

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

BACHILLERATO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA
AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE
COMPONENTES EN EL ÁREA DE SOLDER, COMPAÑÍA EMC
TECNOLOGÍA S. A. ZONA FRANCA COYOL, ALAJUELA, EN EL
PERIODO DE MAYO A NOVIEMBRE DEL 2017**

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE BACHILLERATO
EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

VÍCTOR MONGE CHAVERRI

PROFESOR TUTOR: VÍCTOR ARGUEDAS ARCE

SAN JOSÉ, 2017

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Víctor Monge Chaverri, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 3-0430-0289 egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachiller en Ingeniería Electrónica, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE COMPONENTES EN EL AREA DE SOLDER, COMPAÑÍA EMC TECNOLOGÍA S.A. ZONA FRANCA COYOL, ALAJUELA, EN EL PERIODO DE MAYO A NOVIEMBRE DEL 2017", es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derechos de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los veintidós días del mes de Enero del año dos mil diecisiete.


Firma del estudiante

Cédula: 3-0430-0289

CARTA DEL TUTOR



CARTA DEL TUTOR

San José, 22 de enero del 2018

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Víctor Monge Chaverri, cédula de identidad número 3-0430-0289, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE COMPONENTES EN EL AREA DE SOLDAR, COMPAÑÍA EMC TECNOLOGÍA S.A. ZONA FRANCA COYOL, ALAJUELA, EN EL PERIODO DE MAYO A NOVIEMBRE DEL 2017", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	8
b	Cumplimiento de entrega de avances de avances.	20	18
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	25
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	20
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	20
Total:		100	91

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Ing. Víctor Arguedas Arce
Cédula de identidad: 106690138
Carné colegio profesional: IE-6285

CARTA DEL LECTOR



CARTA DEL LECTOR

San José, 19 de Marzo del 2018

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana


Estimados señores:

El estudiante **Víctor Monge Chaverri**, cédula de identidad número **3-0430-0289**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE COMPONENTES EN EL ÁREA DE SOLDER, COMPAÑÍA EMC TECNOLOGÍA S.A. ZONA FRANCA COYOL, ALAJUELA, EN EL PERIODO DE MAYO A NOVIEMBRE DEL 2017"**, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,


Ing. Eduardo Sanabria G. M.I.E.
Céd: 108610714
Profesor Lector

CARTA DEL FILÓLOGO

bórea.

Edición y corrección de textos
www.boreacr.com

CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, cédula de identidad número 3 0447 0799 y Daniel González Monge, cédula de identidad número 1 1345 0416, en calidad de filólogos revisamos y corregimos el trabajo final de graduación que lleva por título *Diseño e implementación de un sistema para la automatización en el proceso de ensamble de componentes en el área de solder, compañía EMC Tecnología S. A. Zona Franca Coyol, Alajuela, en el periodo de mayo a noviembre del 2017*, elaborado por Víctor Monge Chaverri

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de forma, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto.

Esperamos que nuestra participación satisfaga los requerimientos de la Universidad Hispanoamericana.



Elena Redondo Camacho
Céd. 3 0447 0799
Bachiller en Filología Española
Carné ACFIL 247



Daniel González Monge
Céd. 1 1345 0416
Bachiller en Filología Española
Carné ACFIL 245

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que me brindaron el apoyo, motivación y consejos en esta etapa de mi vida. Principalmente agradezco a mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional, por estar conmigo en las buenas y especialmente en las malas, ya que sin ustedes no hubiera sido posible cumplir esta meta.

Quiero agradecer a Leonardo, Daniel, John, Chino y amigos de la empresa EMC Tecnología por brindarme su gran ayuda. A mis abuelos, madrina y amigos que siempre estuvieron pendientes, sus comentarios y consejos fueron de gran apoyo. Agradezco a mis profesores y compañeros que estuvieron conmigo durante mi carrera.

DEDICATORIA

*Quiero dedicar este proyecto a mis padres porque por ellos, por sus consejos, apoyo incondicional, paciencia y esfuerzo, hoy soy lo que soy. **PA, MA MUCHAS GRACIAS.***

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA	ii
CARTA DEL TUTOR	iii
CARTA DEL LECTOR	iv
CARTA DEL FILÓLOGO	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
TABLA DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
CAPÍTULO I. PROBLEMA DEL PROYECTO	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa	3
1.1.2 Justificación del problema	9
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2.1 La idea del problema	13
1.2.2 La pregunta del problema	14
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	15
1.4.1 Alcances	15
1.4.2 Limitaciones	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 PROCESO	18
2.2 AUTOMATIZACIÓN	18
2.3 MICROCONTROLADORES Y MICROPROCESADORES	20
2.3.1 Ventajas de los microprocesadores	21
2.4 RASPBERRY PI	22
2.4.1 Características del Raspberry Pi	23
2.4.2 Ventajas del Raspberry Pi	24
2.4.3 Desventajas del Raspberry Pi	24

2.4.4 Raspbian	25
2.5 PROGRAMACIÓN	25
2.5.1 Tkinter.....	26
2.6 BREAKOUT BOARD.....	27
2.7 SENSORES	28
2.7.1 Sensores de Luz.....	29
2.8 MOTORES.....	30
2.8.1 Motores de Corriente Directa (DC)	30
2.8.2 Motor Paso a Paso (Stepper)	31
2.8.3 Servo motor	34
2.9 MÁQUINA CNC	35
2.10 NEUMÁTICA.....	37
2.10.1 Generación de vacío tipo Venturi.....	37
2.11 RELÉ.....	39
2.12 MÉTODO DMAIC.....	40
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	43
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	44
3.1.1 Finalidad aplicada.....	44
3.1.2 Dimensión temporal.....	44
3.1.3 Marco de la investigación	44
3.1.4 Naturaleza	44
3.1.5 Carácter	45
3.2 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO.....	46
3.3 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	49
CAPÍTULO IV. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN	51
4.1 DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	52
4.1.1 Instrumento para un diagnóstico.....	53
4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS	53
4.3 MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
4.3.1 Análisis de resultados.....	59
4.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	60
4.4.1 Propuesta #1	60
4.4.2 Propuesta #2	63
4.4.3 Definición de la propuesta	64

CAPÍTULO V. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO	65
5.1 DETALLE DE LA PROPUESTA.....	66
5.2 <i>HARDWARE</i>	67
5.2.1 Sensor EE-SX670A	67
5.2.2 Fuentes de alimentación.....	69
5.2.3 Motores Paso a Paso y Drivers	72
5.2.4 Servo motor TowerPro MG959.....	80
5.2.5 Ventilador CPU 60mm 12V.....	81
5.2.6 Modulo DS 1307 RTC.....	82
5.2.7 LogicLevelConverter – Bi-Directional.....	83
5.2.8 5V Relay-ElectronicBrick	85
5.2.9 Conexiones de los pines GPIO del Raspberry Pi	86
5.2.11 Mantenimiento	90
5.2.12 Conexión eléctrica de los componentes	92
5.3 <i>SOFTWARE</i>	93
5.3.1 Python	93
5.3.2 Lectura digital de los sensores	93
5.3.3 Control de los motores.....	95
5.3.4 Generación del vacío.....	100
5.3.5 Control del servo motor	100
5.3.6 Creación de la interfaz gráfica	101
5.3.7 Creación de un perfil nuevo.....	103
5.3.8 Reporte.....	105
5.3.9 Ejecución del Programa.....	107
5.4 PRUEBAS Y VALIDACIÓN.....	110
5.4.1 Pruebas con piezas malas “Scrap”	113
5.4.2 Pruebas con covers	113
5.4.3 Validación del equipo.....	118
5.5 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....	120
5.5.1 Costo de los materiales	120
5.5.2 Costo de producción del <i>hardware</i> y <i>software</i>	121
5.5.3 Evaluación de costos y beneficios.....	123
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
6.1 CONCLUSIONES	127

6.2 RECOMENDACIONES.....	131
BIBLIOGRAFÍA	133
ANEXOS	137
ANEXO 1. CARTA DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO	138
ANEXO 2. PLANO ELÉCTRICO DEL CIRCUITO.....	139
ANEXO 3. ENTREVISTAS REALIZADAS Y CARTAS QUE RESPALDAN SU APLICACIÓN	140
ANEXO 4. PROCESO DE VALIDACIÓN.....	144
ANEXO 5. COTIZACIONES FACTURAS PROFORMAS	150
ANEXO 6. HOJA PROFESIONAL PAGO DE SALARIO.....	155
ANEXO 7. FIXTURES (MOLDES)	156
ANEXO 8. MANUAL DE USUARIO	159
ANEXO 9. MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cambio de nombre de EMC.....	6
Figura 2. Organigrama Gerencial EMC Tecnología S. A.....	7
Figura 3. Thermopad TVA.....	8
Figura 4. Componentes Resistivos EMC Tecnología.....	8
Figura 5. Cables Coaxiales	9
Figura 6. Máquina dispensadora de EPOXY.....	10
Figura 7. Fixture	13
Figura 8. Proceso de Ensamble de covers.....	14
Figura 9. Proceso de automatización	19
Figura 10. Arquitectura de un microcontrolador	20
Figura 11. Raspberry Pi3	23
Figura 12. Raspbian	25
Figura 13. Ejemplos de Breakoutboards	28
Figura 14. Clasificación de sensores	29
Figura 15. Formatos de fototransistores	30
Figura 16. Secuencia de control de un motor bipolar	32
Figura 17. Motor unipolar	33
Figura 18. Control de motor unipolar en secuencia normal	33
Figura 19. Control de motor unipolar en secuencia paso completo	34
Figura 20. Control de motor unipolar en secuencia medio paso	34
Figura 21. Diseño de un Servo Motor.....	35

Figura 22. Diagrama de bloques de una maquina CNC.....	36
Figura 23. Efecto Venturi.....	38
Figura 24. Componentes para la manipulación con vacío.....	39
Figura 25. Tipos de Relés	40
Figura 26. Ciclo de la metodología DMAIC	41
Figura 27. Diagrama Gantt Chart del Proyecto	47
Figura 28. Proceso Manual Ensamble de Covers	52
Figura 29. Robot UR 3	61
Figura 30. Robot ABB YuMi	62
Figura 31. Máquina CNC descartada	63
Figura 32. Diagrama de funcionamiento del equipo	67
Figura 33. Sensor EE-SX670A.....	68
Figura 34. Diagrama eléctrico EE-SX670A	69
Figura 35. Fuente Alimentación CONDOR GLC75C.....	70
Figura 36. Fuente Alimentación 5V	72
Figura 37. Conexión eléctrica del driver al Raspberry Pi.....	73
Figura 38. Especificaciones Motor PK264-02B	73
Figura 39. Driver CSD2120-T.....	74
Figura 40. Especificaciones Driver CSD2120-T	75
Figura 41. Pines Driver CSD2120-T.....	75
Figura 42. Motor PK564-NBA.....	76
Figura 43. Especificaciones Motor PK564-NBA	76
Figura 44. Motor PK566-NBA.....	77

Figura 45. Especificaciones Motor PK566-NBA	77
Figura 46. Driver CSD5814N-T	78
Figura 47. Diagrama de Conexión Driver CSD5814N-T.....	78
Figura 48. Pines Driver CSD5814N-T	79
Figura 49. TowerPro MG959.....	81
Figura 50. Ventilador CPU-60mm	81
Figura 51. RTC DS1307	82
Figura 52. Convertidor Lógico Bi-Direccional	83
Figura 53. Diagrama eléctrico del convertidor	84
Figura 54. Placa Diseñada para conexión de convertidores y módulo RTC	84
Figura 55. 5V Relé ElectronicBrick	85
Figura 56. Diseño Primera Parte Mecánica.....	87
Figura 57. Diseño Segunda Parte Mecánica.....	88
Figura 58. Diseño Tercera Parte Mecánica.....	88
Figura 59. Diseño Cuarta Parte Mecánica	89
Figura 60. Diseño del ensamble de todas las partes mecánicas	89
Figura 61. Estado Anterior de la Maquina CNC	90
Figura 62. Estado Actual de la Maquina CNC.....	91
Figura 63. Conexión eléctrica del equipo	92
Figura 64. Configuración y tabla de tiempos del sensor EE-SX670A	93
Figura 65. Código de programación del control de los sensores	94
Figura 66. Código de programación control de motores	96
Figura 67. Archivo. txt DatosPerfiles	97

Figura 68. Función CargarPerfil	98
Figura 69. Función Assembly	99
Figura 70. Código de programación para el control del generador de vacío	100
Figura 71. Programación del Servo Motor.....	101
Figura 72. Diseño de la interfaz gráfica del programa.....	102
Figura 73. Comandos de Tkinter	102
Figura 74. Diagrama de flujo para la creación de un nuevo perfil	104
Figura 75. Interfaz gráfica para la creación de un perfil	105
Figura 76. Archivos. txt creados	106
Figura 77. Comandos para creación de archivos. txt	107
Figura 78. Interfaz Pausa	108
Figura 80. Diagrama de flujo de la ejecución del programa	109
Figura 81. Cambios en la Maquina CNC.....	110
Figura 82. Diseño de la interfaz gráfica.....	111
Figura 83. Diseño gráfico para crear un perfil nuevo	112
Figura 84. Covers Producidos.....	114
Figura 85. Fixture con covers listo para el ensamble	114
Figura 86. Diagrama de flujo del proceso de validación 751F107.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pasos para la implementación del proyecto	50
Tabla 2. Tiempos de operarios por cover ensamblado el 10 de julio 2017	56
Tabla 3. Tiempos de operarios por cover ensamblado el 11 de julio 2017	57
Tabla 4. Tiempos de operarios por cover ensamblado el 12 de julio 2017	58
Tabla 5. Producción en el proceso de ensamble de cover el 11 de julio 2017	58
Tabla 6. Producción en el proceso de ensamble de cover el 12 de julio 2017	59
Tabla 7. Especificaciones Robot UR 3	61
Tabla 8. Especificaciones Robot ABB YuMi	62
Tabla 9. Especificaciones fuente de alimentación CONDOR GLC75C	70
Tabla 10. Conexión de la fuente de alimentación al sistema	70
Tabla 11. Especificaciones TowerPro-MG959	80
Tabla 12. Especificaciones eléctricas del 5V Relé ElectronicBrick	85
Tabla 13. Conexión de dispositivos al Raspberry Pi	86
Tabla 14. Tiempos el equipo por cover ensamblado el 31 de octubre 2017	115
Tabla 15. Producción de covers ensamblados por el equipo el 31 de octubre 2017 ..	116
Tabla 16. Comparación de la producción entre el equipo vs operarios	116
Tabla 17. Comparación de tiempo por cover ensamblado entre el equipo vs operarios	117
Tabla 18. Costo de componentes utilizados para la implementación del proyecto	121
Tabla 19. Costo de Fabricación de partes mecánicas	122
Tabla 20. Costo de diseño y programación del sistema	122

Tabla 21. Costo total de la implementación del proyecto	122
Tabla 22. Consumo eléctrico del equipo	123
Tabla 23. Ganancia mensual de la empresa con la implementación del equipo.....	125

CAPÍTULO I. PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La automatización empieza cuando se introducen máquinas con el fin de producir grandes cantidades y para lograrlo era necesario gran número de operadores y dividir el trabajo en sub tareas pequeñas y sencillas. Cuando la mecanización empezó a tomar fuerza en las industrias, generándola a gran escala, se dio el comienzo de la automatización.

La automatización busca que con el uso de sistemas o elementos computarizados se puedan manipular o controlar máquinas y procesos, con el fin de substituir a los operadores. Esto se busca para lograr mayor eficiencia, mayor calidad, incrementar la productividad, simplificar el trabajo y lo más importante disminuir la mano de obra. Existen varios aspectos en cuanto a la implementación de un sistema automatizado que va desde el diseño, instalación y mantenimiento (Balcells y Romeral, s. f).

La búsqueda de automatizar todo el proceso o los que sean posibles dentro de una industria, planta o empresa, ha creado el uso masivo de los microprocesadores y los microcontroladores, que tienen grandes ventajas en comparación con los cableados. El uso de autómatas genera la necesidad de adquirir nuevos conocimientos, se debe cambiar la forma de plantear el diseño y, además, permite la comunicación con otros sistemas ampliando las prestaciones en conjunto.

La empresa EMC Tecnología produce varios productos, principalmente componentes resistivos y su respectivo ensamble. Proceso que en su mayoría realizan manualmente y en el que influyen varios factores en la cantidad, calidad y tiempo de

elaboración de los componentes, como es el caso de agotamiento, concentración, experiencia de cada operador que realicen los diferentes procesos en la compañía.

