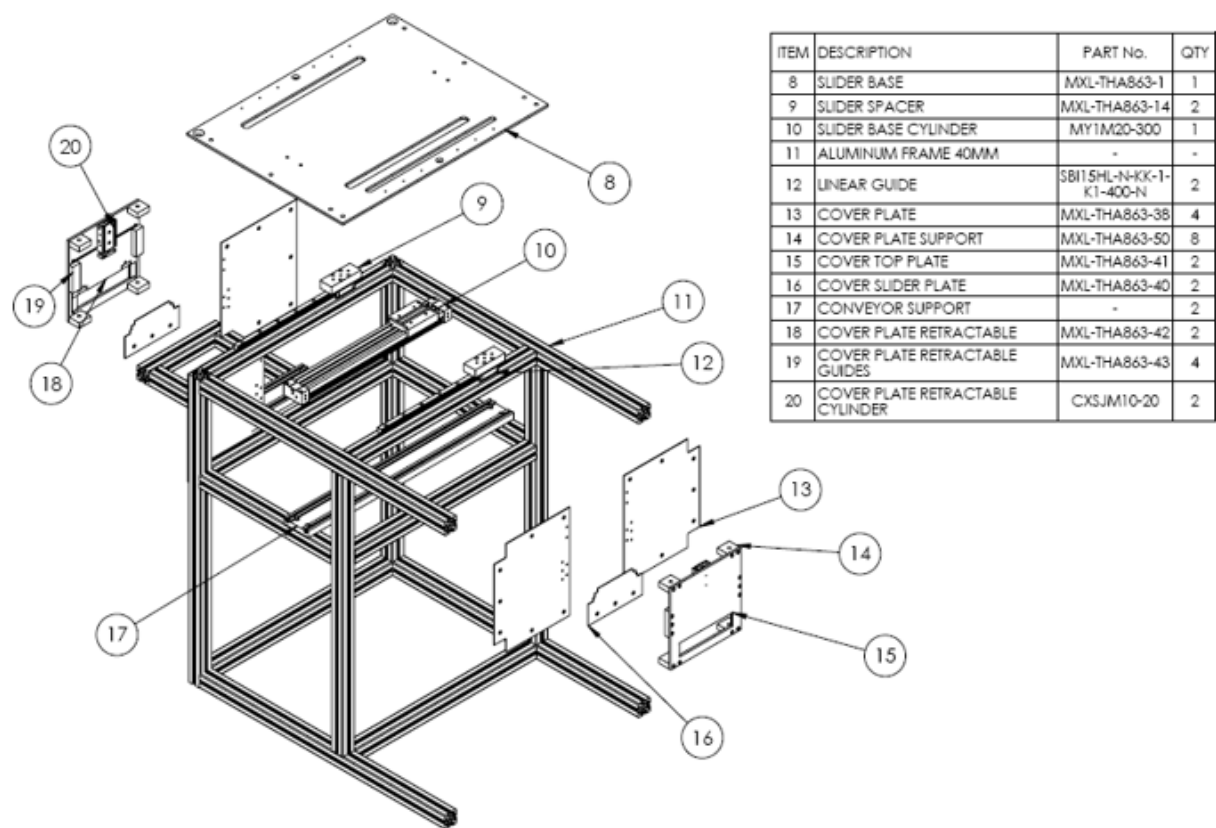


Figura 24 Modulo de carga de material

Estación de lavado (Washer Station):

Esta estación cuenta con una base “Loader base” que permite mantener los elementos en su posición, además de un riel “washer station conveyor” que permite trasportar el material en charola a ser procesado y un mecanismo de lavado “Washer Mechanism Assembly” que consta de un motor y un cepillo de cerdas especiales ESD que no

genera cargas electroestáticas y que a su vez es capaz de remover la contaminación en los productos BGA.

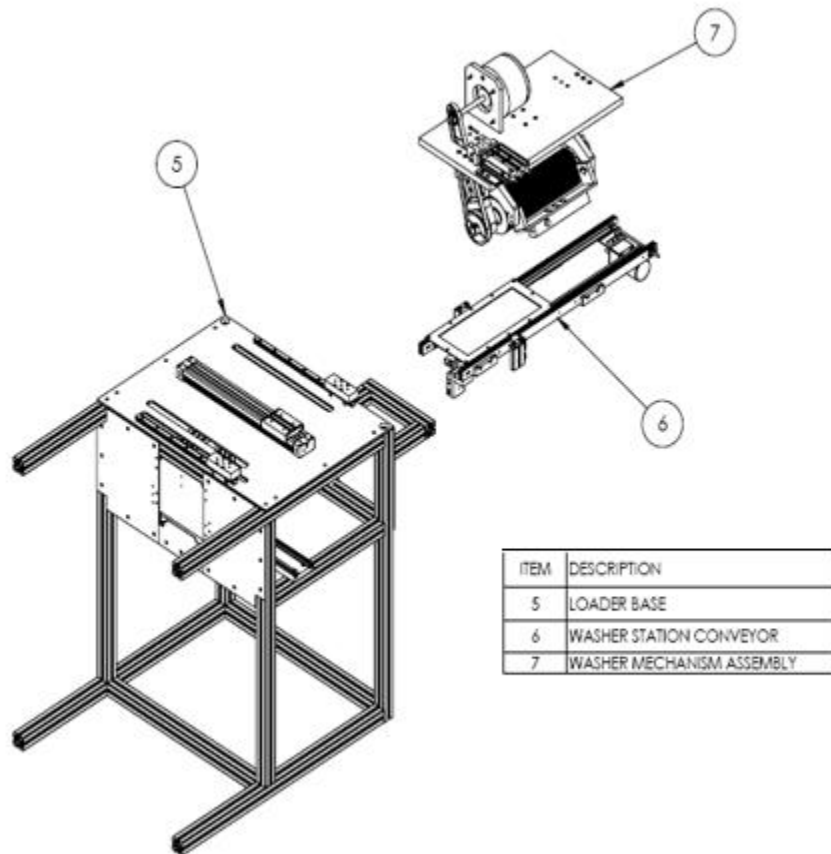


Figura 25 Modulo de lavado de material

Estación de secado (Drying Station):

Esta estación se encarga de remover el excedente del agente químico “Dimaflow” utilizado mediante aire ionizado a presión aplicado mediante unas es preas a través de un movimiento trasversal por medio de un cilindro neumático.

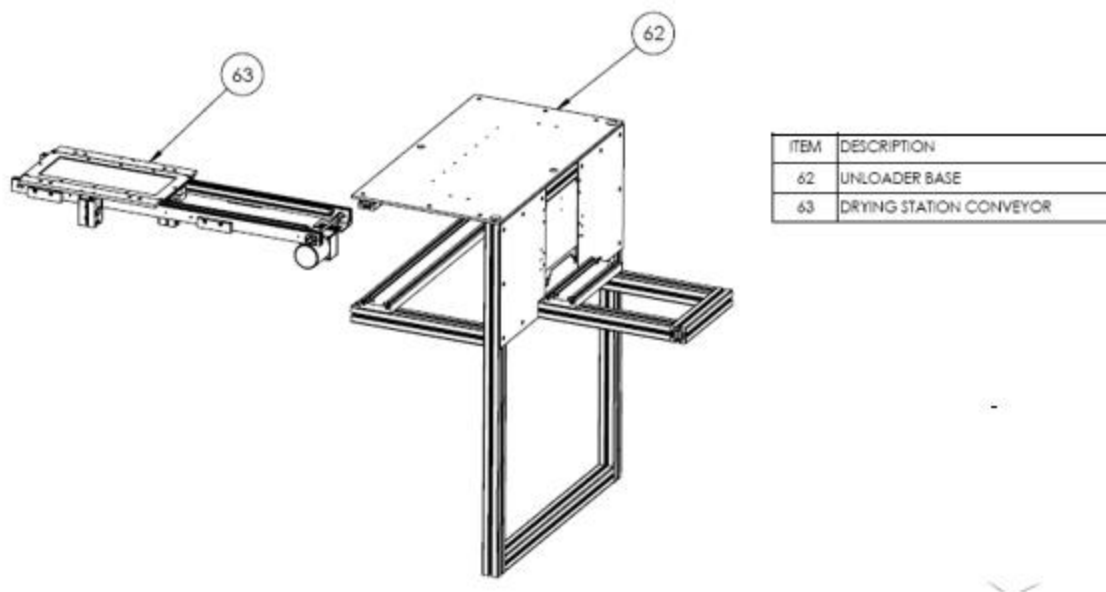


Figura 26 Modulo de secado de material

Zona de descarga (Unloader):

Este mecanismo se encarga de apilar y almacenar el material que ya fue procesado mediante un riel que trasporta el material fuera de la cámara de procesamiento y de un pistón neumático que va levantando las charolas de material conforme van saliendo del sistema.