Con base en esto, se busca implementar un dispositivo o sistema con el fin de lograr un menor costo, mayor eficiencia, confiabilidad y flexibilidad desde el punto de vista mecánico, eléctrico, electrónico, de programación y de control; para cambiar el proceso manual que se tiene actualmente en el área de Solder, el cual consiste en ensamblar los *covers* en los componentes ya terminados para después curarlos y realizar las pruebas correspondientes. Se busca incrementar la producción y disminuir el tiempo de espera. Se pretende el uso de microcontroladores y microprocesadores para controlar una máquina CNC para el ensamble de *covers*, generando un proceso eficiente y constante. Se implementará una interfaz gráfica, con la que el usuario podrá escoger la operación que desea efectuar, así como el producto que se utilizará en ese momento.

1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa

El proyecto de graduación se desarrollará en la empresa EMC Tecnología S. A., concretamente en el área de Solder.

Misión

La compañía EMC Tecnología S. A., plantea como **misión** para su desarrollo:

Manufacturar y exportar atenuadores de frecuencia y resistencias terminales para uso en radiofrecuencia y microondas. Los productos que se fabriquen serán del más alto valor posible que cumplan o excedan los requerimientos o expectativas de nuestros clientes, esforzándonos por mejorarlos continuamente, cumpliendo con la rentabilidad esperada de los accionistas y proporcionando a nuestros empleados condiciones justas y competitivas.

Visión

Ser los mejores en lo que hacemos, retando constantemente nuestros límites para llevar la tecnología a la vida, entregando excelencia y construyendo juntos nuestro futuro.

Antecedentes históricos

EMC Tecnología Inc., la casa matriz, fue fundada en 1963 en el estado de Pennsylvania por Stephan H. Rollin, con el propósito de producir resistencias de alta potencia y microondas.

Para el año 1997 la alta gerencia de EMC Tecnología Inc., operando desde su sede actual en Nueva Jersey, incorporó dentro de sus objetivos estratégicos el establecer una fábrica alterna fuera de los EEUU. Se evaluó entonces la posibilidad de establecerla en México, Irlanda o Costa Rica. Durante la primera mitad de 1997 un grupo de Gerentes de EMC Tecnología Inc. visitó Costa Rica y evaluó las ventajas de producir bajo el Régimen de Zonas Francas.

Como parte del proceso visitaron varias zonas francas del país, tanto en el Valle Central como en Cartago y Puntarenas. Después de visitar las zonas francas decidieron establecerse en el valle central del país en la Zona Franca Metropolitana. Una vez escogida la localización de la planta era hora de escoger el equipo de trabajo para arrancar la planta.

A mediados de julio de 1997 escogieron al Gerente General. Entre agosto y setiembre de ese mismo año se contrató el personal clave para iniciar el entrenamiento en los EEUU. Durante los meses de setiembre, octubre y diciembre el personal clave recibió entrenamiento en los EEUU, donde aprendieron la tecnología utilizada en el

proceso de fabricación. Pasaron por el entrenamiento en las diferentes celdas y procesos de manufactura que actualmente se tienen en Costa Rica.

El 25 de noviembre de 1997 se presentó al gobierno de Costa Rica la solicitud para incorporarse al régimen de Zonas Francas, al amparo de la ley #7210 del país. El gobierno resolvió positivamente la solicitud el 1 de diciembre de 1997 y se publicó en La Gaceta del 26 de enero de 1998, el acuerdo ejecutivo de otorgar a Compañía EMC Tecnología S. A. el permiso para operar bajo dicho régimen.

Durante los primeros días de febrero de 1998 dieron inicio los trabajos para el acondicionamiento de las instalaciones. Los equipos de producción comenzaron a instalarse a principios de marzo de 1998 y se terminaron en abril de 1998. En abril de 1998 llegó el primer lote de materiales para producción. Se inició la producción con un lote de un producto conocido como el 8475. El 27 de abril se produjeron las primeras 520 piezas, de un lote de 10,000 unidades. Para el 8 de mayo de 1998 se había terminado el primer lote completamente. El rendimiento fue de un 99.3 %. El 19 de mayo se estaba haciendo la primera exportación desde Costa Rica, 9902 piezas del producto 8475 iban camino a los EEUU.

En setiembre de 1998 un grupo de inversionistas de los EEUU les compró a los dueños originales la mayoría de las acciones. Un año más tarde iniciaron las negociaciones para vender el 100 % de las acciones a una empresa del Reino Unido. El 14 de febrero del 2000 se concretó la venta a la empresa Smiths Industries una compañía de más de 15,000 empleados fundada en 1851 por Samuel Smiths y con ventas que superaron en 1999 los \$2,000 millones. Esta empresa es la actual dueña de EMC.

En el año 2015 se contempló para un mayor crecimiento de la Compañía EMC Tecnología cambiar el parque industrial, para cumplir con los ideales de rentabilidad de la empresa. Se seleccionó la Zona Franca Coyol, ubicada en el Coyol de Alajuela, donde el nuevo edificio es un 33 % más grande y cuenta con todas las facilidades para continuar el negocio.

En el mes de abril del 2017, de forma general la compañía cambió el nombre, en adelante EMC Tecnología será “SmithsInterconnect”.



Figura 1. Cambio de nombre de EMC

Fuente: Internet, EMC & RF LABS

Ubicación geográfica

EMC Tecnología S. A., se localiza en la Zona Franca Coyol de Alajuela.

La compañía cuenta con un tamaño de aproximadamente 1,300 m².

Organización

La organización gerencial de la compañía se presenta en la siguiente figura:

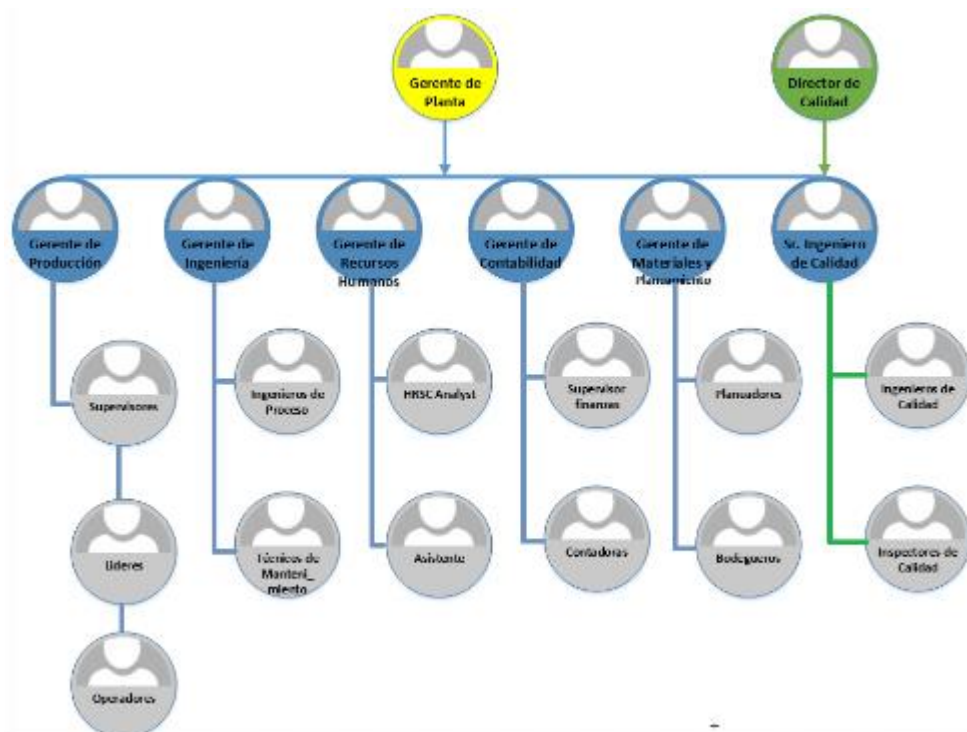


Figura 2. Organigrama Gerencial EMC Tecnología S. A.

Fuente: Departamento Recursos Humanos EMC Tecnología

Número de empleados

En la actualidad la empresa cuenta con un total de 200 empleados, distribuidos entre personal de planta, bodega, administración y mantenimiento. En algunas ocasiones este número aumenta entre 250-300 empleados, debido a la demanda de producción.

Componentes producidos en Costa Rica

- Atenuadores variables de temperatura.



Figura 3. Thermopad TVA

Fuente: Internet, EMC & RF LABS

- Resistencias de RF de baja y alta potencia, incluidos chips de montaje en superficie, chips de lengüeta y tapa, bridas montadas y tipos de varillas.



Figura 4. Componentes Resistivos EMC Tecnología

Fuente: Internet, EMC & RF LABS

- Elaboración de Cables Coaxiales.



Figura 5. Cables Coaxiales

Fuente: Internet, EMC & RF LABS

1.1.2 Justificación del problema

Actualmente, la compañía es proveedora líder de componentes electrónicos, subsistemas, microondas y productos de radiofrecuencia técnicamente diferenciados. Cuenta con un proceso en el que se realiza el ensamble de subcomponentes dentro de un molde para posteriormente continuar el proceso llamado *SolderReflow*, el cual consiste en hacer fluir soldadura en lámina que previamente se colocó por medio de un horno o por un *TermoFlow*. Luego los componentes se instalan en un molde (*fixture*) para colocarlos en una máquina que dispensa Epoxy.

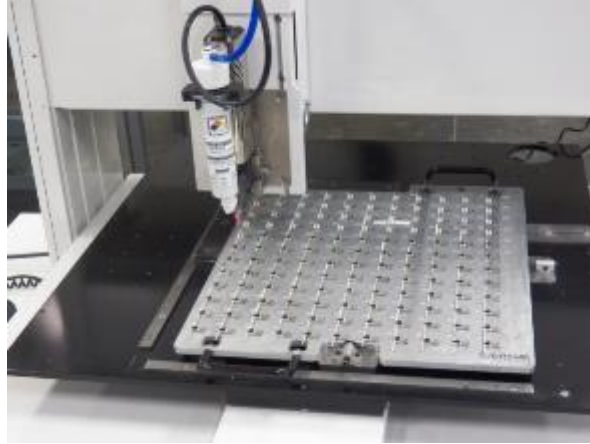


Figura 6. Máquina dispensadora de EPOXY

Fuente: EMC Tecnología

Después de este proceso se colocan los covers correspondientes de cada componente, luego se curan los componentes para finalmente realizar las pruebas para verificar que cumplan con los valores establecidos y así empacarlas y enviarlas a bodega.

En este momento este proceso es manual, con excepción de la máquina que dispensa Epoxy, se necesitan de 3 a 6 operarios para cumplir la demanda y piezas por hora, en cada parte del proceso. En la actualidad están inconformes con los resultados, específicamente según reporta el ingeniero de proceso Roger Estrada, no se está cumpliendo con la meta por el tiempo de espera y la calidad del producto y se pierde hasta un 10 % de los componentes (sub ensambles) que pasan al proceso de re fluido, y han existido un par de casos en el transcurso de un año donde se ha perdido hasta el 50 % del material. Aunque los operarios están entrenados para realizar de manera efectiva su labor, se pueden ver afectados por distintos factores, afirma Torbeck (citado por Montoya): “los seres humanos son falibles y altamente influenciado por las

actitudes y del día a día la sensación de bienestar, la enfermedad y la fatiga, también lo que puede ser visible a un inspector puede no ser visible a otro” (2010, s. p.).

La compañía tiene tres métricas estadísticas las cuales se miden dentro para controlar la producción.

- **Control estadístico de piezas buenas.** Conocido internamente como: “Yield”, consiste en medir qué porcentaje de piezas buenas obtiene cada orden de producción. La meta para los productos que requieren ensamblarse es de 100 %, ya que es un proceso de ensamble en teoría estandarizado, pero en la actualidad existe mucha fluctuación en los resultados cuyo promedio es de 96 %.
- **Control estadístico de partes malas.** Conocido internamente como: “scrap “, se mide igual que el anterior, pero esta métrica tiene como propósito llevar control de los desperdicios, asegurando que las piezas buenas producidas en la compañía salieron con los materiales necesarios, sin generar desperdicios. Esta métrica es a nivel general o global en la compañía y tiene un límite superior al 4.2 %, pero se debe tener en cuenta que este porcentaje incluye el resultado de otros procesos.
- **Métrica de entregas a tiempo.** Internamente conocida como: OTD, esto por su significado en Ingles “On Time Delivery”, esta métrica consiste en verificar que las entregas a los clientes se realicen en la fecha pactada. Se toma esta métrica como referencia también para justificar este proyecto, porque es una de las medidas más importantes para el sistema

de gestión interno. La meta para esta métrica es del 99.8 % y actualmente, el promedio está en 94 % a nivel global de compañía.

Nota importante: Los datos son discretos debido a que la compañía EMC tecnología aún no ha otorgado la autorización para uso de información interna, la cual se solicitó el martes 02 de mayo del año en curso, aunque hay que aclarar que los datos los otorgaron los departamentos de Planificación, Producción y Calidad.

Este proyecto tiene como propósito ayudar a la empresa a cumplir y controlar las métricas mencionadas. Según informes preliminares se han generado dos pérdidas significativas en el actual año fiscal, que ambas suman \$18 000 y han generado re-trabajos a algunas partes que lo permiten, las que han sumado alrededor de \$12 000 en el mismo año.

Un segundo propósito es disminuir tiempos de espera (por el ensamble manual), mejorar la calidad del ensamble y que sea un proceso repetible y confiable, para el desarrollo y ahorro en las actividades de la empresa. El fallo reportado corresponde a errores en el proceso manual. Según describe el Ingeniero de proceso, el proceso sufre los siguientes problemas:

- 1-Tiempo de espera: Como es un proceso manual, se necesitan de 3 a 6 operarios para cumplir la meta de los covers que requieren ser ensamblados, tomando en cuenta que se toma alrededor de 70 segundos para colocar el cover, pero por causas como cansancio, fatiga, experiencia entre otros problemas este tiempo se incrementa considerablemente y no se cumple con las piezas establecidas por hora.
- 2- Calidad del Producto: en determinado momento los operarios pueden ensamblar un cover torcido o sin limpiar y así pasan al proceso de curado, una vez que el componente pasa por este proceso no se puede arreglar, teniendo que desechar componentes porque no cumplen con los estándares establecidos.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 La idea del problema

El proceso de ensamble en el área de Solder de la compañía EMC Tecnología S. A. no cumple con las métricas internas de la empresa, porque es un proceso manual y existen problemas de calidad y tiempo de espera. El proyecto estará centrado en la parte de la colocación de los covers a los componentes. En la actualidad, un operario es el encargado de colocar los componentes en un Fixture para ponerlo en la máquina dispensadora de Epoxy, para luego entregar el producto con Epoxy a los operarios encargados de la colocación de *covers*, quienes tienen que desmontarlos del molde, para iniciar el proceso ajustando el *cover* y luego limpiando el exceso de epoxy, para curar los componentes ya listos.

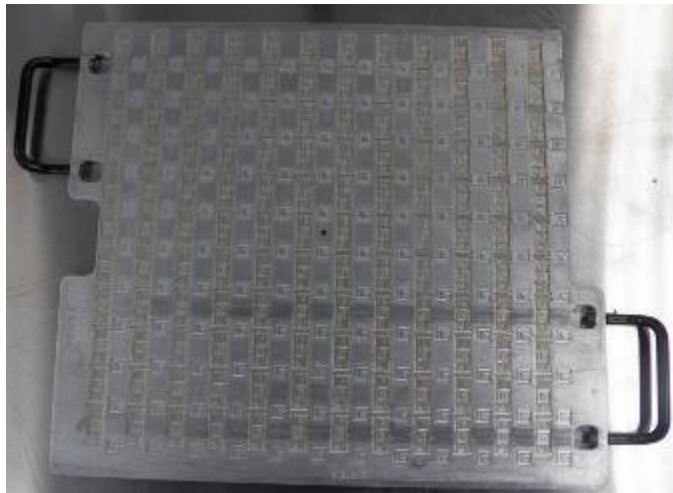


Figura 7. Fixture

Fuente: EMC Tecnología

Es un proceso muy tedioso y en él se pierde mucho tiempo en proceso de montaje de los componentes en el Fixture, para luego desmontarlos. Para que

posteriormente cada operario ajusta el *cover*, donde entra en juego los factores físicos y mentales antes nombrados.