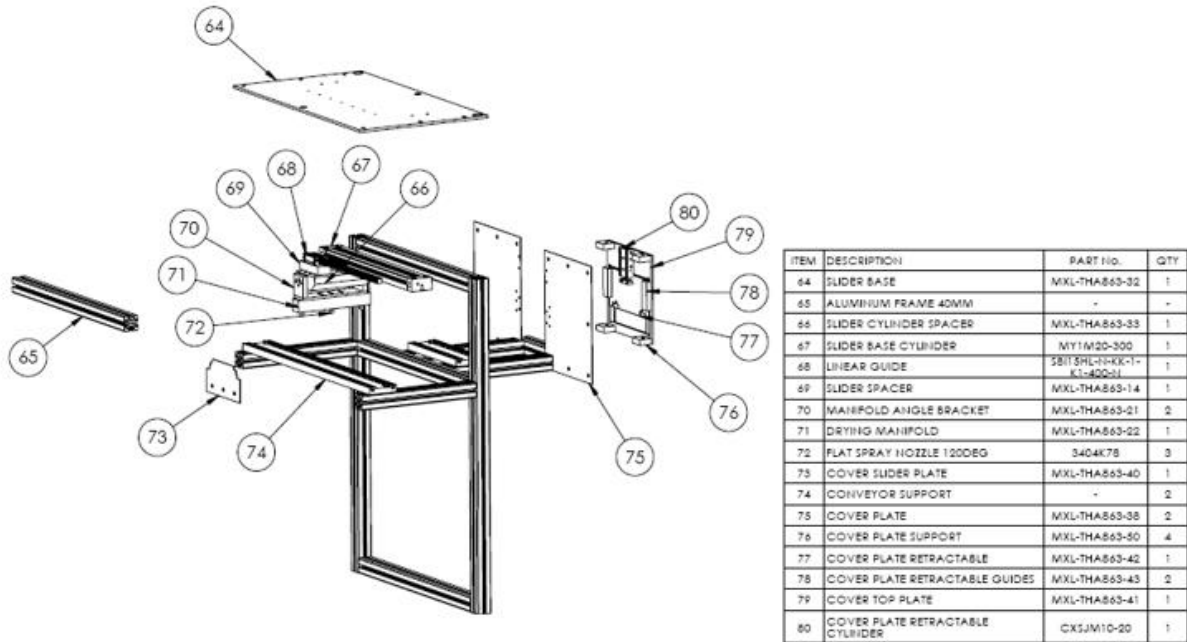


Figura 27 Modulo de descarga de material

4.3 ENSAMBLE DEL PROTOTIPO

Una vez que se contaba con las partes mecánicas fabricadas así como los accesorios que complementarían el sistema, se procedió con el ensamble del prototipo, todas las piezas fueron colocaron sobre una estructura tubular en acero inoxidable diseñada y fabricada a medida para este sistema en particular, dicha estructura debería contar con la rigidez y la fuerza que le darían la estabilidad y durabilidad requerida para este proceso, a continuación se muestra una imagen del sistema con sus módulos expuestos para tener una mejor referencia de como esta constituidos y ensamblados los diferentes módulos.

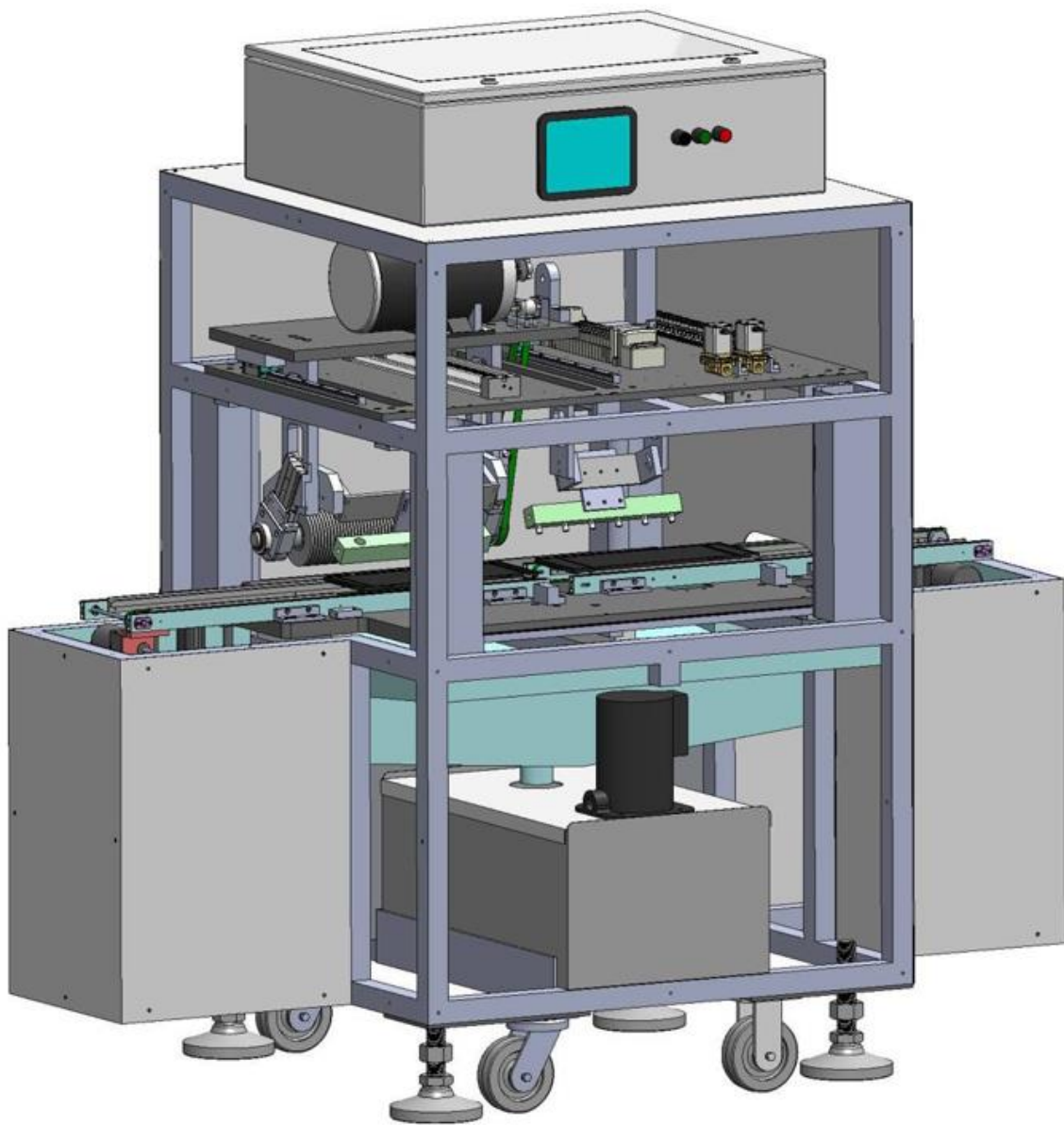


Figura 28 Sistema de eliminación de contaminantes

En la sección inferior de la estructura se fabricó e instaló un tanque de recuperación de agente limpiador que a su vez cuenta con una bomba recirculante que nos permite poner en movimiento en un ciclo cerrado al agente limpiador, además se instaló una tina longitudinal recuperadora también en acero inoxidable que nos permite retornar el agente limpiador al tanque una vez realizada su función.