Figura 8. Proceso de Ensamble de covers

Fuente: EMC Tecnología

1.2.2 La pregunta del problema

¿De qué manera se puede diseñar un proceso automático para contrarrestar los tiempos de espera y aumentar la calidad del producto en el proceso de ensamble de *covers*, en la compañía EMC Tecnología S. A., en el período de mayo a noviembre, 2017?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un proceso automático en el área de Solder que minimice los tiempos de espera y mejore la calidad del ensamble de los *covers*, durante el segundo cuatrimestre del año 2017.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar cómo afecta la productividad de la compañía el proceso manual en tiempos de espera y la calidad de cada uno de los productos que se fabrican en la compañía.
- Elaborar una propuesta de diseño de un sistema automatizado, tomando en cuenta para su elaboración: requerimientos de las tareas, distribución y diseño de puestos de trabajo y mobiliario, disminución del tiempo de espera.
- Diseñar un programa que sea simple para el uso de los operarios, además, de que lleve un registro de cada orden en la que se usó el sistema.
- Desarrollar un manual de usuario que facilite el uso adecuado del sistema para el operario.
- Evaluar el costo beneficio de la propuesta.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

El desarrollo del presente proyecto pretende mejorar las métricas de la empresa EMC Tecnología, mediante la evaluación, análisis e implementación de un sistema automatizado.

Con lo anterior se busca optimizar el proceso productivo, mediante el diseño del sistema y con esto reducir la mano de obra y tiempo de espera, así como contribuir a un óptimo desempeño de los trabajadores. Por lo tanto, desde una perspectiva global,

la realización del proyecto, como producto final, pretende satisfacer las necesidades del patrono (eficiencia productiva).

Otro aspecto en que se quiere mejorar es la disposición de la empresa para implementar la automatización en otros dispositivos o procesos con la implementación y demostrando la efectividad del sistema.

1.4.2 Limitaciones

Por la alta demanda que tiene la compañía es complicado contar con el material necesario para realizar las pruebas del sistema que se está implementando, ya que casi todos los componentes fabricados son para producción, por lo cual se debe coordinar con mucha anticipación el día en que se pueda solicitar productos para pruebas y no parar la línea de producción.

Otro aspecto a considerar, es el alto grado de confidencialidad que mantiene la empresa para brindar información para la elaborar la práctica supervisada.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 PROCESO

Un proceso es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr algún resultado específico. Los procesos son mecanismos de comportamiento que diseñan los hombres para mejorar la productividad de algo, para establecer un orden o eliminar algún tipo de problema. El concepto puede emplearse en una amplia variedad de contextos, por ejemplo, en el ámbito jurídico, en el de la informática o en el de la empresa. Es importante en este sentido hacer hincapié que los procesos son ante todo procedimientos diseñados para servicio del hombre en alguna medida, como una forma determinada de accionar.

Todo proceso que se pretende automatizar puede descomponerse para su análisis en dos partes: una parte operativa, que comprende las acciones que determinados elementos, como motores, cilindros neumáticos, válvulas, etc., realizan sobre el proceso y una parte de control que programa las secuencias necesarias para la actuación de la parte operativa (Romera, Lorite y Montoro, 1994).

Por lo que es necesario contar con un sistema, máquina o herramienta que permita unir las dos partes del proceso según las especificaciones iniciales a partir de la integración de los sistemas de control, sistema mecánico, diseño de la parte eléctrica y luego el control.

2.2 AUTOMATIZACIÓN

Es un sistema el cual busca controlar una tarea física o mental, sustituyendo a los operarios manuales por operarios artificiales. Es un proceso que abarca varios conocimientos y métodos de diversas ramas de la ingeniería. Se aplica en sistemas mecánicos, electrónicos, los cuales se programan para ejecutar una tarea específica.

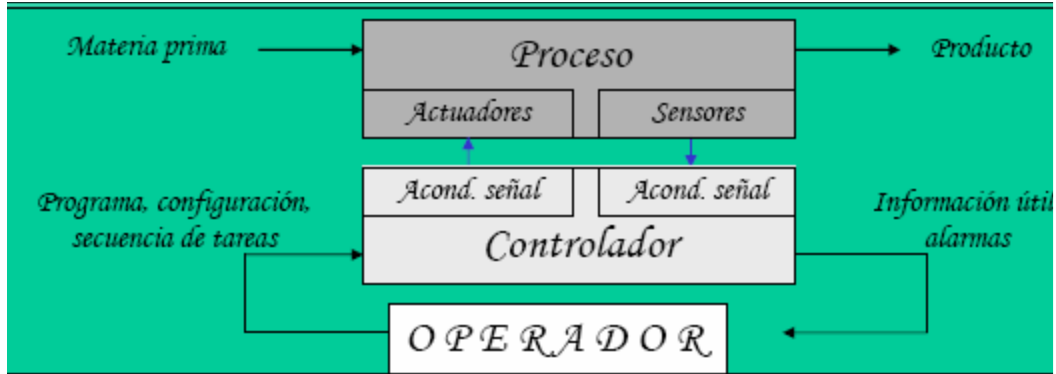


Figura 9. Proceso de automatización

Fuente: Ruedas, 2008, p.5

Existen varios niveles de automatización:

- Operación manual: no se utilizan máquinas en el proceso, el ser humano es el que realiza el trabajo.
- Mecanizado: una máquina es la que realiza la tarea, pero es controlado por un operario.
- Automatización parcial: la máquina efectúa diversas tareas de manera autónoma, pero requiere la ayuda de un humano para poner o retirar piezas.
- Automatización total: la máquina es 100 % autónoma, esto quiere decir que no necesita la intervención humana, el operador se encarga solo de tareas de supervisión y mantenimiento.

La automatización tiene varios objetivos dentro de una empresa:

- Aumenta la productividad, disminuyendo costos.
- Mejora las condiciones de trabajo, incrementando la seguridad.
- Elaborar las tareas difíciles o imposibles de hacer manualmente.

2.3 MICROCONTROLADORES Y MICROPROCESADORES

Existen muchas soluciones y dispositivos para el diseño del sistema de automatización, por ejemplo, los microcontroladores y microprocesadores. “Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador” (Aguayo, 2004, p.8). El objetivo principal del microcontrolador es realizar y ejecutar los comandos que el programador escribe.

Asimismo, De la Cruz *et al.* (2010) definen un microcontrolador “como un dispositivo electrónico encapsulado en un chip, capaz de ejecutar un programa” (p. 2).

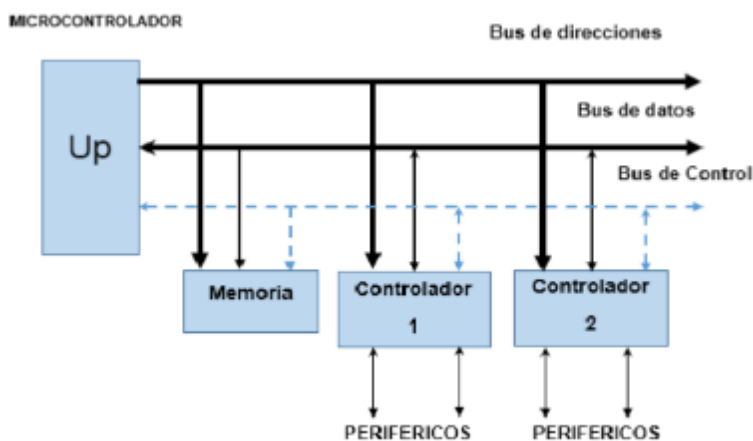


Figura 10. Arquitectura de un microcontrolador

Fuente: Aguayo, 2004, p.4

Los microprocesadores son circuitos integrados que en 1969 revolucionaron el diseño de los dispositivos. Intel creó el primer microprocesador llamado 4004. Este nuevo diseño permite que se pueda utilizar el mismo *hardware* para varias funciones, que son controladas en la programación del microprocesador.

En la actualidad la mayoría de los dispositivos electrónicos cuentan con microprocesadores en su interior que simplifican tareas. El microprocesador es la parte fundamental de un microcontrolador, es el encargado de direccionar la memoria de instrucciones, buscar los comandos, ejecuta la operación y guarda los resultados.

2.3.1 Ventajas de los microprocesadores

Los microprocesadores o sistemas programables permiten diseñar e implementar interfaces hombre-máquina y máquina-máquina para la automatización de sistemas, integrar soluciones computacionales con diferentes tecnologías, plataformas o dispositivos y más ventajas, por ejemplo:

- Bajo costo.
- Bajo consumo de corriente.
- Variedad de modelos para cada necesidad.
- Modelos con convertidores A/D.
- Herramientas de desarrollo gratuitas.
- Mucha información técnica y gratuita.
- Salidas PWM.

En la actualidad existen dos sistemas programables que están siendo muy utilizados en proyectos, educación y empresas, se trata del Arduino y el Raspberry Pi. El Arduino es un dispositivo de código abierto que se basa en un *software* y *hardware* fáciles de usar. Las tarjetas Arduino son capaces de leer las entradas por medio de distintos sensores y convertir dichas entradas en una salida que pueda activar un motor, encender un LED, publicar algo en línea.

Debido a la experiencia con el usuario, que es bastante sencilla y accesible, se utiliza en muchas aplicaciones y proyectos. Es bastante económico comparado con otras plataformas de microcontroladores, tiene la ventaja de que puede utilizarse en distintos sistemas operativos (Windows, Macintosh OSX y Linux) y el ambiente de programación es fácil de usar y aprender para personas con poco conocimiento de programación.

Al igual que el Arduino, el Raspberry Pi se puede utilizar en múltiples aplicaciones, es fácil de usar y programar. Puede conectarse con sensores, módulos, cámaras, entre otros componentes para crear un programa que cumpla con los requisitos de un proyecto determinado. La gran diferencia con el Arduino es que el entorno del Raspberry Pi es más amigable con el usuario, además, tiene más herramientas que facilitan el diseño e implementación de una interfaz gráfica.

2.4 RASPBERRY PI

El Raspberry Pi es una computadora de tamaño de tarjeta de crédito que se conecta a su TV y un teclado. Es un pequeño ordenador capaz de ser utilizado en proyectos de electrónica, y para muchas de las cosas que hace su PC de escritorio, como hojas de cálculo, procesamiento de textos, navegación por Internet y juegos. También reproduce video de alta definición. Queremos verlo siendo utilizado por adultos y niños de todo el mundo para aprender la programación y la creación digital (Raspberry, 2016, s. p.).

Fue creado como un proyecto de código abierto, para ser un microcontrolador de bajo costo destinado a la educación y disminuir la brecha tecnológica entre países ricos y otros que no tienen tanto acceso a la tecnología. No obstante, su uso se ha incrementado para muchos proyectos y diferentes empresas han empezado a utilizarlos para varias aplicaciones como HTPC, NAS, servidores web, entre otros.



Figura 11. Raspberry Pi3

Fuente: Internet, Amazon, 2017

2.4.1 Características del Raspberry Pi

Algunas características físicas de este microcontrolador, por las que se seleccionó para controlar la máquina CNC y diseñar la interfaz gráfica, es la gran cantidad de pines GPIO disponibles, lo que permite que se puedan conectar varios dispositivos como sensores, módulos, entre otros. Además de esta característica se enumeran otras a continuación:

- Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 de 64 bits
- 1GB de RAM
- BCM43438 LAN inalámbrica y Bluetooth de baja energía (BLE) a bordo
- GPIO 40 pines
- puertos USB 2
- Salida estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto
- HDMI de tamaño completo
- Puerto de cámara CSI para conectar una cámara Raspberry Pi
- Puerto de pantalla DSI para conectar una pantalla táctil Raspberry Pi

- Puerto Micro SD para cargar su sistema operativo y almacenar datos
- Fuente de alimentación micro USB conmutada actualizada de hasta 2.5 A

2.4.2 Ventajas del Raspberry Pi

Además de sus características físicas cabe destacar algunas ventajas del Raspberry que facilitaron su implementación en la máquina CNC:

- Bajo consumo eléctrico, lo que permite que se pueda mantener encendido durante largos periodos de tiempo sin que esto signifique un costo importante.
- Su bajo precio lo hace bastante accesible.
- Variedad de accesorios disponibles como cámaras, pantallas, sensores, etc.
- Se puede instalar en casi cualquier lugar debido a que su tamaño no es más grande que una tarjeta de crédito.

2.4.3 Desventajas del Raspberry Pi

Es importante resaltar algunas desventajas del Raspberry Pi y valorarlas antes de su instalación, se pueden mencionar las siguientes desventajas:

- Requiere conocimiento de programación para su configuración.
- Su microprocesador no es compatible para trabajar con particiones NTFS.
- En momentos su velocidad de transferencia se ve limitada, ya que comparte el mismo bus para los puertos USB y la conexión LAN.
- No tiene un módulo RTC instalado para mantener la hora y fecha actualizada, aunque se encuentre apagado.

2.4.4 Raspbian

Raspbian es un sistema operativo libre y gratuito basado en Debian y optimizado para el *hardware* de la Raspberry Pi. Es el sistema operativo recomendado para el uso del Raspberry Pi, contiene más de 35,000 paquetes para facilitar el uso y la instalación de lo que se necesita para el uso del Raspberry Pi. Además, es un proyecto en desarrollo activo, con énfasis en mejorar la estabilidad y el rendimiento de tantos paquetes Debian como sea posible.



Figura 12. Raspbian

Fuente: Internet, Microsoft, 2017

2.5 PROGRAMACIÓN

“La programación es un gran recurso que nos permite crear diversas secuencias de pasos lógicos que van a satisfacer nuestras necesidades y las de nuestros sistemas. Programar es todo un arte que requiere de una gran habilidad lógica y concentración por parte del programador” (Libro básico de Arduino, 2012, p. 32).

En la actualidad, estudiantes, profesionales y personas de todo tipo y condición utilizan la red, computadoras o herramientas para consultar, trabajar, comunicarse, entre otras aplicaciones. Todas estas actividades son posibles gracias a la disponibilidad de diferentes aplicaciones de *software* conocidos como programas de computadora. Estos programas son instrucciones a la computadora, sin estos la

computadora sería una máquina vacía. Un conjunto de estas instrucciones de programa controla y coordina los componentes *hardware* de la computadora y así se controlan las funciones del sistema.

Las operaciones que debe realizar el *hardware* se especifican en una lista de instrucciones, el proceso de escritura o codificación de un programa se llama programación. Para poder escribir estas instrucciones se deben utilizar lenguajes de computación. Existen varios tipos de lenguajes de programación, cada lenguaje está enfocado a distintos propósitos. Algunos de ellos son Java, C, C++, Python y muchos más.

En la programación y en cada uno de los diferentes tipos de lenguajes de programación existen ciertos archivos que se importan en el programa, dichos archivos contienen las especificaciones de diferentes funcionalidades ya construidas y que se pueden utilizar en el programa. Estos archivos se denominan librerías (o bibliotecas), al incluirlas en el programa se ahorran tiempo de programación, permiten llevar a cabo diferentes tareas y funciones. Por ejemplo, existen librerías para usar fácilmente una pantalla LCD, para utilizar funciones matemáticas, de tiempo, librerías para facilitar la creación de interfaces gráficas como es el caso de Tkinter y Canvas, entre otras.

2.5.1 Tkinter

Tkinter consiste en una serie de módulos que contienen funciones para el desarrollo de interfaces de usuario con mucha facilidad, es multiplataforma y viene incluido con Python. Se le considera el estándar más empleado en la programación GUI con Python.

Cuando se creó Tkinter su uso no era muy extendido entre los usuarios porque su integración visual con los sistemas operativos no era muy buena y proporcionaba pocos *widgets* para construir los programas gráficos. A partir de Tkinter 8.5 la situación cambió ya que se mejoró el aspecto visual notablemente, se incrementó la cantidad de *widgets*, la posibilidad de trabajar con estilos para personalizar totalmente la estética de un programa. El uso de estos elementos permite la creación de una aplicación grafica con distintos elementos como: ventanas, widgets, menús, fuentes, imágenes, etc.

2.6 BREAKOUT BOARD

Son tarjetas con único componente debido a sus pequeñas dimensiones, además, por esta misma razón son fáciles de usar. Por lo general, el componente eléctrico es un circuito integrado, el cual puede realizar múltiples tareas. En la mayoría de los casos tienen pines para suministrar potencia, una conexión a tierra, para recibir entradas y para enviar una salida.