En la parte central de la estructura se instaló la base principal diseñada y fabricada en aluminio (6061-T6) donde se instalarían el sistema motriz de las charolas que contienen el material a procesar, esta base también soporta los elementos del módulo de carga y descarga de material que le brindan la autonomía requerida, además esta base contiene las cubiertas de contención de los módulos de lavado y secado del material y todos los sensores de posición necesario para el traslado del material desde la entrada hasta la salida del sistema.

En la siguiente sección hacia arriba de la estructura se instalaron los pistones de movimiento del módulo de lavado y secado, además del motor de potencia encargado de proporcionar la fuerza motriz al cepillo de giro utilizado en el proceso de limpieza del material, es precisamente en esta sección donde se encuentra el mecanismo de ajuste automático de la banda, este mecanismo permite que el sistema realice la función de remover los contaminantes en un solo sentido, lo cual es indispensable para poder obtener los resultados esperados, cabe mencionar que este mecanismo de ajuste automático de banda no existe en otros sistemas y por lo tanto no existe referencia alguna, esto se convirtió en un reto importante para poder realizar los ajustes mecánicos y lograr la sincronía correcta de los mecanismos involucrados para obtener el resultado deseado.

Otro reto importante sin lugar a dudas fueron el diseño y fabricación de las mallas de sujeción y contención de los módulos de lavado y secado, tomando en cuenta que su principal función son la de permitir al agente químico estar en contacto con el producto a ser procesado, pero a su vez debe mantenerlos en su posición dentro de su contenedor y al mismo tiempo no permitir daño alguno en sus contactos.

Finalmente en la sección superior se instaló el gabinete de control del sistema que contiene el control lógico programable “PLC”, responsable de controlar todas las funciones del sistema, además de un módulo de interface “MMI” que le permite al operador manipular al sistema y visualizar el estado del mismo en todo momento, en este gabinete de control también se encuentran los controladores de los motores así como el interruptor principal y la etapa de potencia de los diversos accesorios que hacen posible el correcto funcionamiento del sistema.

A continuación, se muestran algunas imágenes del modelo del sistema ya ensamblado.



Figura 29 Vistas de sistema de eliminación de contaminantes

4.4 PRUEBAS PRELIMINARES Y AJUSTES

En lo que se refiere a pruebas preliminares y ajustes, una vez que se terminó con el ensamblado del sistema se realizaron las primeras corridas en vacío, esto es sin material solo simulando los movimientos, esto se hizo para depurar los problemas tanto de los diferentes ajustes mecánicos como del programa de control, en lo que se refiere a este último (programa de control) se realizaron más de 40 iteraciones hasta encontrar la versión final que se utilizaría para controlar el sistema, en la sección de los ajustes mecánicos, como se mencionó en el punto 4.3 los principales retos fueron por un lado el mecanismo de ajuste automático de la banda, responsable de transmitir la fuerza motriz del motor de giro al cepillo rotativo de limpieza que como ya se mencionó, no se cuenta con una referencia previa de este tipo de mecanismos puesto que no existen en el mercado, el otro reto importante como se mencionó previamente fue el ajuste las mallas de sujeción y contención de los módulos de lavado y secado, ya que tienen una función muy importante, que es la de salvaguardar la integridad del producto a procesar y a su vez permitir al agente químico remover la contaminación de la zona de los contactos eléctricos.

Otro problema importante a resolver fue la problemática que tuvimos para la detección de las charolas tanto en la estación de lavado como en la de secado, ya que inicialmente se considera sensores ópticos de haz de luz “Thru Beam”, pero este tipo de sensores tienden a fallar en este tipo de ambiente, esto debido a la difracción de luz provocada por las gotas de la solución del agente químico utilizado durante la limpieza, en su lugar fue necesario modificar el sistema para utilizar sensores del tipo inductivo que nos permitieran detectar correctamente la posición de las charolas de contención

de material en todo momento, de esta forma el control podía operar de manera adecuada, evitando fallas y brindando estabilidad al sistema.

Por último se desarrollaron varios experimentos para poder encontrar la mejor combinación y secuencia requerida para poder obtener los resultados esperados, las variables a tomar en cuenta para estos experimentos eran el nivel de concentración del agente contaminante contra el componente diluido, la cantidad de pasadas en la sección de lavado, la cantidad de pasadas previas al secado y los ciclos de secado, finalmente la velocidad de la banda en la zona de descarga, esto último por el efecto del mecanismo de succión inferior para secar la sección de abajo de las charolas que contienen el material, cabe mencionar que el objetivo final del sistema era el de poder entregar el producto libre de contaminantes y además completamente seco y libre de cualquier sustancia ajena al mismo, por lo que fue necesario implementar un ciclo de secado y curado en un horno recirculante externo, el material procesado en el sistema se introducía a una temperatura de 75 grados Celsius por un tiempo de exposición de 45 minutos, de esta forma se completaba el proceso y se podía regresar el material para su evaluación en prueba eléctrica.

El sistema se logró ajustar de manera que se comportara muy estable siendo capaz de procesar un lote completo de aproximadamente 10,000 piezas contenidas en 30 charolas en alrededor de 1.75 hora, todo esto de forma completamente automática, las actividades del operador consistían en colocar el lote de material a procesar en la zona de carga, activar el sistema y esperar a que se procesara todo el material, después colocarlo en el horno de secado final y curado durante 45 minutos @75 grados Celsius para completar el proceso.

El sistema es capaz de procesar alrededor de 6,000 piezas por hora “UPH”, esto para el producto A, que es el vehículo de prueba utilizado en el desarrollo de este trabajo.

A continuación, se muestra una imagen del sistema de eliminación de contaminantes,



Figura 30 Vista frontal de sistema de eliminación de contaminantes

4.5 APROBACIONES DE LOS DEPARTAMENTOS DE SEGURIDAD, INGENIERIA y PRODUCCION

Se trabajo en conjunto con diferentes departamentos para obtener las aprobaciones y que nos permitieran realizar las pruebas preliminares del sistema, tanto en ambiente controlado de laboratorio, como en ambiente de producción.

Los departamentos involucrados son:

Departamento de seguridad EHS: Encargado de verificar que el sistema cuente con mecanismos confiables y seguros como son los paros de emergencia, guardas de partes con movimientos, protecciones adecuadas contra descargas eléctricas, así como la señalización necesaria que indique al operario las medidas de seguridad.

Departamento de Ingeniería: Encargado de verificar la confiabilidad del producto, así como de validar los resultados y las pruebas aplicados al sistema, dentro de dichas pruebas también evaluaron impactos negativos que pudiera ocasionar otro tipo de fallas en el producto por el uso del sistema de eliminación de contaminantes en productos BGA, de igual manera se verifico que no se generaran descargas electrostáticas “ESD” que pueden resultar catastróficas en este tipo de productos.

Departamento de producción: Se encarga de verificar la funcionabilidad del sistema, así como la evaluación de la capacidad de procesamiento de material, además de que se cuente con toda la información (manuales de operación, mantenimiento etc....) para su correcto uso en ambiente de producción.

4.6 DOCUMENTACION (MANUALES, DIAGRAMAS)

Se desarrollaron los manuales tanto de operación como de mantenimiento con toda la información necesaria para su correcta utilización, en el manual de operación se

incluyó una sesión de problemas frecuentes para ayudar al operador a familiarizarse con el uso del sistema, así como del método para realizar el proceso de limpieza.

En lo que se refiere al manual de mantenimiento se incluye también la información de los diagramas eléctricos, neumáticos, así como la referencia de entradas y salidas de control, además de una referencia de como se encuentra estructurado el programa de control indicando las secciones donde se puede apoyar el personal técnico al momento de identificar fallas.

La información de referencia de estos manuales se encuentra en la sección de anexos de este documento.

4.7 PROPIEDAD INTELECTUAL (PATENTE)

En lo que se refiere a la protección de propiedad intelectual, se desarrollaron dos solicitudes de patente y fueron presentadas ante el IMPI (Instituto Mexicano de Propiedad Industrial), una de ellas como Método de eliminación de contaminantes y la otra como Sistema de eliminación de contaminantes.

Actualmente ambas solicitudes de patente se encuentran en verificación de examen de fondo ante el IMPI (Instituto Mexicano de Propiedad Industrial).

A continuación, se muestra la referencia de cada una de las solicitudes de patente mencionadas previamente.

Título: METODO Y PROCESO AUTOMATIZADO DE ELIMINACION DE CONTAMINANTE EN MICROCIRCUITOS INTEGRADOS

Numero de solicitud: MX/a/2018/003830

Resumen: La presente invención versa sobre un sistema y proceso de eliminación de contaminantes que pueden afectar la veracidad, el desempeño y funcionabilidad de los microcircuitos manufacturados al momento de realizarse la prueba eléctrica; contaminación que se genera durante el proceso de fabricación de estos microcircuitos y que es causada por partículas de polvo, piel muerta, contaminante por resina, piezas afectadas por el manejo incorrecto del microcircuito. Estos elementos que afectan a la prueba eléctrica son eliminados a través de un sistema mecánico controlado a través de una interfaz que permite remover los contaminantes del microcircuito mediante la aplicación de un agente descontaminante y cepillado sobre la superficie de contacto de estos microcircuitos y su posterior secado y apilado. La invención tiene la capacidad de manejar el material en grandes cantidades en lugar de uno por uno, además de hacerlo de una manera automatizada.

GOBIERNO DE MÉXICO		Trámites Gobierno	
Inicio	Búsqueda simple	Búsqueda por sección	Búsqueda especializada
		Búsqueda de ejemplares	Aviso de puesta en circulación
2	Solicitudes de Patente, de Registros de Modelo de Utilidad y de Diseños Industriales		
		Ejemplar: Septiembre de 2019	Sección: Solicitudes de Patente
Número de solicitud	MX/a/2018/003830		
Fecha de presentación	15/03/2018		
Solicitante(s)	Skyworks Solutions de México S. de R.L de C.V. [MX]		
Inventor(es)	Alejandro CHAVEZ RAMÍREZ [MX]; Daniel OROZCO MARISCAL [MX]; Edgar Antonio MARTÍNEZ SILVA [MX]; Francisco GUERRERO CAÑEDO [MX]; Raul Jacobo CAZARES [MX]		
Agente	EINER MOISE JUAREZ LOPEZ DE NAVA [MX]; Baja California Norte, 21259, MX		
Clasificación CIP	H05K 3/26 (2006.01); B08B 1/00 (2006.01); B08B 3/00 (2006.01)		
Clasificación CPC	H05K 3/26 (2013.01); B08B 1/00 (2017.08)		
Título	MÉTODO Y PROCESO AUTOMATIZADO DE ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTE EN MICROCIRCUITOS INTEGRADOS		
Resumen	La presente invención versa sobre un sistema y proceso de eliminación de contaminantes que pueden afectar la veracidad, el desempeño y funcionabilidad de los microcircuitos manufacturados al momento de realizarse la prueba eléctrica; contaminación que se genera durante el proceso de fabricación de estos microcircuitos y que es causada por partículas de polvo, piel muerta, contaminante por resina, piezas afectadas por el manejo incorrecto del microcircuito. Estos elementos que afectan a la prueba eléctrica son eliminados a través de un sistema mecánico controlado a través de una interfaz que permite remover los contaminantes del microcircuito mediante la aplicación de un agente descontaminante y cepillado sobre la superficie de contacto de estos microcircuitos y su posterior secado y apilado. La invención tiene la capacidad de manejar el material en grandes cantidades en lugar de uno por uno, además de hacerlo de una manera automatizada		
Fecha de Puesta en Circulación	2019-10-07		

Figura 31 Solicitud de patente método y proceso de eliminación de contaminantes

Título: SISTEMA Y PROCESO DE ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTE EN MICROCIRCUITOS INTEGRADOS PARA PRUEBA ELECTRICA

Numero de solicitud: MX/a/2019/000740

Resumen: La presente invención versa sobre un sistema y proceso de eliminación de contaminantes que pueden afectar la veracidad, el desempeño y funcionabilidad de los microcircuitos manufacturados al momento de realizarse la prueba eléctrica; contaminación que se genera durante el proceso de fabricación de estos microcircuitos y que es causada por partículas de polvo, piel muerta, contaminante por resina, piezas afectadas por el manejo incorrecto del microcircuito. Estos elementos que afectan a la prueba eléctrica son eliminados a través de un sistema mecánico controlado a través de una interfaz que permite remover los contaminantes del microcircuito mediante la aplicación de un agente descontaminante y cepillado sobre la superficie de contacto de estos microcircuitos y su posterior secado y apilado. La invención tiene la capacidad de manejar el material en grandes cantidades en lugar de uno por uno, además de hacerlo de una manera automatizada.



GOBIERNO DE
MÉXICO

Trámites
Gobierno

Inicio
Búsqueda simple
Búsqueda por sección
Búsqueda especializada
Búsqueda de ejemplares
Aviso de puesta en circulación

1

Solicitudes de Patente, de Registros de Modelo de Utilidad y de Diseños Industriales

Ejemplar: Julio de 2020

Sección: Solicitudes de Patente

Número de solicitud

[MX/a/2019/000740](#)

Fecha de presentación

08/01/2019

Solicitante(s)

Skyworks Solutions de México S. de R.L de C.V. [MX]

Inventor(es)

Alejandro CHAVEZ RAMIREZ [MX]; Daniel OROZCO MARISCAL [MX]; Edgar Antonio Martinez Silva VALDEZ LOPEZ [MX]; Francisco RIVERO CAÑEDO [MX]; Raul JACOBO CAZARES [MX]

Agente

EINER MOISES JUAREZ LOPEZ DE NAVA [MX]; Baja California Norte, 21259, MX

Clasificación CIP

H05K 3/07 (2006.01); B08B 3/12 (2006.01); G05B 15/00 (2006.01); G05B 19/04 (2006.01); G05B 19/05 (2006.01)

Clasificación CPC

H05K 3/07 (2013.01); B08B 3/12 (2017.01); G05B 19/418 (2013.01); G05B 19/231 (2013.01); G05B 19/056 (2013.01); G05B 19/04 (2013.01); G05B 15/00 (2013.01); B08B 3/123 (2016.05); B08B 3/14 (2013.01)

Título

SISTEMA Y PROCESO DE ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTE EN MICROCIRCUITOS INTEGRADOS PARA PRUEBA ELÉCTRICA

Resumen

La presente invención versa sobre un sistema y proceso de eliminación de contaminantes que pueden afectar la veracidad, el desempeño y funcionabilidad de los microcircuitos manufacturados al momento de realizarse la prueba eléctrica; contaminación que se genera durante el proceso de fabricación de estos microcircuitos y que es causada por partículas de polvo, piel muerta, contaminante por resina, piezas afectadas por el manejo incorrecto del microcircuito. Estos elementos que afectan a la prueba eléctrica son eliminados a través de un sistema mecánico controlado a través de una interfaz que permite remover los contaminantes del microcircuito mediante la aplicación de un agente descontaminante y cepillado sobre la superficie de contacto de estos microcircuitos y su posterior secado y apilado. La invención tiene la capacidad de manejar el material en grandes cantidades en lugar de uno por uno, además de hacerlo de una manera automatizada.

Fecha de Puesta en Circulación

2020-08-13

Figura 32 Solicitud de patente sistema y proceso de eliminación de contaminantes

5 ANALISIS DE RESULTADOS

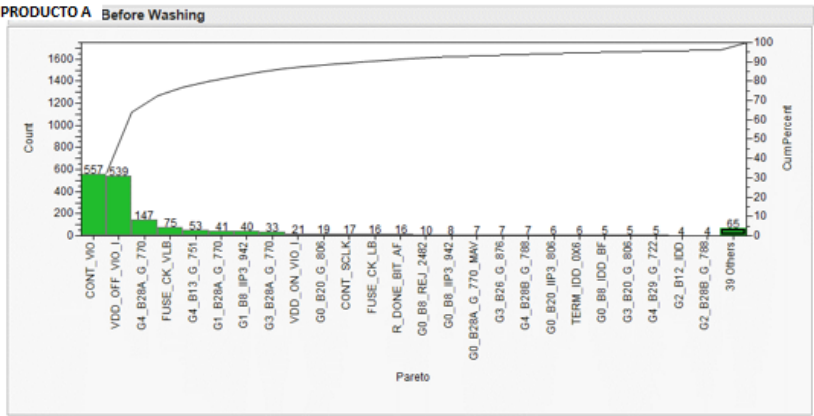
5.1 VERIFICACION DE RESULTADOS OBTENIDOS EN PRODUCTOS BGA (BALL GRID ARRAY)

Para la verificación de los resultados del sistema propuesto para la eliminación de los contaminantes en productos BGA, se tomó como vehículo de prueba el “Producto A”, dicho producto fue seleccionado debido a que presenta un alto nivel de susceptibilidad a los contaminantes utilizados en el proceso de fabricación de este tipo de microcircuitos, además de ser uno de los productos de mayor demanda en este tipo de configuración (BGA).