El uso de *breakoutsboards* en un proyecto tiene varias ventajas: por su tamaño pequeño se puede ahorrar gran cantidad de espacio, además, la mayoría de los integrados son SMD (dispositivo montado en superficie). Sus pines están elaborados para que resistan y están diseñados para ser reutilizados. Una gran característica de estas placas es que tienen los nombres de los pines etiquetados en la PCB, esto hace que su conexión sea mucho más fácil. Para su uso deben tener conexiones soldadas, lo que implica la necesidad de contar con un soldador y tener habilidad para esta tarea. Hay que tener en cuenta las tensiones de los componentes que contiene, así elegir correctamente la potencia adecuada.

Hay todo tipo de tableros de arranque, pero la mayoría son para diferentes tipos de sensores, por ejemplo: acelerómetros, sensores de distancia ultrasónicos, sensores de etiquetas RFID, sensores de temperatura, sensores de presión e incluso tienen tarjetas de corte sísmicas.



Figura 13. Ejemplos de Breakoutboards

Fuente: Internet, Digkey, 2016

2.7 SENSORES

“Un sensor es un dispositivo eléctrico que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos donde convierte las magnitudes físicas o químicas en valores medibles” (definicion.de, s. f.).

Los sensores son muy útiles en los sistemas implementados en la actualidad, ya que permiten medir distintos tipos de señales, esto lo logran al usar las propiedades de los materiales de los que están hechos y comparar su comportamiento antes las variaciones de la señal a medir.

Muchos de los sensores que se utilizan en la actualidad son eléctricos, aunque existen de diferentes tipos y las magnitudes a medir son fenómenos físicos como velocidad, aceleración, tamaño, etc. Se pueden mencionar los sensores de temperatura, humedad, fuerza y sonido. Pueden clasificarse de la siguiente manera:

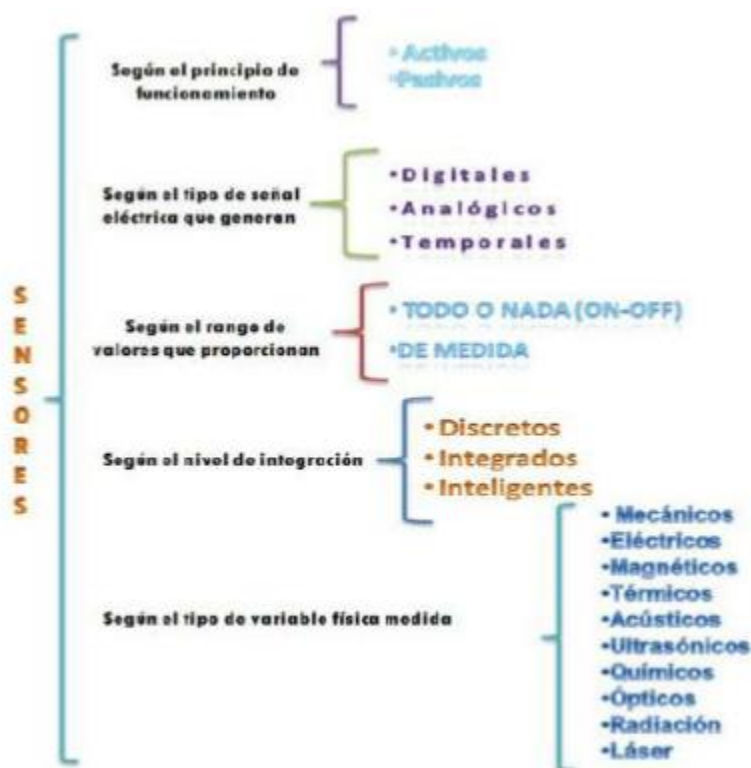


Figura 14. Clasificación de sensores

Fuente: Thelastlabproject, 2014

2.7.1 Sensores de Luz

Estos sensores funcionan modificando las propiedades de sus componentes a variar la intensidad de luz que reciben. Un sensor fotoeléctrico requiere un componente que genera luz y uno que lo recibe, se pueden utilizar fotorresistores y fotodiodos. Estos últimos son semiconductores por lo que funcionan según sus uniones P-N. Por esto, se forman los fototransistores en los que la luz incide sobre la región de la base

haciéndolo más sensible que el fotodiodo por el efecto de ganancia del transistor, en estas aplicaciones.

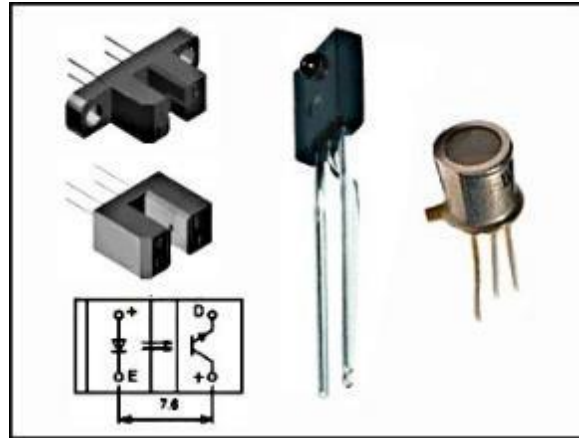


Figura 15. Formatos de fototransistores

Fuente: Internet, La Web de Anilandro

Estos sensores se utilizan en muchas aplicaciones industriales, principalmente en la detección, ausencia, clasificación y posicionamiento de objetos, monitoreo, medición, control, detección de colores y procesamiento. Un ejemplo en donde se pueden encontrar es en los ascensores, en las puertas donde se evita que se cierre si alguien va a ingresar o salir del ascensor.

2.8 MOTORES

2.8.1 Motores de Corriente Directa (DC)

La máquina cd giratoria más sencilla, consta de una espira sencilla de alambre que gira sobre un eje fijo. La parte giratoria se llama rotor y la parte estacionaria se llama estator (normalmente en ella se produce el campo magnético). Estos motores transforman la energía eléctrica en movimiento rotacional y su principal característica es su capacidad de regular su velocidad desde cero hasta la máxima diseñada.

Los motores de corriente directa pueden variar la dirección del giro dependiendo del sentido del flujo de corriente que se les aplique, la fuente de voltaje que los alimenta determinará el sentido, siempre y cuando esté en el rango de operación del motor. Por sí solos los motores no detectan la posición en su giro, sino que giran a máxima velocidad una vez alimentados. Para esto existen varios tipos para controlar esta característica, siendo la configuración de un circuito llamado Puente-H uno de los más comunes y adecuados para este control.

2.8.2 Motor Paso a Paso (Stepper)

Un motor paso a paso es un motor eléctrico sin escobillas, síncrono que convierte impulsos digitales en rotaciones mecánicas del eje. Cada rotación de un motor paso a paso se divide en un número determinado de pasos, a veces, hasta 200 pasos. El motor paso a paso debe recibir un pulso separado para cada paso. El motor paso a paso solo puede recibir un pulso y dar un paso a la vez y cada paso debe ser la misma longitud. Puesto que cada impulso da como resultado que el motor gire un ángulo preciso típicamente 1,8 grados ofrece un gran control y precisión en su movimiento rotacional.

Existen tres tipos de motor paso a paso:

- Reductancia variable
- Imán permanente
- Híbrido

2.8.2.1 Motor paso a paso de reductancia variable

Es el menos común y se utiliza generalmente cuando no se necesita un alto grado de torque, por ejemplo, el posicionamiento de un mando de desplazamiento. Su

característica principal es que no utiliza un campo magnético permanente, por lo que puede moverse sin un par de parada.

2.8.2.2 Motor paso a paso de imán permanente

Se dividen en dos y son los más utilizados en el campo de la robótica.

Bipolar: se identifica porque posee solo cuatro cables de alimentación, para controlarlos se necesita un puente H para cada bobina, por lo que para controlar este tipo de motor de cuatro cables (dos bobinas), se necesitan usar dos puentes H. Por lo que la tarjeta controladora se vuelve más compleja y costosa, esto ocasiona que su uso no sea tan común como el del motor unipolar.

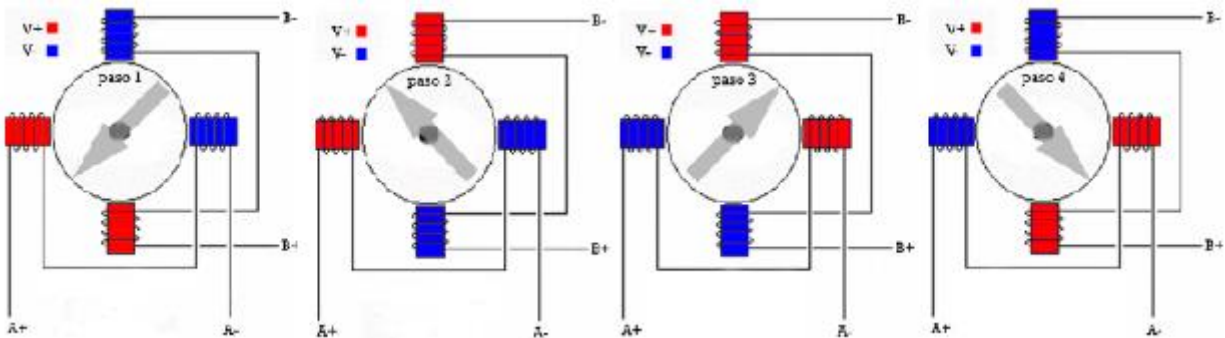


Figura 16. Secuencia de control de un motor bipolar

Fuente: Internet, Ingeniería mecafenix

Unipolar: a diferencia del motor bipolar contiene de cinco a seis cables de alimentación, cuatro que reciben los pulsos que indican la secuencia y los otros sirven como alimentación del motor. Este tipo de motores son más fáciles de controlar.

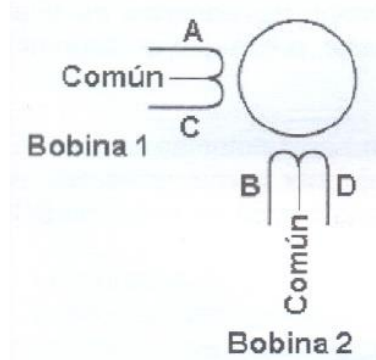


Figura 17. Motor unipolar

Fuente: Stern, p.42

Además, existen tres secuencias de manejo:

- Secuencia normal: el movimiento avanza un paso a la vez, porque existen dos bobinas activadas, lo que permite un alto torque de paso.

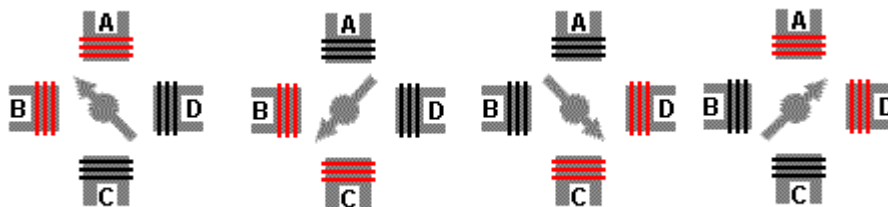


Figura 18. Control de motor unipolar en secuencia normal

Fuente: Internet, Ingeniería mecafenix

- Secuencia paso completo: se activa una bobina a la vez, lo que permite que el eje del motor gire hacia la bobina activa, su funcionamiento es más suave, pero pierde potencia de torque.

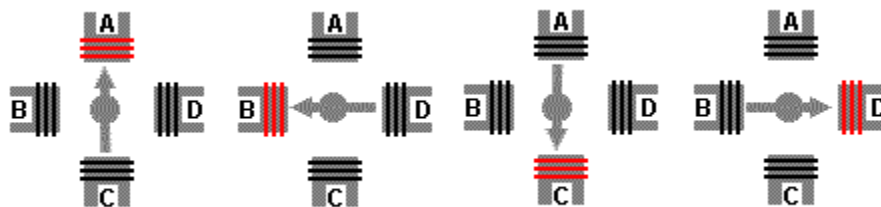


Figura 19. Control de motor unipolar en secuencia paso completo

Fuente: Internet, Ingeniería mecafenix

- Secuencia medio paso: las bobinas se van activando combinando las dos secuencias anteriores, obteniendo un paso más corto del motor, exactamente la mitad del paso de las secuencias anteriores.

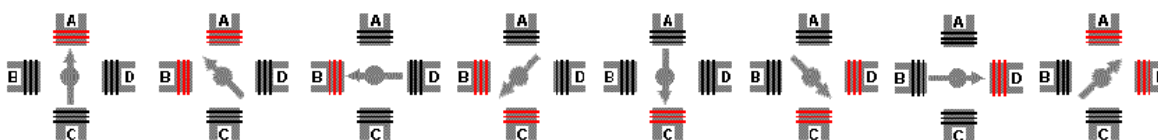


Figura 20. Control de motor unipolar en secuencia medio paso

Fuente: Internet, Ingeniería mecafenix

Además de estos tipos de motores existen los **motores paso a paso híbridos**, que es un motor que combina los otros dos tipos de motor paso a paso para lograr su funcionamiento.

2.8.3 Servo motor

Los servomotores son motores de DC que en el mismo cuerpo del dispositivo cuentan con un sensor de posición el cual permite identificar las posiciones angulares del eje. En muchas versiones, este sensor de posición es una resistencia variable la cual se convierte en el eje del motor, por lo que el rango de giro puede quedar limitado al rango del potenciómetro.

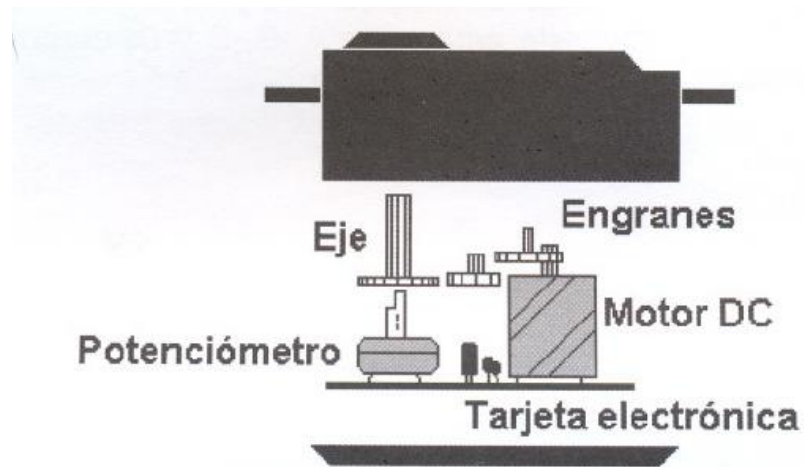


Figura 21. Diseño de un Servo Motor

Fuente: Stern, p.44

2.9 MÁQUINA CNC

También conocido como control numérico computarizado, consiste en el uso de una computadora para controlar los movimientos de una máquina. Este tipo de máquinas se utilizan en fresadoras, torno, máquinas de corte, entre otras. Esta máquina trabaja con una serie de motores (servo motor o motores pasos a paso), los cuales se configuran y programan para que realicen movimientos coordinados entre sí, en los ejes X, Y, Z. Una máquina CNC, por lo tanto, consiste en seis elementos principales:

- Dispositivo de entrada
- Unidad de control o controlador
- Máquina herramienta
- Sistema de accionamiento
- Dispositivos de realimentación (solo en sistemas con servomotores)
- Monitor

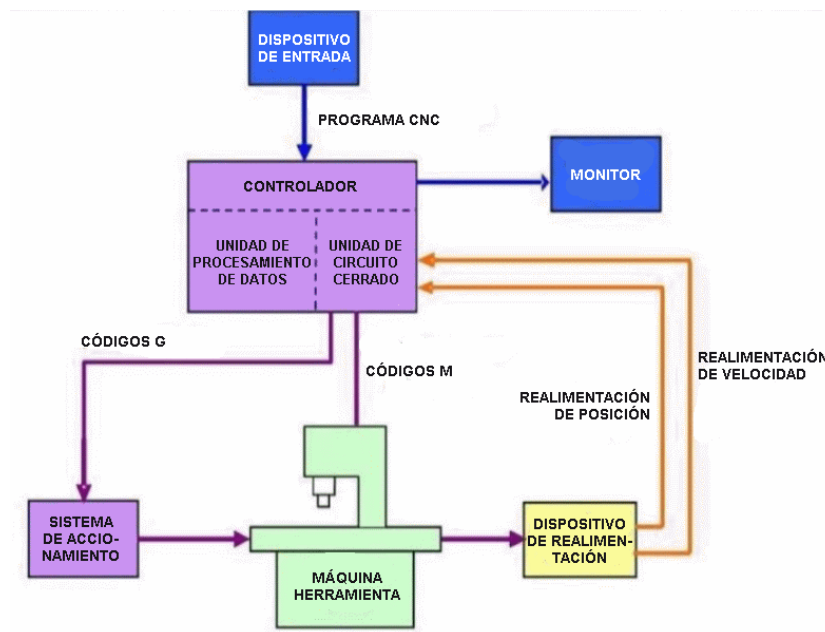


Figura 22. Diagrama de bloques de una máquina CNC

Fuente: Internet, De máquinas y herramientas

El uso de la máquina CNC permitirá mejorar la precisión en el proceso de ensamblaje de *covers*, ya que funciona a partir de un programa y sus funciones son controladas por *software*, lo que permite que los procesos terminen antes y disminuye el número de errores, lo que mejora la productividad. Con la incorporación de máquinas CNC, la empresa puede realizar operaciones más complejas sin la intervención de un operador, esto reduce considerablemente los costes de incorporación y formación de operadores, también reduce los errores humanos y accidentes que ocurren en los procesos manuales.

La máquina CNC puede ejecutar procesos complejos que requerirían operarios, esfuerzo y tiempo, todo lo que se tiene que hacer es configurar la máquina e integrar los programas. Los operadores son necesarios para supervisar la máquina y los procesos y, por lo tanto, se puede ejecutar el proceso sin interrupciones o fallos. Con

estas ventajas la empresa puede ser más eficiente y producir más componentes en menor tiempo.

2.10 NEUMÁTICA

Es una tecnología que emplea un gas, normalmente aire comprimido, como transmisión de energía para mover y hacer un mecanismo. Se puede conseguir un motor en movimiento giratorio o accionar un cilindro para que tenga un movimiento rectilíneo. Sus aplicaciones son muy variadas, para abrir o cerrar puertas de trenes o autobuses, levantar objetos pesados, etc. Los circuitos neumáticos básicos están formados por elementos que tienen la función de crear el aire comprimido, la distribución y el control del aire. En este proyecto se utilizará este concepto para crear un vacío que permita tomar las piezas que se necesitan ensamblar en el proceso, sin tener la necesidad de adquirir una bomba de vacío.

2.10.1 Generación de vacío tipo Venturi

Estos generadores son muy empleados en tareas de manipulación de piezas en sistemas neumáticos automatizados. Albores (2017) afirma: “un generador de vacío tipo Venturi también es llamado eyector de vacío. Es un componente de tres orificios que tiene 2 toberas entre una cámara de vacío” (s. p.).

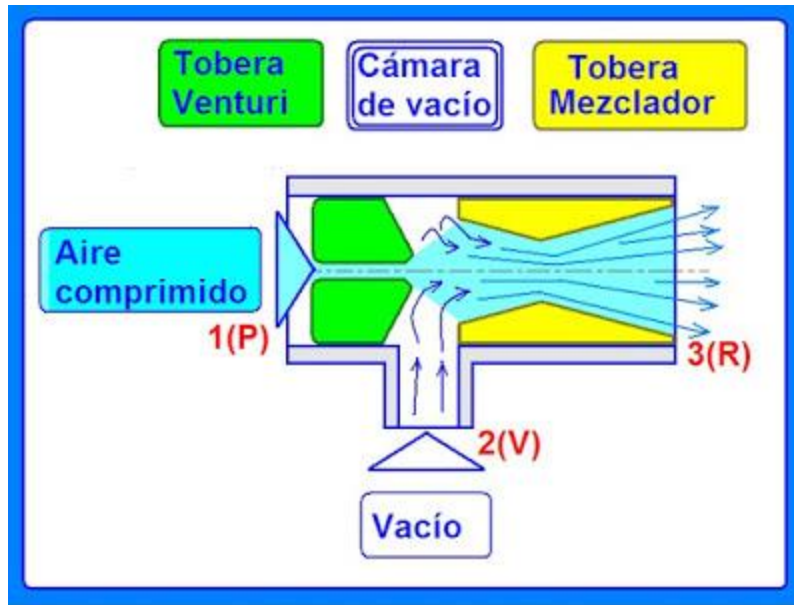


Figura 23. Efecto Venturi

Fuente: Internet, coparoman

Este efecto se explica por el Principio de Bernoulli y el principio de continuidad de masa, que dice que si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, la velocidad aumenta tras atravesar esta sección.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \text{ Ecuación 1}$$

El primer orificio se alimenta con aire comprimido, por el estrechamiento en el tubo se produce que la presión del aire disminuya generando una depresión y aumenta la velocidad del aire que tira el aire hacia adentro creando un vacío en el segundo orificio, el aire aspirado y el del aire comprimido salen por el orificio número tres, esto ocasiona un ruido no deseado por lo que en ciertas aplicaciones es necesario utilizar un silenciador.

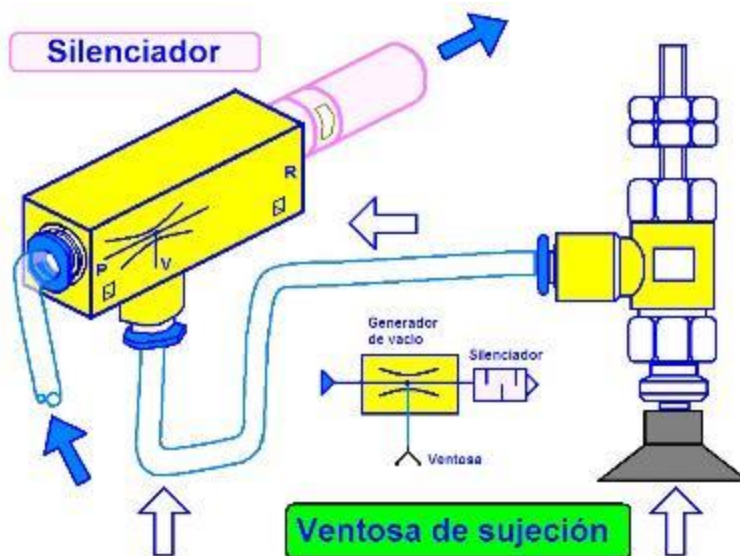


Figura 24. Componentes para la manipulación con vacío

Fuente: Internet, coparoman

Se decide instalar este tipo de generador en la máquina CNC para generar el vacío necesario y tomar los covers por medio de una ventosa y ensamblarlos en el componente, ya que el consumo se limita únicamente a los momentos de utilización, no tiene piezas móviles, no sufre desgaste y requieren poco mantenimiento, no produce calor, se puede montar en cualquier posición y su diseño es compacto y de peso reducido.

2.11 RELÉ

El relé es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos. Existen varios tipos de relés: electromecánicos, de estado sólido, de corriente alterna, de láminas, de acción retardada y de retención de posición.

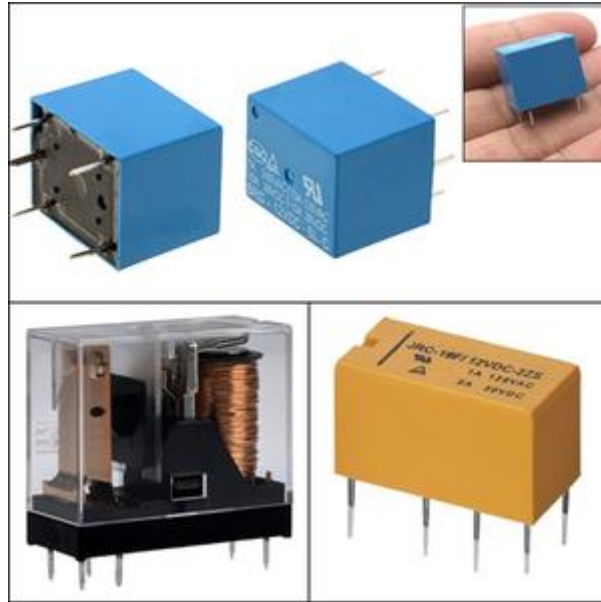


Figura 25. Tipos de Relés

Fuente: Internet, electronicasmd

2.12 MÉTODO DMAIC

Es una metodología desarrollada por Motorola a principios de los 90, DMAIC es un acrónimo de los pasos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Es una herramienta de la metodología enfocada en la mejora de procesos existentes, cada paso de la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error.

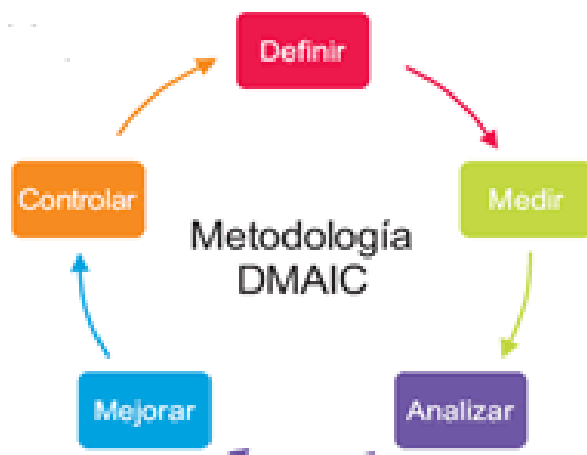


Figura 26. Ciclo de la metodología DMAIC

Fuente: (CALETEC, 2010)

Pasos de la metodología:

Definir: ¿Qué es lo importante?

- Define los objetivos del proyecto.
- Define los requerimientos del cliente.

Medir: ¿Cómo se está haciendo ahora?

- Mide el desempeño actual del proceso.
- Determina el ¿qué? voy a medir.
- Determina el desempeño actual del proceso.

Analizar: ¿Qué está mal?

- Analiza y determina la causa de los problemas o defectos.
- Identifica las oportunidades de mejora en el proceso.

Mejora: ¿Qué se necesita hacer?

- Desarrolla y cuantifica las soluciones potenciales
- Mejora / optimiza el proceso.
- Evalúa la solución final.

- Verifica la solución final.

Control: ¿Cómo garantizar el desempeño?

- Implementa la solución.
- Garantiza que la mejora es mantenida.
- Digitaliza siempre que sea posible.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Finalidad aplicada

Según Barrantes (citado por Rivas) “investigación aplicada: su finalidad es la solución de problemas prácticos para transformar las condiciones de un hecho que nos preocupa. El propósito fundamental no es aportar al conocimiento teórico” (2004, s. p.).

Este proyecto tiene una finalidad aplicada, porque busca generar una aplicación práctica de un tema específico y deja por fuera el conocimiento teórico, además, de poner en práctica los conocimientos adquiridos por el autor durante su carrera profesional, implementando un sistema para mejorar un proceso actual de la empresa.

3.1.2 Dimensión temporal

La documentación es temporal transversal pues se parte de la idea de automatizar un proceso actual, desarrollar esta idea hasta el punto de crear un sistema automatizado e implementarlo, sin retroceder en el tiempo.

3.1.3 Marco de la investigación

El proyecto busca solucionar un problema específico en una de las áreas de la compañía. Por lo tanto, la investigación es micro ya que se enfocará solamente en el proceso de ensamble de covers del área de solder y tiene interacción con una pequeña cantidad de personas, los operarios relacionados con el proceso y el ingeniero a cargo del área mencionada.

3.1.4 Naturaleza

Según Sampieri el “enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (2010, p. 04).

La investigación es cuantitativa debido a que el proyecto cuenta con varias funciones y variables que deberán medirse y contarse, con lo que se obtiene un plano estadístico y se verifican las teorías con la implementación.

3.1.5 Carácter

La investigación tendrá el carácter de proyecto, ya que conlleva técnicas, actividades y herramientas con las cuales se realizará un sistema para mejorar el proceso.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

El proyecto surge de la revisión de las métricas de la empresa donde se observan puntos deficientes y por eso no se cumplen, además del tiempo excesivo de espera y desperdicio de material. Para solucionar estos inconvenientes se buscan las mejores herramientas metodológicas.

Como el proyecto se basa en mejorar un proceso de producción y en una empresa industrial, se utilizará el método DMAIC, debido a sus características permite llevar un proceso controlado para implementar la investigación.

El principal objetivo será la implementación de un sistema automatizado que permita controlar un dispositivo para la colocación de *covers* en los componentes producidos en el departamento de Solder de la empresa. Mejorando los tiempos de producción y la calidad del proceso. Actualmente, el proceso es manual y se necesitan muchos operarios para realizar el proceso y cumplir con las metas.

Se tomará en cuenta las piezas elaboradas por los operarios por día, así como también el tiempo que les toma realizar el proceso, esto para implementar la mejora, justificando el tiempo y cantidad que el nuevo sistema otorgará. Como es un sistema automatizado será un proceso constante y se eliminarán los problemas que una persona podía tener, por ejemplo, cansancio.

Es necesaria la implementación de una máquina que pueda realizar dicho proceso de manera eficiente y confiable, que disminuya el tiempo de espera y el personal necesario para realizarlo.

Para tener un mayor control en cuanto al tiempo necesario para la implementación del proyecto, se usa también el diagrama de Gantt Chart, el cual permite por medio de un gráfico visualizar el tiempo previsto para cada tarea a lo largo del proyecto.

Cronograma de Actividades	mayo				junio				julio				agosto				setiembre				octubre				noviembre				Porcentaje				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Reunión con Gerente de Ingenieros	x	x	x	x																													100 %
Estudio del proceso actual			x	x	x	x	x	x																									100 %
Diseño de propuestas									x	x	x																						100 %
Elección de propuesta									x	x	x																						100 %
Recolección de datos del proceso actual									x	x																							100 %
Revisión actual de la maquina CNC									x	x	x	x																					100 %
Estudio de componentes									x	x	x	x																					100 %
Compra de componentes									x	x	x	x	x	x																			100 %
Diseño de partes mecánicas													x	x	x																	100 %	
Fabricación de partes mecánicas													x	x	x	x	x	x															100 %
Elaboración de plano eléctrico																	x	x	x	x	x	x	x	x									100 %
Mantenimiento e instalación de componentes																	x	x	x	x	x	x	x	x									100 %
Generación Tesis-Seminario			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																			100 %
Programación del sistema													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x									100 %
Pruebas de Funcionamiento																									x	x	x	x					100 %
Corrección de Fallos																									x	x	x					100 %	
Elaboración de un Manual																									x	x	x					100 %	
Validación del equipo																													x				100 %
Entrenamiento al personal																													x	x			100 %
Tesis Documento Final																					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		100 %

Figura 27. Diagrama Gantt Chart del Proyecto

Fuente: Autor

Se realizarán tablas, datos, observaciones, para justificar el proyecto. También se utilizarán herramientas de laboratorio *tester*, osciloscopios, hojas de datos y demás.

Es importante recalcar que antes que el sistema se ponga en funcionamiento, deberá pasar ciertas pruebas de valoración, para verificar su implementación. Estas pruebas están establecidas en la empresa y es un proceso que se debe efectuar para validar cualquier proceso y máquina, lo evaluarán los departamentos de Ingeniería, Calidad, Producción, Salud ocupacional y Mantenimiento.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Se evaluarán opciones para realizar la automatización del proceso, se tomará en cuenta los datos recolectados en la observación del proceso actual, las diferentes mediciones y las que se realicen. Estas entrevistas se le realizarán a Erick Figueroa (Gerente de Ingeniería de Procesos), Roger Estrada (Ingeniero de Procesos encargado del área de solder) y a Marta Suarez (Líder de Producción en el área de solder), estas personas se escogieron, ya que son las que conocen el proceso de ensamble de *covers*, así como los problemas que se presentan en este proceso, dichas entrevistas serán de tipo estructuradas y no estructuradas. Con base en estos datos se desarrollarán dos propuestas, que se analizarán en conjunto con los gerentes, ingenieros y líderes de producción, esto para escoger la opción más adecuada para la empresa.

Una vez seleccionada la propuesta, se evaluarán las variables, componentes y diseño que permitan la implementación de dicha propuesta. Este análisis permitirá definir si se deben diseñar partes mecánicas y fabricarlas, realizar una investigación de los componentes necesarios como el caso de sensores, robots, controladores, también la parte de programación del sistema.

Para el diseño de las partes mecánicas se utilizará el programa SolidWorks 2015 para crear las partes que sean necesarias. Además, se realizará una interfaz gráfica que sea amable con los usuarios y que sea fácil de usar para disminuir tiempo de entrenamiento, así como la creación de un manual para el usuario y otro para el mantenimiento y se tendrán las consideraciones necesarias para que el equipo sea seguro y no comprometa la integridad del usuario.