Una vez seleccionado el producto que utilizaríamos como vehículo de prueba se procedió a verificar el método y las pruebas específicas para poder evaluar la eficiencia del sistema propuesto, para este caso se tomó como referencia una prueba específica que se realiza durante la verificación de desempeño de este tipo de productos, la prueba seleccionada fue “VDD_OFF_VIO_I”, esta prueba está relacionada directamente con el consumo de corriente del dispositivo bajo prueba “DUT” al momento de estar simulando su operación bajo un ambiente de prueba eléctrica, de modo que si existe contaminación en el microcircuito que afecte la conexión eléctrica entre el dispositivo bajo prueba “DUT” y el contactor eléctrico “SOCKET” que funciona como interfaz con el tablero de prueba “FIXTURE” , el cual está directamente conectado al equipo de prueba automático “TESTER”, la corriente reflejada durante esa prueba se incrementaría debido a la mala conexión, este incremento en la corriente es detectado por el equipo de prueba automático el cual maneja un umbral máximo permitido del orden de los 150uA, por lo que todo microcircuito que exceda este límite es considerado como producto defectuoso y contribuye a disminuir el nivel de aceptación “YIELD” del lote de piezas que se está probando.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al “Producto A” donde se resalta el valor obtenido en la prueba “VDD_OFF_VIO_I”, esto tanto antes de realizar el proceso de eliminación de contaminantes como después de llevar a cabo dicho proceso.

Resultados del producto “A” antes de la limpieza:



Cause	Failure Rate
CONT_VIO	27.37%
VDD_OFF_VIO_I	26.48%
G4_B28A_G_770	7.22%
FUSE_CK_VLB	3.69%
G4_B13_G_751	2.60%
G1_B28A_G_770	2.01%
G1_B8_IIP3_942	1.97%
G3_B28A_G_770	1.62%
VDD_ON_VIO_I	1.03%
G0_B20_G_806	0.93%
CONT_SCLK	0.84%
FUSE_CK_LB	0.79%
R_DONE_BIT_AF	0.79%
G0_B8_REJ_2482	0.49%
G0_B8_IIP3_942	0.39%
G0_B28A_G_770_MAV	0.34%
G3_B26_G_876	0.34%
G4_B28B_G_788	0.34%
G0_B20_IIP3_806	0.29%
TERM_IDD_0X6	0.29%
G0_B8_IDD_BF	0.25%
G3_B20_G_806	0.25%
G4_B29_G_722	0.25%
G2_B12_IDD	0.20%
G2_B28B_G_788	0.20%
G2_B8_G_942	0.20%
LP QUIESCENT_VIO_I	0.20%

Figura 33 Comportamiento de VDD_OFF_VIO_I antes de limpieza

Resultados del producto “A” después de la limpieza:

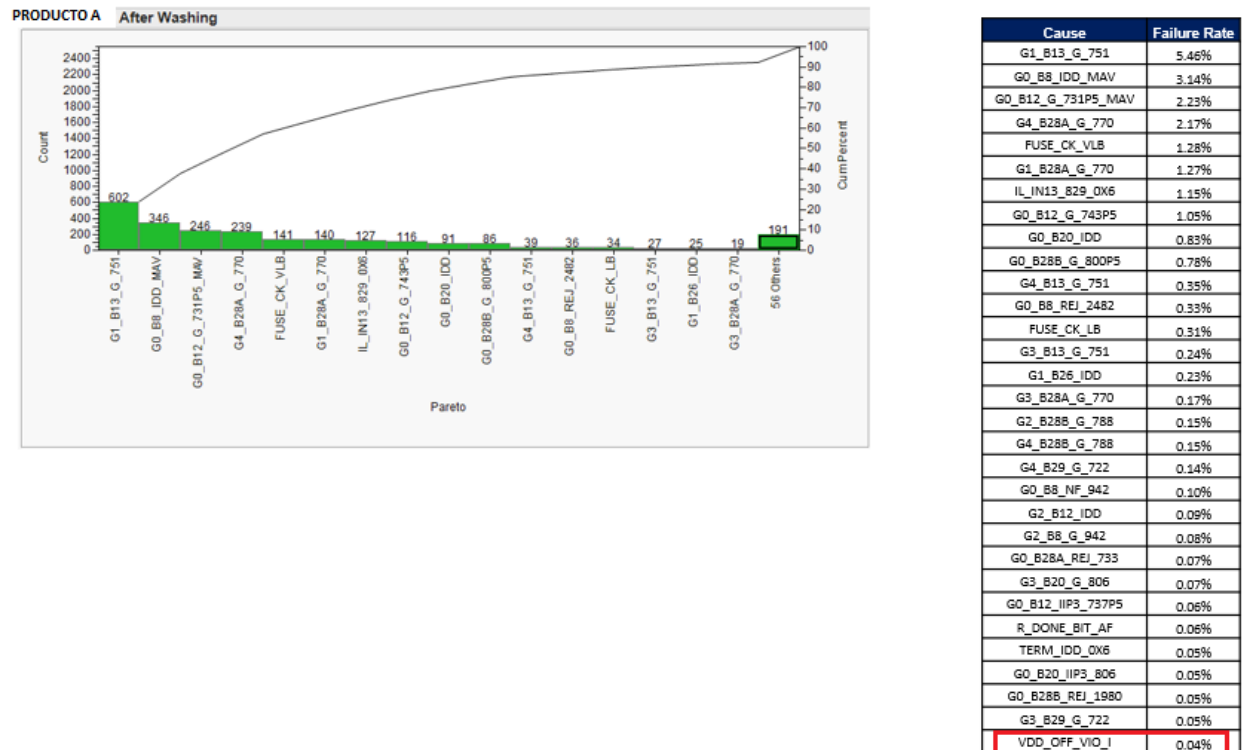


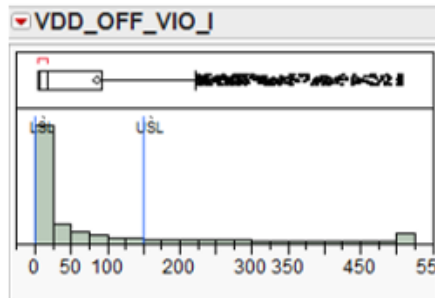
Figura 34 Comportamiento de VDD_OFF_VIO_I después de limpieza

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar una significativa reducción en la cantidad de piezas que fallaron en la prueba “VDD_OFF_VIO_I”, antes y después de realizar el procedimiento de eliminación de contaminantes, donde el valor del porcentaje antes de realizar el procedimiento fue de 26.48% siendo la segunda falla más recurrente en el lote de producto probado y después de realizar el procedimiento de eliminación de contaminantes bajo a 0.04% ubicándose de esta manera en el nivel de menor recurrencia de las piezas detectadas como falla.

En las siguientes graficas se puede observar una comparación del antes y después de realizar el proceso de eliminación de contaminantes de la prueba VDD_OOF_VIO_I en el lote de piezas probadas.