Finalmente, como el proyecto consiste en la implementación de un equipo nuevo, se solicitará una semana de prueba con un material específico para evaluar el funcionamiento. En la segunda semana se pedirá lo mismo solo que esta vez se utilizarán distintos productos. Luego pasará a un proceso de evaluación para poder validarlo y ponerlos en la línea de producción. Este proceso es un formato ya establecido a lo interno de la empresa con el nombre de 751F107, este formato se encuentra en la sección de anexos, anexo número 4. Será necesario un breve entrenamiento para el operario que se encargará de la máquina para que se le facilite su uso y que el equipo funcione al 100 %.

Tabla 1. Pasos para la implementación del proyecto

Pasos	Descripción
Primero	Elaboración de propuestas
Segundo	Análisis de datos y elección de propuesta
Tercero	Diseño, fabricación, estudio y elección de componentes y programación
Cuarto	Pruebas y verificación del equipo
Quinto	Proceso de Validación
Sexto	Entrenamiento al personal correspondiente

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN

4.1 DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La empresa EMC Tecnología cuenta con un proceso manual que consiste en ensamblar distintos componentes, este proceso se divide en subprocesos. Este proyecto se enfoca en el que los operarios tienen que ensamblar los *cover* sobre los componentes. Según sea la demanda de producción se necesitan de tres a seis operarios para esta actividad que consiste en tomar la bandeja de componentes que previamente se les aplica Epoxy y de uno en uno ensamblar el *cover*, alineando y limpiando el exceso de epoxy. Es un proceso tedioso, repetitivo, cansado y de mucho cuidado, ya que después de que los *covers* se curan en un horno si hay algún defecto en la alineación o algún exceso de epoxy no se puede arreglar y el producto se debe desechar.

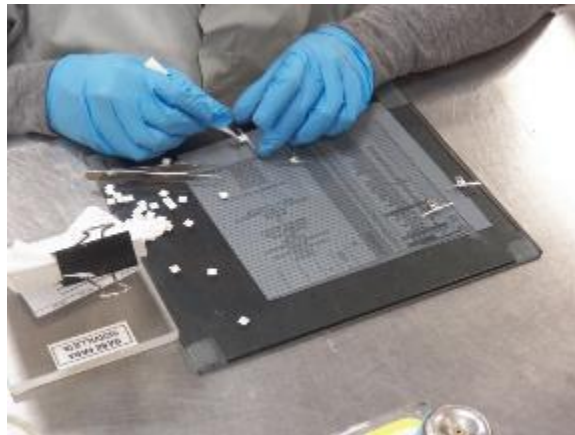


Figura 28. Proceso Manual Ensamble de Covers

Fuente: EMC Tecnología

En una entrevista realizada el 05 de julio del 2017 al ingeniero encargado del área de solder Roger Estrada, se habló que el principal problema de este proceso es que cuando hay alta demanda de producción, es necesario gran cantidad de operarios

realizando esta tarea para así cumplir la demanda, además, el tiempo de espera que esto genera, ya que algunos de estos operarios no cuentan con la experiencia en este proceso y se tardan más de lo normal. Esto ocasiona que las métricas de la empresa se vean afectadas, principalmente la métrica OTD, que para cumplirla en ciertas ocasiones es necesario contratar personal nuevo o pagar horas extra, lo que causa un costo extra a la empresa.

4.1.1 Instrumento para un diagnóstico

Se utilizaron varios métodos para la recolección de datos: primero se realizó una observación del proceso durante aproximadamente 1 mes. Se efectuaron reuniones y entrevistas con la líder de producción del área de solder y con el ingeniero a cargo de esta área. Como respaldo estas entrevistas se anexan en la sección de anexos, como anexo 3.

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

Según lo observado, se demuestra que el proceso de ensamble de *covers* es muy tedioso, repetitivo y lento, se calculó el tiempo que dura cada operario en ensamblar un *cover* al componente, lo que dio como resultado que por cada pieza se dura entre 50 segundos a 70 segundos, este tiempo es muy variable debido a que se tiene que tomar en cuenta el cansancio, la experticia y habilidad que tenga cada operario que realiza esta labor. Si se toma en cuenta que cada molde o *fixture* está diseñado para 132 componentes, como resultado a cada operario le toma alrededor de 2 horas completar un molde. Está regulado en la empresa que cada operario por hora debe cumplir la meta de mínimo 70 piezas ensambladas, en muchos casos no se

cumple, por esto, la necesidad de contar con muchos operarios en esta sección del proceso.

Además, en las reuniones y entrevistas se discutieron varios puntos y requisitos para el diseño de la máquina que se va a implementar:

- La necesidad de un sistema o máquina que ayude a contrarrestar los tiempos de ensamble de *covers* y recortar el personal necesario.
- La máquina deberá adaptarse a los *fixtures* que se utilizan en el proceso de ensamble. Para no tener que invertir gastos en nuevos *fixtures*.
- Como la máquina la utilizará la mayor parte del tiempo por un operario, el cual no tiene conocimiento en programación o educación superior, es muy importante que sea fácil de usar y manipular.
- Un punto muy importante para el gerente de ingeniería Erick Figueroa, es la creación de una interfaz gráfica llamativa y amigable para el usuario. También recalcó en un programa en el cual se puedan crear nuevos perfiles, esto porque constantemente la empresa recibe nuevos componentes y diseños.
- El ingeniero encargado del área de solder solicitó la creación de un manual, detallando las instrucciones de uso de la máquina, cómo programar nuevos perfiles, problemas que se puedan presentar y cómo solucionarlos.
- La máquina debe cumplir con los aspectos de seguridad de la empresa. Para esto se pide que cuente con un botón de seguridad, que corta toda

la corriente de la máquina, indicadores visuales como LED's para indicar si la máquina se encuentra encendida o apagada.

- El Ing. Erick Figueroa solicita implementar de alguna manera, que en el momento de ensamblar el *cover* en el componente, la máquina tenga un mecanismo que pueda girar para expandir el epoxy en toda la zona.
- Se solicita que el programa sea capaz de llevar un control diario de cuáles componentes o perfiles se ensamblaron con la máquina, así como el número de orden y el operario que utilizó la máquina.

4.3 MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizaron mediciones de cuánto tiempo tarda un operario en ensamblar en su totalidad una pieza, además, los controles de cuantos *cover* ensamblan por hora y el total por hora. La meta de la empresa es que cada operario ensamble 70 piezas por hora y que por día entre todos los operarios se fabriquen 2000 piezas.

Tabla 2. Tiempos de operarios por cover ensamblado el 10 de julio 2017

Operario	Día	Hora que se realiza la medición	Tiempo por cover ensamblado (s)
Operario A	10/07/2017	08:00 a. m.	54,14
Operario A	10/07/2017	08:00 a. m.	52,45
Operario A	10/07/2017	08:00 a. m.	53,35
Operario A	10/07/2017	08:00 a. m.	53,5
Operario A	10/07/2017	08:00 a. m.	54,3
Operario B	10/07/2017	09:05 a. m.	58,02
Operario B	10/07/2017	09:05 a. m.	59,1
Operario B	10/07/2017	09:05 a. m.	57,51
Operario B	10/07/2017	09:05 a. m.	58,22
Operario B	10/07/2017	09:05 a. m.	58,3
Operario C	10/07/2017	09:40 a. m.	64,21
Operario C	10/07/2017	09:40 a. m.	66,02
Operario C	10/07/2017	09:40 a. m.	65,15
Operario C	10/07/2017	09:40 a. m.	65,2
Operario C	10/07/2017	09:40 a. m.	64,48
Promedio			58,93

Fuente: Autor

Al comparar los tiempos de los tres operarios se puede observar que los tiempos de los operarios A y B son relativamente bajos y muy similares. El operario C estaba en fase de entrenamiento, ya que uno de los operarios que esta designado para este proceso se encuentra incapacitado y es evidente cómo sus tiempos son muy elevados comparados con los otros 2.

Tabla 3. Tiempos de operarios por cover ensamblado el 11 de julio 2017

Operario	Día	Hora que se realiza la medición	Tiempo por cover ensamblado (s)
Operario A	11/07/2017	02:00 p. m.	58,05
Operario A	11/07/2017	02:00 p. m.	57,4
Operario A	11/07/2017	02:00 p. m.	57,35
Operario A	11/07/2017	02:00 p. m.	58,15
Operario A	11/07/2017	02:00 p. m.	58,1
Operario B	11/07/2017	02:30 p. m.	58,13
Operario B	11/07/2017	02:30 p. m.	84,21
Operario B	11/07/2017	02:30 p. m.	58,2
Operario B	11/07/2017	02:30 p. m.	57,43
Operario B	11/07/2017	02:30 p. m.	57,48
Operario C	11/07/2017	03:00 p. m.	63,11
Operario C	11/07/2017	03:00 p. m.	64,12
Operario C	11/07/2017	03:00 p. m.	66,15
Operario C	11/07/2017	03:00 p. m.	65,27
Operario C	11/07/2017	03:00 p. m.	64,51
Promedio			61,844

Fuente: Autor

En esta tabla se observa un valor alto en el Operario B de 84,21 segundos, esto se produjo ya que el operario estaba conversando con un compañero. Este es uno de los factores que afecta en el tiempo de elaboración del producto. Además, este día se realizaron las mediciones en horas de la tarde, para ver si el cansancio afectaba los tiempos de trabajo. Se comprueba que sí hay un incremento por parte de los operarios en el momento de efectuar su trabajo.

Tabla 4. Tiempos de operarios por cover ensamblado el 12 de julio 2017

Operario	Día	Hora que se realiza la medición	Tiempo por cover ensamblado (s)
Operario A	12/07/2017	06:45 a. m.	52,24
Operario A	12/07/2017	06:45 a. m.	52,45
Operario A	12/07/2017	06:45 a. m.	53,03
Operario A	12/07/2017	06:45 a. m.	53,11
Operario A	12/07/2017	06:45 a. m.	52,31
Operario B	12/07/2017	07:15 a. m.	57,12
Operario B	12/07/2017	07:15 a. m.	58,23
Operario B	12/07/2017	07:15 a. m.	57,48
Operario B	12/07/2017	07:15 a. m.	58,17
Operario B	12/07/2017	07:15 a. m.	57,34
Operario D	12/07/2017	08:00 a. m.	49,21
Operario D	12/07/2017	08:00 a. m.	50,02
Operario D	12/07/2017	08:00 a. m.	50,3
Operario D	12/07/2017	08:00 a. m.	49,48
Operario D	12/07/2017	08:00 a. m.	50,14
Promedio			53,37533333

Fuente: Autor

El operario D es uno de los operarios con más experiencia en este proceso y se ve reflejado en sus tiempos. Hay que recalcar que en los tres días que se realizaron las mediciones se trabajó con el mismo tipo de componente.

Tabla 5. Producción en el proceso de ensamble de cover el 11 de julio 2017

Control de producción COVERS Fecha: 11/07/17											
Operario	7am	8am	9am	10am	11am	11:30a.m	1pm	2pm	3pm	3:30pm	Total
Jorge	60	62	64	59	60	33	70	61	59	32	560
Guadalupe	55	59	62	60	62	31	62	59	63	31	544
Marta	45	51	46	50	48	28	54	47	52	29	450
Total											1554

Fuente: Departamento de Producción EMC Tecnología

Tabla 6. Producción en el proceso de ensamble de cover el 12 de julio 2017

Control de producción COVERS Fecha: 12/07/17											
Operario	7am	8am	9am	10am	11am	11: 30a.m	1pm	2pm	3pm	3:30pm	Total
Jorge	62	58	56	54	61	32	66	56	58	30	533
Guadalupe	59	60	57	53	54	29	63	50	54	33	512
Vanesa	71	73	64	63	67	37	69	62	60	36	602
Total											1647

Fuente: Departamento de Producción EMC Tecnología

En las tablas se observa que las metas de ensamblar 70 piezas por hora no se cumplen, solo en ciertos casos muy aislados. Debido a esta situación la métrica OTD es la que se ve más afectada, actualmente, el promedio de esta métrica está en un 94 % cuando la meta es un 98 %. Estos atrasos ocasionan problemas con los clientes o que sea necesario el pago de horas extra, lo que genera pérdidas económicas a la empresa.

4.3.1 Análisis de resultados

Con los datos adquiridos y suministrados por el departamento de producción se definen los factores o problemas que conlleva este proceso manual. El principal problema es la duración de ensamble por parte de los operarios.

- El proceso es muy repetitivo lo que ocasiona que los operarios se fatiguen y esto perjudica su rendimiento.
- Cada operario tiene capacidades distintas, hay unos que tienen mejor motora fina que otros.
- La experiencia en el proceso influye bastante. En ocasiones, se deben asignar operarios que nunca han realizado el proceso, por lo que su tiempo de ensamble es muy elevado.

- Como los operarios son seres humanos están anuentes a distraerse o conversar con algún compañero, lo que provoca desconcentración durante el proceso
- El operario tiene necesidades fisiológicas, por lo que necesitan ir al servicio, esto genera una leve pérdida de tiempo.
- Si un operario se enferma su rendimiento no será igual, puede llegar al punto donde sea necesario incapacitarlo, lo que significa un reajuste en la línea de producción.

Todos estos son factores que poco a poco suman segundos al proceso, lo que ocasiona un atraso importante en el proceso y esto produce un decremento en la métrica OTD.

4.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para elaborar una propuesta se identifican los requerimientos que la empresa necesita para resolver un problema o una necesidad. Dichos requerimientos y el problema se plantearon en el capítulo I. Para brindar una solución se realizaron dos propuestas:

4.4.1 Propuesta #1

Se plantea la compra de un robot, que sea capaz de realizar el ensamble del *cover*, además, que sea fácil de programar y que sea un robot industrial cooperativo, esto quiere decir que se puede introducir en una línea de producción y pueda trabajar al lado de los operadores, que se pueda utilizar en aplicaciones como CNC, Pick & Place, montaje y empaquetado.

Se estudiaron dos posibles robots de diferentes marcas, una de ellas ABB y la otra Universal Robots.

- Robot UR 3

Tabla 7. Especificaciones Robot UR 3

Repetibilidad	$\pm 0,1$ mm
Carga útil	3 kg
Alcance	500 mm
Grado de libertad	6 articulaciones giratorias
Programación	Interfaz gráfica del usuario PolyScope
Fuente de alimentación	100-240V
E/S de fuente de alimentación	24V 2A
Precio	\$23000 - \$27000

Fuente: Autor



Figura 29. Robot UR 3

Fuente: Internet, Universal Robots

- Robot ABB YuMi

Tabla 8. Especificaciones Robot ABB YuMi

Repetibilidad	$\pm 0,02$ mm
Carga útil	0.5 kg cada brazo
Alcance	559 mm
Grado de libertad	6 articulaciones giratorias
Fuente de alimentación	100-240V
E/S de fuente de alimentación	24V 5mA
Precio	\$35000 - \$40000

Fuente: Autor



Figura 30. Robot ABB YuMi

Fuente: Internet, ABB

4.4.2 Propuesta #2

La empresa tiene una máquina CNC fuera de uso hace casi 1 año y medio. Se retiró de la línea de producción ya que la máquina contaba con un *software* muy viejo y robusto, además, que solo una persona conocía el funcionamiento y programación. Una vez que esta persona se fue de la empresa, la máquina se dejó de usar y se encuentra en la lista para ser desechada.



Figura 31. Máquina CNC descartada

Fuente: EMC Tecnología

Se hace la propuesta de restaurar la máquina CNC, la revisión de sus partes mecánicas, eléctricas y neumáticas. Además, de cambiar el *software* a uno que sea fácil de usar y amigable para el operario, también integrar una interfaz gráfica que permita la selección del componente y proceso que se desea ejecutar.

4.4.3 Definición de la propuesta

La propuesta #1 no la aceptó el Ing. Erick Figueroa Gerente de Ingeniería de Procesos y el Ing. Roger Estrada encargado del área de Solder. La razón principal fue el costo de dicha propuesta, ya que la empresa no estaba en la capacidad de costear ese monto en ese momento, además, que el tiempo de implementación era un poco largo y se salía del plazo establecido para el proyecto. Esto por tiempo de compra y entrega del robot y la restructuración en la línea de producción muy grande.

La propuesta #2 sí la aceptó la empresa, ya que cumple con los requerimientos solicitados, disminuir el tiempo de espera, reducción de personal en este proceso, cumplir con la métrica OTD, llevar un registro de las órdenes y procesos que se efectúen a diario y el costo de implementación es muy bajo comparado con la primera propuesta, puesto que es un sistema personalizado que permite ahorrar dinero en lugar de comprar un sistema nuevo.

CAPÍTULO V. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 DETALLE DE LA PROPUESTA

El primer paso es la revisión del equipo que dispone la empresa, la máquina CNC es marca TECHCON modelo TS3030. Luego de evaluar esta revisión se tienen los siguientes resultados de la parte mecánica y eléctrica:

- Primero se ve el estado físico de la máquina un poco deteriorada, unas partes se encuentran herrumbradas y les falta mantenimiento a los rieles.
- Se conecta la máquina para ver su funcionamiento, la parte del *hardware* en un principio parece estar bien, sin embargo, el *software* está dañado, además, su sistema operativo está basado en MS-DOS. Además, no se contiene un manual de los comandos necesarios para ejecutar el programa.
- La neumática del sistema tiene un leve deterioro, principalmente por falta de mantenimiento, además, uno de los manómetros no funciona.
- Se hace una revisión exhaustiva y técnica de todos los componentes electrónicos. La fuente de alimentación está en perfectas condiciones, los motores y *drivers* correspondientes funcionan de forma correcta, los LED's están dañados, algunos de los sensores fototransistores no funcionan y, por último, se comprueba que la electroválvula generadora de vacío está en buenas condiciones.

Con base en los resultados obtenidos se define el diseño, los componentes necesarios y la fabricación de componentes. Se utilizará el programa, además, de la instalación de un nuevo *software* y su respectiva interfaz. A continuación, se explicarán conceptos y aspectos relevantes de los elementos del sistema a implementar.

5.2 HARDWARE

Está compuesto por seis partes fundamentales: el Raspberry Pi, los sensores, los *drivers* de los motores, los motores, la electroválvula generadora del vacío y la fuente de alimentación.

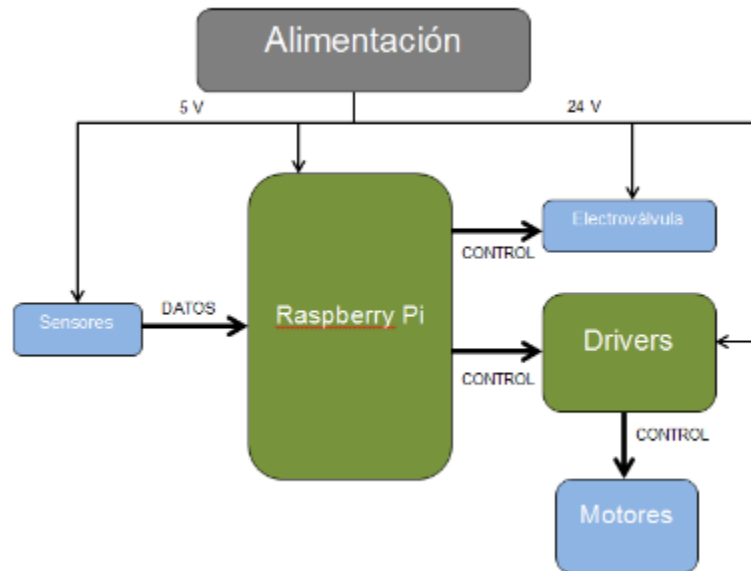


Figura 32. Diagrama de funcionamiento del equipo

Fuente: Autor

5.2.1 Sensor EE-SX670A

Debido a la necesidad de evitar que el movimiento de los motores se salga de las dimensiones de la máquina, se eligió utilizar un sensor que funcionara como un final de carrera. Además, estos sensores se utilizaron para definir la posición inicial de la máquina.

Se decidió emplear el sensor EE-SX670A de marca OMRON, debido a que la empresa contaba con estos en su inventario y cumplían con los requisitos que se buscaban.

Este sensor es un fototransistor, tiene una configuración de salida NPN, su modo de operación se puede seleccionar (DARK-ON, LIGHT-ON), fácil monitoreo de operación con un led rojo, tiene un amplio rango de voltaje de operación de 5 a 24 VDC, un consumo de corriente de 35mA y varios diseños. Para este proyecto se seleccionó la forma estándar y en forma de L.



Figura 33. Sensor EE-SX670A

Fuente: Internet, Mouser

Se colocaron dos sensores en cada uno de los ejes de la máquina CNC para controlar cada uno de los motores y su movimiento. Los de forma estándar se instalaron en los ejes X, Y y el de en forma de L en el eje Z, es importante recalcar que en el eje Z solo se utilizó un sensor, colocado en la parte superior del eje.

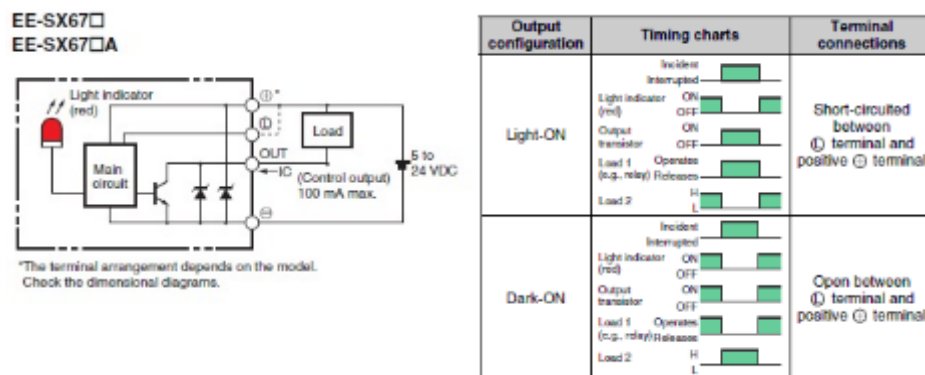


Figura 34. Diagrama eléctrico EE-SX670A

Fuente: Internet, Mouser

5.2.2 Fuentes de alimentación

Se instalaron dos fuentes de alimentación, una para alimentar todos los componentes como los *drivers* de los motores, sensores, electroválvula, ventilador y leds y se montó otra independiente que solo alimentara el Raspberry Pi, esto se hizo para proteger al Raspberry Pi de cualquier pico de corriente.

CONDOR GLC75C

Se decidió utilizar la misma fuente con la que contaba la máquina CNC, ya que después de analizarla, revisar sus conexiones y medir sus voltajes de salida, se comprobó que estaba en buenas condiciones. Además, su principal característica es que cuenta múltiples salidas de voltaje de 5.1V, 12V, 24V y -12V, lo cual facilitó la alimentación adecuada de cada uno de los sistemas que se utilizaron, ahorrando espacio el cual es muy reducido.



Figura 35. Fuente Alimentación CONDOR GLC75C

Fuente: Internet, CondorElectronics, Inc.

Tabla 9. Especificaciones fuente de alimentación CONDOR GLC75C

Corriente de entrada	2.3 A (máximo)
Corriente de salida	8A– 5.1V, 4A-24V, 1A- -12V,2.5A-12V
Dimensiones	17.8cm L x 10.8cm W x 3.3cm H
Voltaje de entrada	90-264 VAC
Energía, salida	75 W
Número de salidas	4
Temperatura, funcionando	0 a + 50°C

Fuente: Autor

Tabla 10. Conexión de la fuente de alimentación al sistema

PIN #	Voltaje de Salida	Conexión
1	5V	Sensores
2	5V	LED's
3	5V	5V Relé ElectronicBrick
4	GND	_____

5	GND	_____
6	GND	_____
7	GND	_____
8	24V	Drivers
9	24V	Electroválvula
10	24V	_____
11	12V	Ventilador
12	GND	_____
13	-12V	_____

Fuente: Autor

Fuente de 5V

Se tomó la decisión de alimentar el Raspberry Pi para su protección y no sobrecargar la otra fuente para que la alimentación al circuito fuera el adecuado. Esta fuente es simple, tiene un voltaje de entrada de 120V y un voltaje de salida de 5V con una corriente de salida de 2A. Esta fuente se adquirió del mismo cargador del Raspberry Pi.



Figura 36. Fuente Alimentación 5V

Fuente: Internet, icstation

5.2.3 Motores Paso a Paso y Drivers

Al igual que con la fuente, se analizaron los motores y sus respectivos *drivers*, todas las pruebas resultaron positivas. Los motores están en perfectas condiciones, giran perfectamente sin producir algún ruido o vibración extraña. Los *drivers* funcionan correctamente y controlan de la manera adecuada a cada uno de los motores.

Cada motor es responsable del movimiento de cada eje, estos movimientos son independientes uno del otro, los cuales están controlados por su *driver* correspondiente que son los encargados de enviar los pulsos necesarios para su funcionamiento. Los *drivers* están controlados directamente por el Raspberry Pi, este es el que envía las señales lógicas a las entradas del *driver*, controlando la dirección y velocidad del motor.

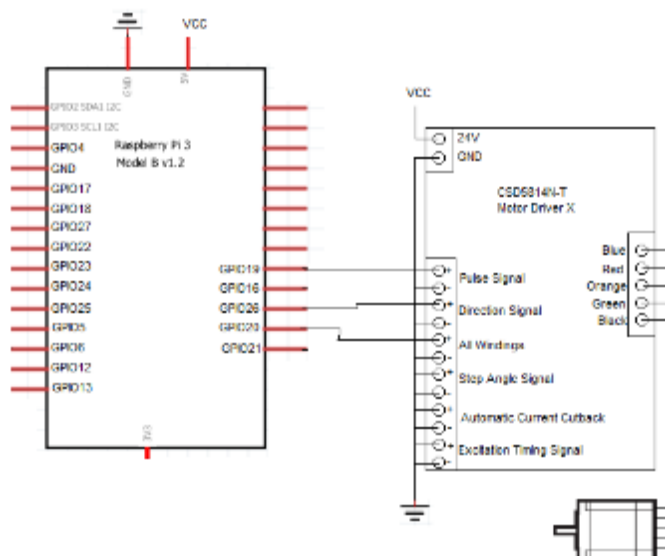


Figura 37. Conexión eléctrica del driver al Raspberry Pi

Fuente: Autor

Los motores y drivers utilizados son los siguientes:

Oriental Motor VEXTA PK264-02B

Es un motor paso a paso unipolar de 2 fases. Este motor es el encargado de mover el eje Z de la CNC.

Figura 38. Especificaciones Motor PK264-02B

Motor Frame Size: 2.22 in. (56.4 mm) **PK26**

Type	Model Single Shaft Double Shaft	Basic Step Angle	Connection Type	Holding Torque		Current per Phase A/phase	Voltage VDC	Resistance Ω /phase	Inductance mH/phase	Rotor Inertia	
				oz-in	N-m					oz-in ²	kg-m ²
	PK264-01A		Bipolar (Series)	68	0.48	0.71	8.1	11.4	21.6		
	PK264-01B		Unipolar	55	0.39	1	5.7	5.7	5.4		
	PK264-02A		Bipolar (Series)	68	0.48	1.4	3.9	2.8	5.6		
	PK264-02B		Unipolar	55	0.39	2	2.8	1.4	1.4		
	PK264-03A		Bipolar (Series)	68	0.48	2.1	2.6	1.26	2.4	0.66	120×10^{-7}
	PK264-03B		Unipolar	55	0.39	3	1.9	0.63	0.6		
	PK264-E2.0A		Bipolar (Parallel)	68	0.48	2.8	1.96	0.7	1.4		
	PK264-E2.0B		Bipolar (Series)	68	0.48	1.4	3.9	2.8	5.6		
			Unipolar	55	0.39	2	2.8	1.4	1.4		

Fuente: Manual Oriental Motors

Driver Oriental Motors CSD2120-T

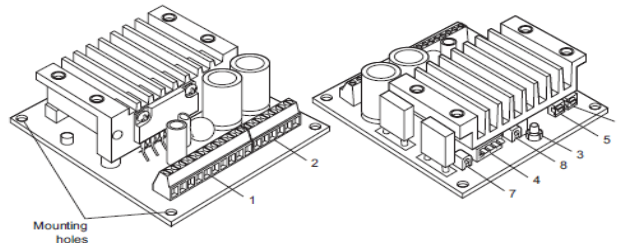
Este *driver* es el encargado de controlar al motor PK264-02B. Ofrece un modo muy simple para el control que se requiere del motor y puede configurarse que opere el motor en secuencia de paso completo o medio paso.



Figura 39. Driver CSD2120-T

Fuente: Internet, mechatronics4u

■ CSD2109-T, CSD2112-T, CSD2120-T



No.	Name	Description
1	I/O and power supply terminal blocks (TB1)	Connect the I/O signals and a 24 VDC or 36 VDC power supply.
2	Motor terminal blocks (TB2)	Connect the motor leads.
3	Power supply input indicator LED (POWER)	This LED is lit while current is supplied (green).
4	Automatic current cutback function switch (ACD)	Set whether to enable or disable the automatic current cutback function.
	Step angle switch (F/H)	Set the motor's step angle (full step/ half step).
	Pulse input mode switch (1P/2P)	Set to 1-pulse input mode or 2-pulse input mode according to the pulse output mode of the controller.
5	Power supply voltage switch (24/36V)	Set to 24 V or 36 V according to the driver's power supply voltage.
	Motor operating current potentiometer (RUN VR)	Set the motor operating current. If there is sufficient torque, the current setting can be reduced to suppress increases in motor/driver temperatures.
6	Motor standstill current potentiometer (STOP VR)	Set the motor standstill current (in the current cutback state).
7	Positive check terminal for motor operating current (C.C.+)	This terminal is used to check the motor operating current.
8	Negative check terminal for motor operating current (C.C.-)	

Figura 40. Especificaciones Driver CSD2120-T

Fuente: Manual Oriental Motors

• Terminal blocks pin assignments (TB1)

Signal name	Description
POWER+	DC power supply input
POWER-	GND
TIMING+ output	Excitation timing output
TIMING- output	
C.OFF+ input	All windings off input
C.OFF- input	
DIR./CCW+ input	Rotation direction (CCW pulse) input*
DIR./CCW- input	
PULSE/CW+ input	Pulse (CW pulse) input*
PULSE/CW- input	

* When 1-pulse input mode, the inputs are the pulse and the rotation direction. When 2-pulse input mode, the inputs are CW pulse and CCW pulse.

Figura 41. Pines Driver CSD2120-T

Fuente: Manual Oriental Motors

Oriental Motors VEXTA PK564-NBA

Motor paso a paso unipolar de 5 fases. Es el responsable del movimiento en el eje X.

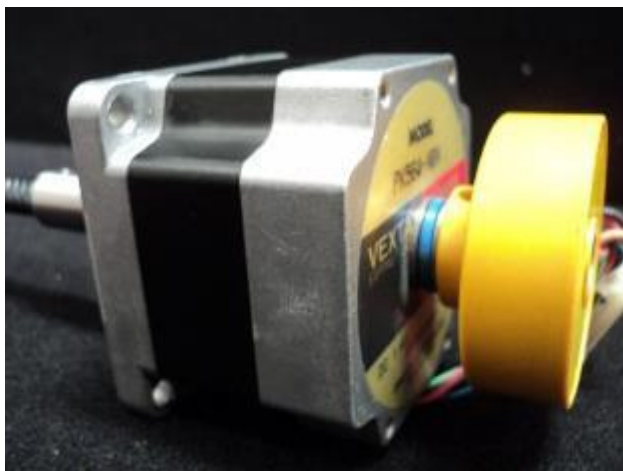


Figura 42. Motor PK564-NBA

Fuente: Internet, Ebay

Maximum Holding Torque	oz-in (N-m)	18.4 (0.13)	25 (0.18)	34 (0.24)	59 (0.42)	117 (0.83)	230 (1.66)
Rotor Inertia J	oz-in ² (kg-m ²)	0.191 (35×10 ⁻⁷)	0.3 (54×10 ⁻⁷)	0.37 (68×10 ⁻⁷)	0.96 (175×10 ⁻⁷)	1.53 (280×10 ⁻⁷)	3.1 (560×10 ⁻⁷)
Rated Current	A/phase	0.75			1.4		
Basic Step Angle		0.72°					
Power Source		24VDC±10% 1.3 A			24 VDC±10% 2.1 A		
Excitation Mode		<ul style="list-style-type: none"> ● Full Step (4 phase excitation): 0.72°/step ● Half Step (4-5 phase excitation): 0.36°/step 					
Weight	Motor lb. (kg)	0.46 (0.21)	0.59 (0.27)	0.77 (0.35)	1.3 (0.6)	1.8 (0.8)	2.9 (1.3)
	Driver lb. (kg)	0.31 (0.14)					

Figura 43. Especificaciones Motor PK564-NBA

Fuente: Manual Oriental Motors

Oriental Motors VEXTA PK566-NBA

Al igual que el anterior es un motor unipolar de 5 fases. Este motor realiza el movimiento en el eje Y.