	Cause	Failure Rate
Before Clean	VDD_OFF_VIO_I	26.48%
After Clean	VDD_OFF_VIO_I	0.04%

Before Clean



After Clean

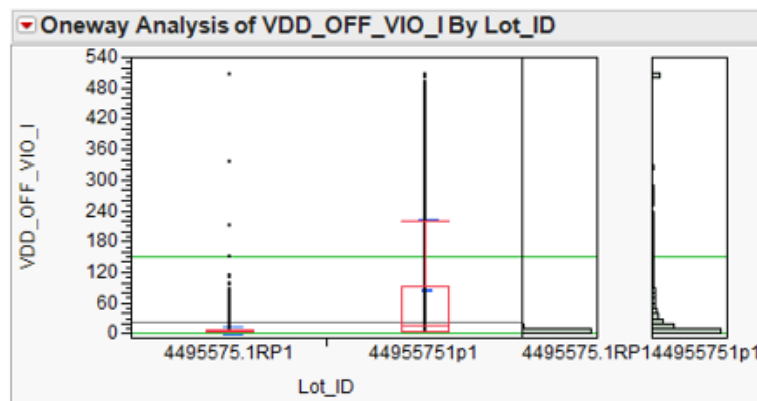
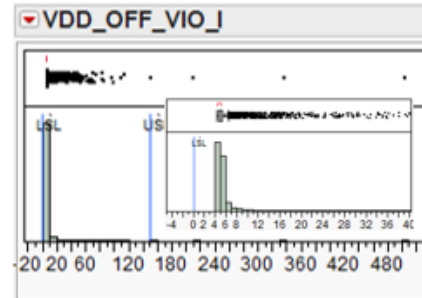


Figura 35 Gráficas de VDD_OFF_VIO_I antes y después de limpieza

5.2 RESULTADOS DE PRUEBAS EN EQUIPOS EDX

Se realizaron pruebas en un equipo de Análisis de rayos X por dispersión de energía “Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDX)” para identificar los elementos contenidos en la superficie de los paquetes tanto antes como después de realizado el proceso de eliminación de contaminantes.

Este tipo de equipos utilizan una técnica de rayos X para identificar la composición elemental de los materiales. Las aplicaciones incluyen investigación de materiales y

productos, solución de problemas, de formulación entre otras aplicaciones, para el caso de los semiconductores es ampliamente utilizada.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en un análisis EDX en un paquete del “Producto A” del tipo BGA antes y después del proceso de eliminación de contaminantes.

Resultados de análisis EDX antes del proceso de limpieza en producto A:

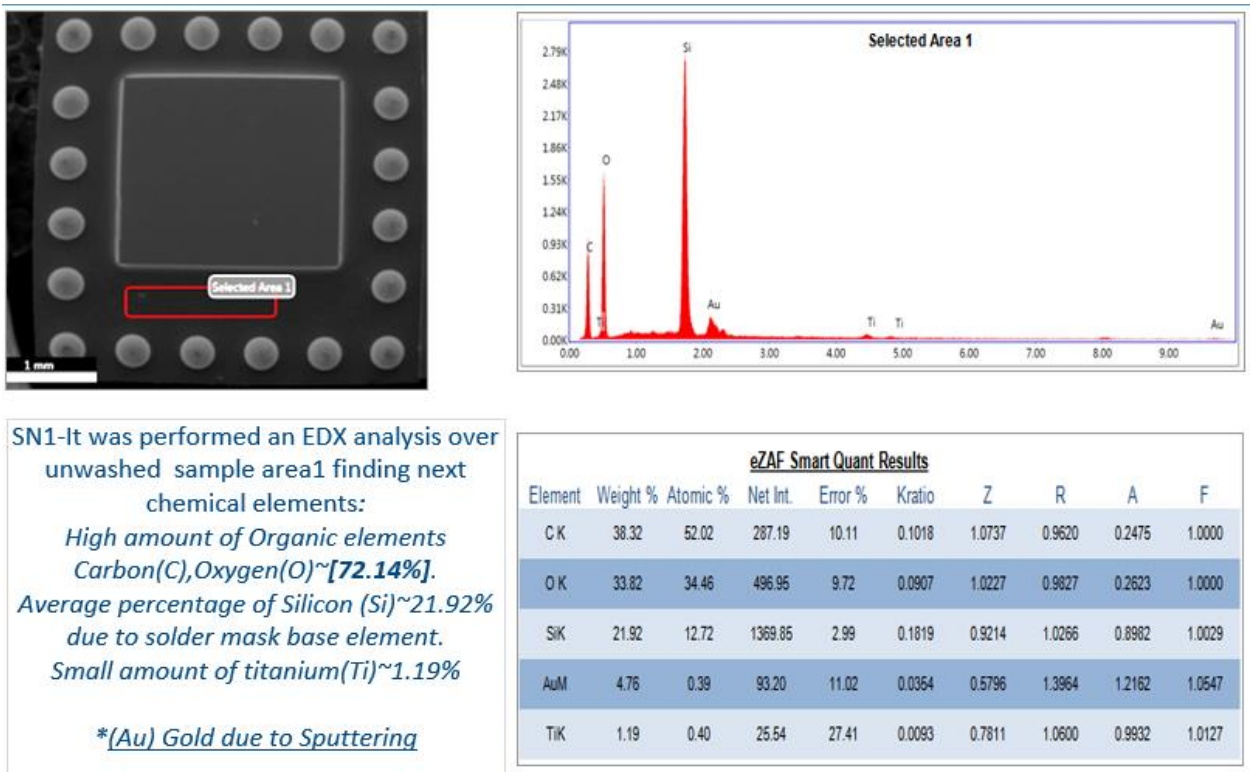
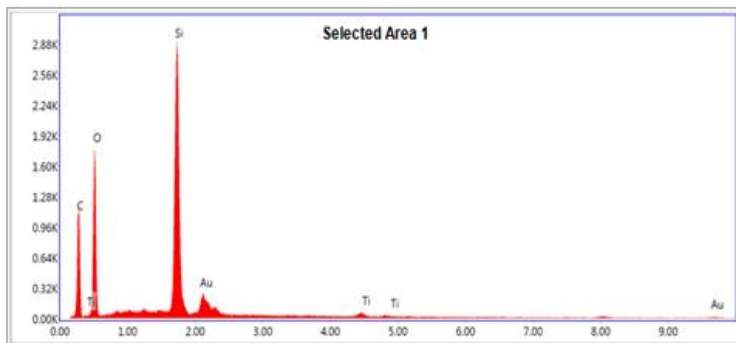
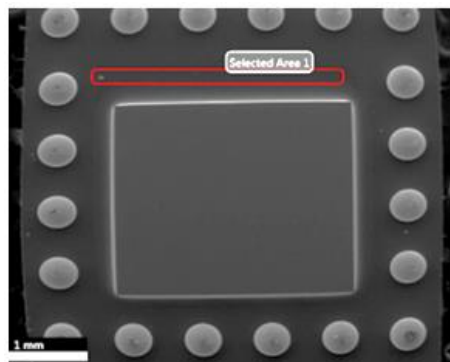


Figura 36 Resultados EDX del producto "A" antes de limpieza

Resultados de análisis EDX después del proceso de limpieza en producto A:



SN3-It was performed an EDX analysis over washed sample on external pad area1 finding next chemical elements:
High percentage of Organic elements Carbon(C), Oxygen(O)~ [73.9%].
Average amount of Silicon (Si)~ (19.91%) due to solder mask element.
Low percentage of Titanium(Ti)~1.24%.
**(Au) Gold due to sputtering.*

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
C K	40.40	54.08	372.17	9.72	0.1141	1.0712	0.9630	0.2637	1.0000
O K	33.54	33.71	556.69	9.73	0.0877	1.0203	0.9836	0.2563	1.0000
Si K	19.91	11.40	1437.44	2.99	0.1646	0.9192	1.0274	0.8970	1.0029
Au M	4.91	0.40	112.35	10.60	0.0368	0.5782	1.3973	1.2301	1.0637
Ti K	1.24	0.42	31.05	17.85	0.0098	0.7792	1.0605	0.9944	1.0124

Figura 37 Resultados EDX del producto "A" después de limpieza

Como se puede observar en los resultados de la prueba EDX, no existe una diferencia significativa en los elementos encontrados antes y después del proceso de limpieza de los microcircuitos tipo BGA, siendo Carbono, oxígeno y silicio los de mayor concentración en ambos casos. Sin embargo, como se puede observar en la sección de análisis de resultados, existe una diferencia significativa en el comportamiento de los microcircuitos tipo BGA después de aplicarles el proceso de limpieza, tanto en incremento de recuperación de nivel de aceptación "YIELD" como en el nivel de aceptación de primera pasada "FPY".

Ahora bien, como sabemos el enfoque principal del desarrollo de este sistema de eliminación de contaminantes eran los microcircuitos tipo BGA, sin embargo también se procedió a realizar pruebas en microcircuitos tipo “QFN” para tener la referencia si existía alguna diferencia en este tipo de microcircuitos, para lo cual se seleccionó el “Producto B”, el cual está identificado por ser un producto altamente susceptible a sufrir los efectos de la contaminación durante el proceso de fabricación de los microcircuitos y que cuenta con mucha demanda, obteniendo los siguientes resultados.

Resultados de análisis EDX antes del proceso de limpieza en producto B:

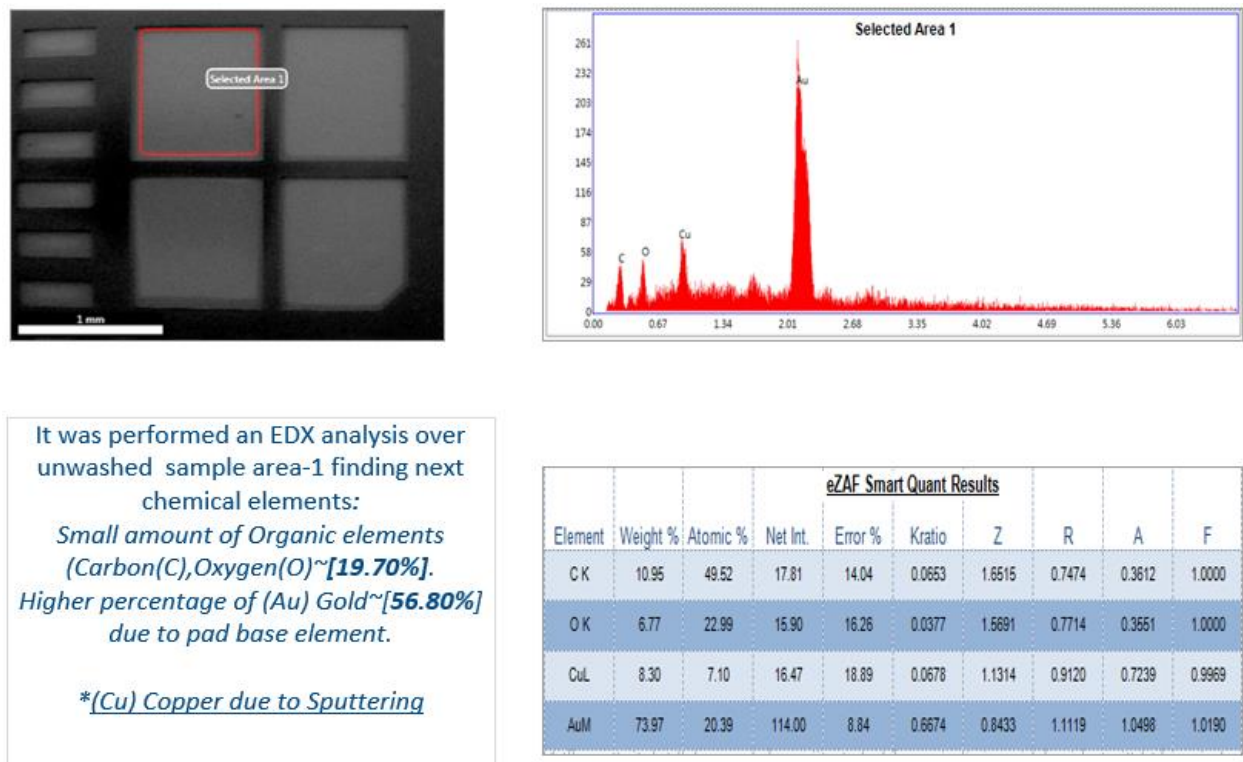
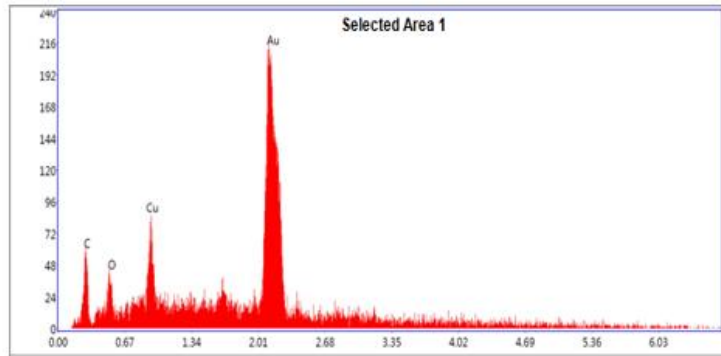
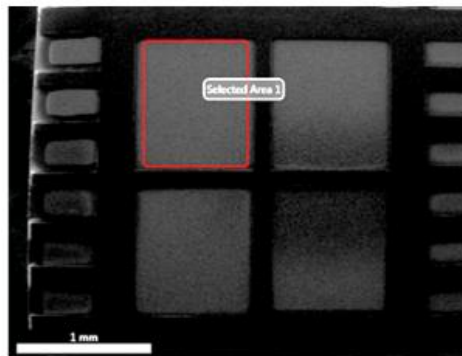


Figura 38 Resultados EDX del producto "B" antes de limpieza

Resultados de análisis EDX después del proceso de limpieza en producto B:



It was performed an EDX analysis over washed sample on external pad area1 finding next chemical elements:
Low percentage of Organic elements Carbon(C) Oxygen(O)~ [19.62%].
Higher percentage of Gold (Au) due to Pad base element~ (70.69%).
**(Cu) Copper due to sputtering.*

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
CK	12.44	51.90	19.53	13.37	0.0744	1.6204	0.7564	0.3689	1.0000
OK	7.18	22.49	16.20	16.06	0.0399	1.5401	0.7809	0.3610	1.0000
CuL	9.69	7.64	18.43	17.38	0.0788	1.1105	0.9229	0.7345	0.9969
AuM	70.69	17.98	103.34	8.89	0.6286	0.8273	1.1238	1.0544	1.0193

Figura 39 Resultados EDX del producto "B" después de limpieza

Como podemos observar, al igual que en los microcircuitos tipo BGA, en los microcircuitos tipo QFN, no existe diferencia en los componentes encontrados mediante el equipo EDX en las piezas antes y después del proceso de eliminación de contaminantes, sin embargo la mejora en el nivel de aceptación "YIELD" es también significativa, no obstante el enfoque principal sigue siendo la aplicación de este proceso de eliminación de contaminantes en microcircuitos tipo BGA, ya que son más delicados y susceptibles a dañarse y es la razón de ser de este trabajo de investigación.

6 CONCLUSIONES

6.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Después de haber desarrollado este proyecto para la implementación de un sistema que fuera capaz de eliminar o minimizar los contaminantes en los productos BGA, podemos concluir que se lograron obtener muy buenos resultados tanto en la recuperación del nivel mínimo de aceptación “YIELD”, obteniendo una recuperación de alrededor del 80% de productos “BGA” con problemas debido a efectos relacionados con la contaminación, así como también mostrando un nivel más alto para pruebas de nivel de aceptación de primera pasada “FPY” que permite optimizar el proceso de fabricación de microcircuitos de esta tipo de configuración, se logró desarrollar con éxito un procedimiento que involucra tanto un método como un sistema que nos permitió lograr el objetivo, a su vez este sistema y método nos dieron la referencia para el desarrollo de dos patentes (actualmente en examen de fondo) que son el fruto de este trabajo de investigación, además se desarrolló un equipo adicional en el cual se implementaron mejoras considerables en el funcionamiento que nos permitieron brindar una proceso más estable y confiable.

En relación a las limitaciones podemos mencionar la capacidad de procesamiento que es relativamente baja, además del nivel de ajustes requeridos para la puesta en marcha del equipo automático.

Como elementos adicionales de beneficio de este proyecto podemos mencionar el incremento de vida de los contactores eléctricos “SOCKETS” que son utilizados como

interfaz entre el tablero de prueba “TEST BOARD” y el dispositivo bajo prueba “DUT”, otro beneficio importante es que esta solución no solo queda limitada a productos “BGA” sino que se obtuvieron resultados positivos en otro tipo de tecnologías como “QFN” que si bien no era el principal objetivo, brinda la posibilidad de poder recuperar material contaminado de otros productos en caso de ser requerido.

Cabe mencionar que el beneficio económico para la empresa es muy significativo ya que se logró recuperar material que se consideraba como desecho “SCRAP”, sin embargo, el beneficio más importante, es sin duda la ventaja competitiva que nos brinda como empresa de manufactura de microcircuitos de poder recuperar material BGA con problemas de contaminación y ser los únicos en el mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Mandado Pérez, (2010).** “Autómatas Programables y Sistemas de Automatización”, Primera Edición, ISBN 978-607-7686-73-6, 9786077686736
- [2] Pallas Areny, (2007).** “Sensores y acondicionadores de señal”, Cuarta Edición, ISBN 978-970-15-1231-9, 9789701512319
- [3] Dunn Patrick F, (2011).** “Fundamentals of sensors for engineering and science”, Primera Edición, ISBN 978-1-4398-6103-5, 9781439861035
- [4] Fraden Jacob F, (1997).** “Handbook of modern sensors”, Segunda Edición, ISBN 1-56396-538-0, 9781563965388
- [5] Bolton William, (2017).** “Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica”, Sexta Edición, ISBN 978-607-622-974-3, 9786076229743
- [6] Cid Manjaraz, Vargas Soto, (2015).** “Control y Automatización”, Primera Edición, ISBN 978-607-707-548-6, 9786077075486
- [7] Piedrafrita Moreno, (2004).** “Ingeniería de la automatización industrial”, Segunda Edición, ISBN 970-15-1034-8, 9789701510346
- [8] Peláez Vara, García Maté, (2002).** “Neumática industrial”, Primera Edición, ISBN 84-95312-63-8, 9788495312631
- [9] Juvinal Robert, Marshek Kurt, (2006).** “Fundamentals of Machine Component Design”, Cuarta Edición, ISBN 0-471-66177-5, 9780471661771
- [10] García Moreno, (2001).** “Automatización de procesos industriales”, Primera Edición, ISBN 970-15-0658-8, 9789701506585

[11] **Dorantes González, (2004).** “Automatización y Control”, Primera Edición, ISBN 970104794-X, 9789701047941

[12] **Gómez González, (2010).** “Solidworks Simulation”, Primera Edición, ISBN 978-607-707-032-0, 9786077070320

[13] **Chacon Rugeles (2002).** “La instrumentación virtual en la enseñanza de la ingeniería electrónica”

ANEXOS

Figura 40 Pantalla de interfase principal



Figura 41 Pantalla de señalización de entradas

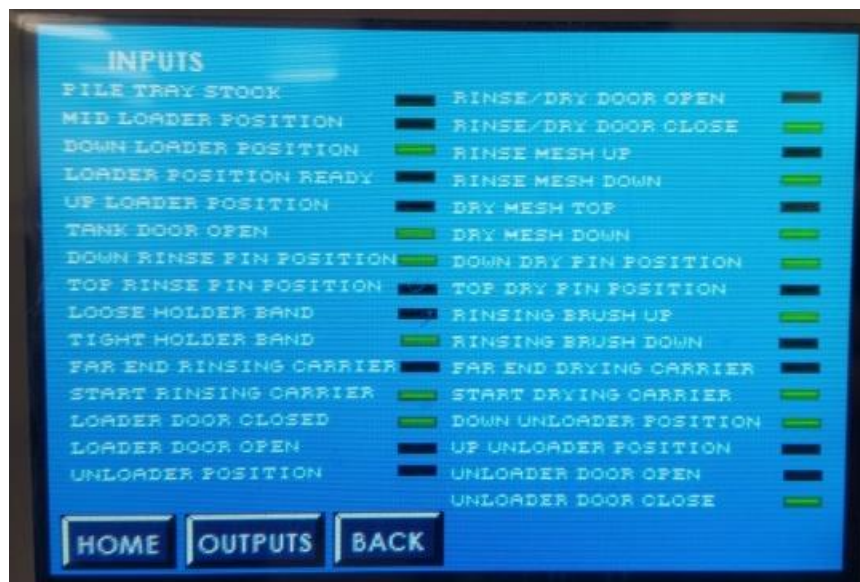


Figura 42 Pantalla de señalización de salidas



Figura 43 Pantalla de alarmas

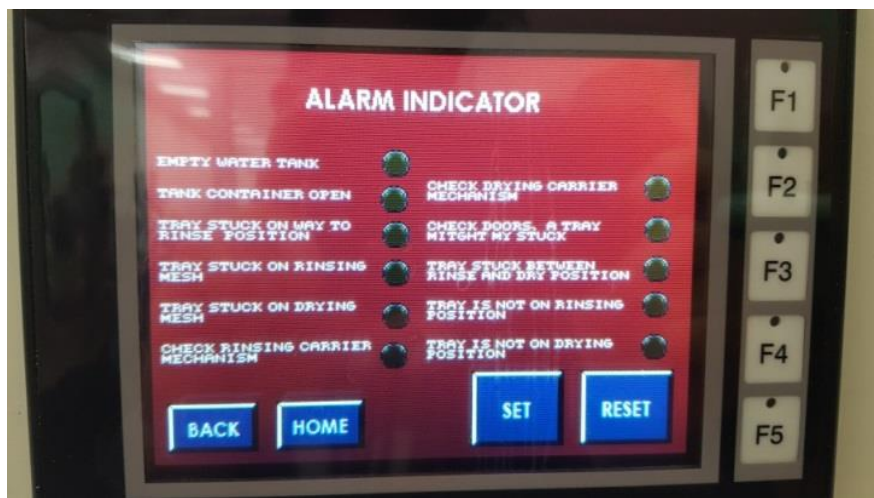


Figura 44 Tabla de entradas lógicas

Com	0 V
1	Sensor charola apilada
2	Sensor nivel de agua
3	Sensor nivel de agua 2
4	Sensor de posición de secado
Com	24 V
5	Pistón descarga arriba
6	Pistón carga medio
7	Pistón carga abajo
8	Posición descarga
Com	0 V
9	Sensor posición carga 1
10	Pistón carga arriba
11	Sensor del cajón
12	Sensor posición lavado
Com	24 V
13	
14	Botón negro
15	Botón verde
16	Botón rojo
Com	0 V
17	Descarga abierta
18	Descarga cerrada
19	Pistón de descarga abajo
20	Carrier secado inicial
Com	24 V
21	Carrier secado out
22	Malla secado abajo
23	Malla secado arriba
24	Pin secado inicial
Com	0 V
25	Pin secado fuera
26	Puerta lavado-secado arriba
27	Puerta lavado-secado abajo
28	Pin lavado abajo
Com	24 V
29	Pin lavado arriba
30	Tensión off
31	Tensión on
32	Carrier lavado in

Com	0 V
33	Carrier lavado out
34	Posición secado retraído
35	Posición secado extendido
36	Charola tope entrada
Com	24 V
37	Charola tope salida
38	Interlock secado
39	Interlock lavado
40	
Com	0 V
41	
42	
43	
44	
Com	24 V
45	
46	
47	
48	
Com	0 V
49	Interlock arriba
50	Sensor pieza malla
51	
52	
Com	24 V
53	
54	
55	
56	
Com	0 V
57	
58	
59	
60	
Com	24 V
61	
62	
63	
64	

Figura 45 Tabla de salidas lógicas

Com	0 V
1	Puerta carga lavado
2	Tensionador motor
3	Puerta descarga
4	Malla lavado
Com	24 V
5	Malla secado
6	Carrier lavado
7	Carrier secado
8	Pin lavado
Com	0 V
9	Pin secado
10	Unias
11	Pistón descarga
12	Motor sube y baja
Com	24 V
13	Pistón abajo
14	Pistón en medio
15	Pistón arriba
16	

Com	0 V
17	Conveyor 1
18	Conveyor 2
19	Válvula de proceso
20	
Com	24 V
21	Cepillo on/off
22	Solución
23	
24	Venturi
Com	0 V
25	Posición lavado
26	
27	
28	
Com	24 V
29	
30	
31	
32	