Figura 44. Motor PK566-NBA

Fuente: Internet, Ebay

Maximum Holding Torque	oz-in (N-m)	18.4 (0.13)	25 (0.18)	34 (0.24)	59 (0.42)	117 (0.83)	230 (1.66)
Rotor Inertia J	oz-in ² (kg-m ²)	0.191 (35×10 ⁻⁷)	0.3 (54×10 ⁻⁷)	0.37 (68×10 ⁻⁷)	0.96 (175×10 ⁻⁷)	1.53 (280×10 ⁻⁷)	3.1 (560×10 ⁻⁷)
Rated Current	A/phase	0.75			1.4		
Basic Step Angle		0.72°					
Power Source		24 VDC±10% 1.3 A			24 VDC±10% 2.1 A		
Excitation Mode		<ul style="list-style-type: none"> ● Full Step (4 phase excitation): 0.72°/step ● Half Step (4-5 phase excitation): 0.36°/step 					
Weight	Motor lb. (kg)	0.46 (0.21)	0.59 (0.27)	0.77 (0.35)	1.3 (0.6)	1.8 (0.8)	2.9 (1.3)
	Driver lb. (kg)	0.31 (0.14)					

Figura 45. Especificaciones Motor PK566-NBA

Fuente: Manual Oriental Motors

Driver Oriental Motors CSD5814N-T

Este módulo o *driver* controla a los motores PK566-NBA y PK564-NBA. Está configurado para que los motores se puedan controlar de una forma sencilla.

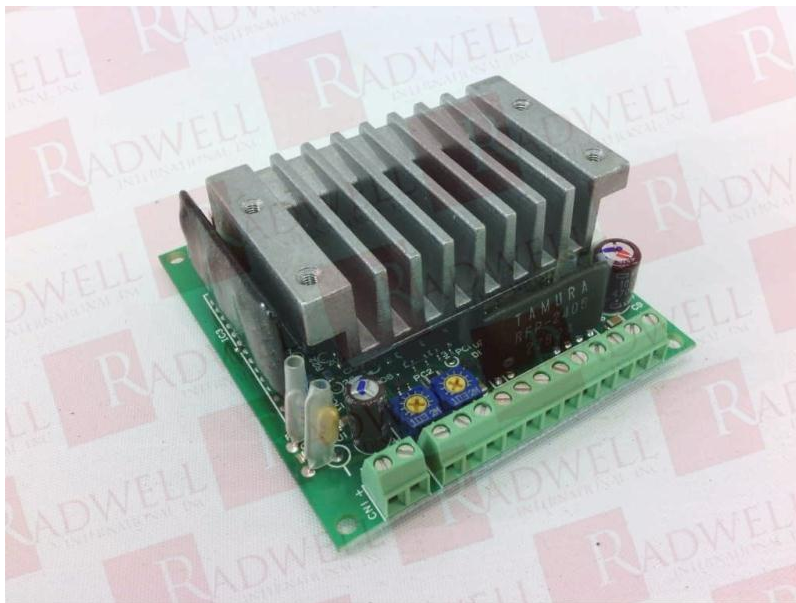


Figura 46. Driver CSD5814N-T

Fuente: Internet, Radwell International. Inc

(1) Connection diagram

CSK54□ type

CSK56□ type

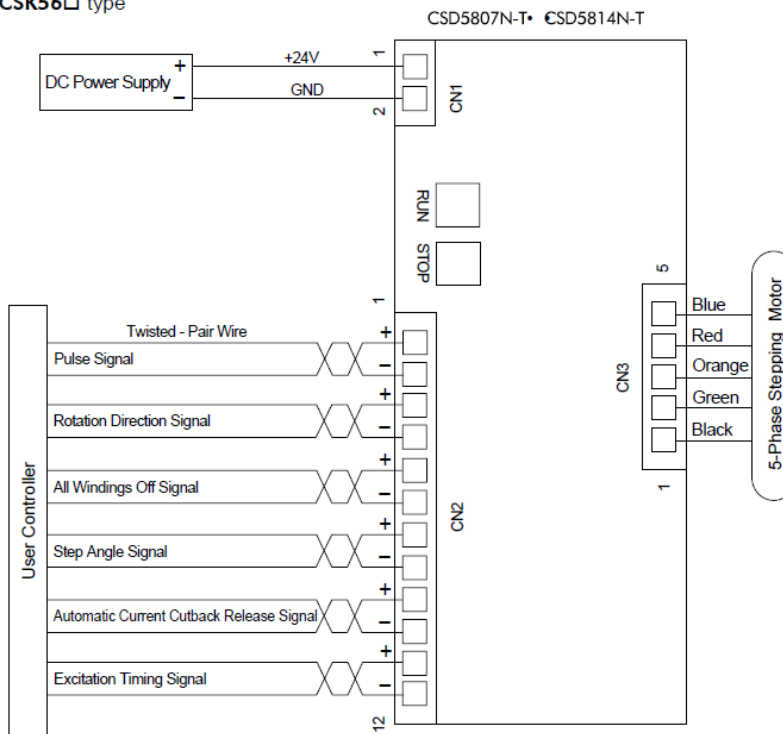


Figura 47. Diagrama de Conexión Driver CSD5814N-T

Fuente: Manual Oriental Motors

En la figura anterior se observa la conexión del *driver* y cómo se debe conectar al Raspberry Pi para su uso y que el motor gire en la dirección y posición deseada.

(2) Power and signal inputs

CSK54□ type

CSK56□ type

Terminal	Name of signals		Functions	Electrical characteristics
CN1	+ 24V	Power Input	<ul style="list-style-type: none"> Connect + and GND wires of 24VDC. 	24V±10% CSK54□ : 1.3A maximum CSK56□ : 2.1A maximum
	GND			
CN2	PULSE +	Pulse Signal	<ul style="list-style-type: none"> The motor rotates one step on falling edge of positive logic pulse input. The direction of rotation depends on the input of rotation direction input explained below. 	Photocoupler OFF: 0 ~ 0.5V Photocoupler ON: 4 ~ 5V Pulse width: 5µs minimum Pulse rise/pulse fall time: 2µs maximum Pulse duty: 50% maximum Input impedance: 220Ω Input current: 20mA maximum
	PULSE -			
	DIR. +	Rotation Direction Signal	<ul style="list-style-type: none"> Photocoupler ON: CW Photocoupler OFF: CCW 	Photocoupler OFF: 0 ~ 0.5V Photocoupler ON: 4 ~ 5V Input impedance: 220Ω Input current: 20mA maximum
	DIR. -			
	A.W.OFF +	All Windings Off Signal	<ul style="list-style-type: none"> When at "photocoupler is ON", the current to the motor stops, allowing the motor shaft to be rotated by hand. 	Photocoupler OFF: 0 ~ 0.5V Photocoupler ON: 4 ~ 5V Input impedance: 220Ω Input current: 20mA maximum
	A.W.OFF -			
	FULL/HALF+	Step Angle Signal	<ul style="list-style-type: none"> Photocoupler ON: HALF Step Photocoupler OFF: FULL Step 	Photocoupler OFF: 0 ~ 0.5V Photocoupler ON: 4 ~ 5V Input impedance: 220Ω Input current: 20mA maximum
	FULL/HALF-			
	C.D.INH +	Automatic Current Cutback Release Signal	<ul style="list-style-type: none"> Photocoupler ON: Automatic Current Cutback Release 	Photocoupler OFF: 0 ~ 0.5V Photocoupler ON: 4 ~ 5V Input impedance: 220Ω Input current: 20mA maximum
	C.D.INH -			
TIMING +	Excitation Timing Signal	<ul style="list-style-type: none"> A signal is output whenever the motor excitation sequence returns to step "0" in synchronization with the input pulse signal (output transistor is ON). A signal is output every 10 pulses in full step mode and every 20 pulses in half step mode. 	24VDC maximum 10mA maximum Photocoupler, open-collector output	
TIMING -				

Figura 48. Pines Driver CSD5814N-T

Fuente: Manual Oriental Motors

5.2.4 Servo motor TowerPro MG959

Como se mencionó en el capítulo 4, uno de los requisitos solicitados para el proyecto es instalar un mecanismo que permita que la máquina en el momento de ensamblar el *cover* al chip este tuviera un movimiento rotativo para así esparcir el epoxy en toda el área del componente, se decide colocar un servo motor que realice esta función. Se elige utilizar el motor MG959 por sus características y dimensiones.

Tabla 11. Especificaciones TowerPro-MG959

Peso	78g
Dimensiones	40.2 x 20.1 x 36.38mm
Pulso requerido	3-5V onda cuadrada pico a pico
Voltaje de funcionamiento	4.8V – 7.2V
Velocidad de funcionamiento (4.8V)	0.16s / 60 grados sin carga
Torque (4.8V)	28.0kg.cm
Temperatura, funcionando	-20 a + 60°C

Fuente: Autor



Figura 49. TowerPro MG959

Fuente: Internet, CrCiberbetica

5.2.5 Ventilador CPU 60mm 12V

Se instaló un ventilador para disipar el calor dentro de la máquina CNC, para mantener una óptima temperatura principalmente al Raspberry Pi, suministrando un buen flujo de aire y extendiendo la vida útil del equipo.



Figura 50. Ventilador CPU-60mm

Fuente: Internet, MicroJPM

5.2.6 Modulo DS 1307 RTC

El módulo RTC (*Real Time Clock*) está instalado en las computadoras para mantener un reloj en tiempo real y mantener la hora actualizada, aunque se encuentren apagados. El Raspberry Pi no lo incorpora para mantener los costos bajos costos, se espera que los usuarios lo tengan conectado a WiFi o Ethernet y mantengan el tiempo revisando la red. Esto es un problema cuando se realiza un proyecto *off-line* y se necesita la fecha y hora, si el Raspberry pi sufre un corte de corriente.

Por esto se instala el módulo DS 1307 que permite mantener la hora y la fecha con ayuda de una batería. La configuración y cableado es muy simple, se conecta al Raspberry por medio de i2C (*Inter Integrated Circuits*), el concepto es tipo bus, con una topología maestro-esclavo, donde el maestro es el Raspberry Pi y el esclavo en esta situación será el DS 1307. Las transferencias de datos se llevan a cabo mediante la línea serie de datos SDA y la línea SCL lleva la señal de reloj que sincroniza los datos



de la línea SDA.

Figura 51. RTC DS1307

Fuente: Internet, MicroJPM

5.2.7 LogicLevelConverter – Bi-Directional

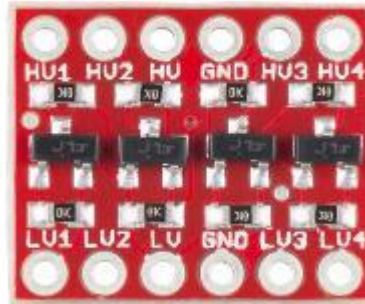


Figura 52. Convertidor Lógico Bi-Direccional

Fuente: Internet, MicroJPM

El Raspberry Pi es el encargado de recibir y enviar todos los datos del sistema. Sus entradas y salidas manejan un voltaje de 3.3V, sin embargo, los demás componentes del sistema funcionan con niveles de voltaje de 5V, estos niveles deben ser compatibles entre sí, para evitar daños en el dispositivo y prevenir fallas de comunicación. Existen varios métodos para realizar esta conversión de voltaje, por ejemplo, se pudo aplicar divisores de voltaje utilizando dos resistencias para adecuar los niveles de voltajes, pero este método no era muy práctico ya que se necesitan varias conexiones y el espacio es muy reducido, además, que un pico de corriente puede elevar el voltaje en la resistencia y proporcionar un voltaje mayor a 3.3V y dañar al Raspberry Pi.

Por esto se decide utilizar este tipo de convertidor de voltaje bidireccional, ya que es un dispositivo pequeño que permite transformar con seguridad las señales de 5V a 3.3V y viceversa. Además, cada módulo tiene la capacidad de convertir cuatro

señales simultáneamente. El módulo está construido con cuatro transistores BSS138, el cual es un transistor DMOS.

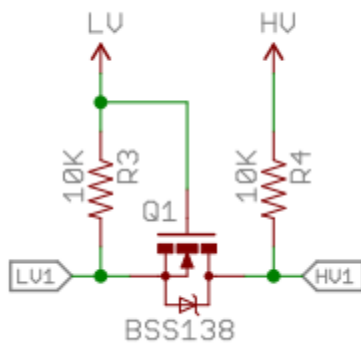


Figura 53. Diagrama eléctrico del convertidor

Fuente: Internet, SparkFun

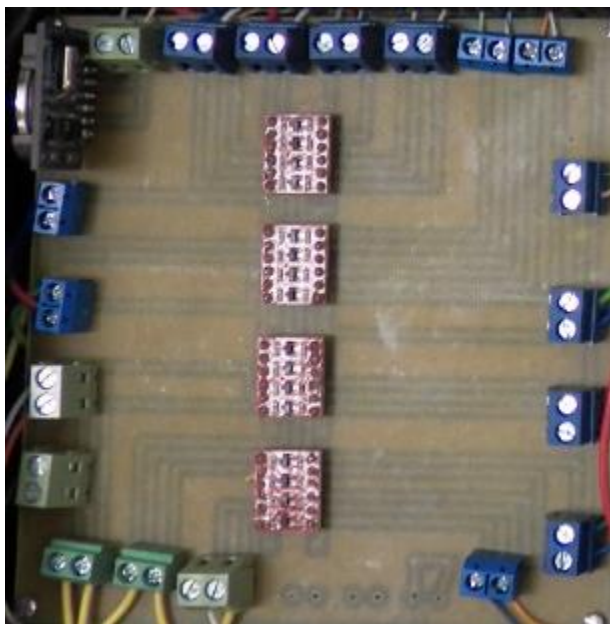


Figura 54. Placa Diseñada para conexión de convertidores y módulo RTC

Fuente: Autor

5.2.8 5V Relay-ElectronicBrick

La electroválvula utilizada para generar el vacío al igual que los demás componentes del circuito está controlada por el Raspberry Pi, sin embargo, su voltaje de funcionamiento es de 24V, lo que dificulta la conexión entre estos dispositivos. Por lo tanto, se utiliza este relé en combinación al convertidor de voltaje para así poder controlar la electroválvula.



Figura 55. 5V Relé ElectronicBrick

Fuente: Internet, Itead

Tabla 12. Especificaciones eléctricas del 5V Relé ElectronicBrick

Parámetro	Min.	Típico	Max.	Unidad
Voltaje de operación	4.5	5	5.5	VCD
Voltaje de entrada digital	0	—	5	V
Corriente de operación	—	34	—	mA
Corriente máxima switch	—	2	—	A
VCD máximo switch	—	24	—	VCD

Fuente: Autor

5.2.9 Conexiones de los pines GPIO del Raspberry Pi

A continuación, se presenta la conexión de los pines del Raspberry Pi con cada uno de los componentes del sistema. El plano eléctrico del circuito se encuentra en la parte de anexos (Anexo 1).

Tabla 13. Conexión de dispositivos al Raspberry Pi

Pin del Raspberry Pi (BCM)	Descripción de conexión
3.3V	Pin LV de los convertidores de voltaje
SDA	SDA RTC DS1307
SCL	SCL RTC DS1307
GPIO 04	Libre
GPIO 05	Pulse Motor Y
GPIO 06	Dir. Motor Y
GPIO 13	Sensor X Derecha
GPIO 16	Sensor Y Frontal
GPIO 17	Señal Vacío
GPIO 18	Pulse Motor Z
GPIO 19	Sensor X Izquierda
GPIO 20	Sensor Z
GPIO 21	Señal Servo
GPIO 22	Enable Motor Z
GPIO 23	Pulse Motor X
GPIO 24	Dir. Motor X
GPIO 25	Enable Motor X
GPIO 26	Sensor Y Trasero

Fuente: Autor

5.2.10 Diseño de las partes mecánicas

Fue necesario diseñar un sistema que se adaptara con la máquina CNC y permitiera el ensamble de los *covers*. Se diseñó una base para el servo motor, una especie de cilindro que se conectara con el servo y que en el otro extremo se pudiera introducir una especie de ventosa y finalmente, debía estar conectado al generador de vacío. En total fueron cuatro piezas que se necesitaron y se diseñaron utilizando SolidWork 2015 por parte del autor del proyecto, para luego ser fabricadas por el departamento de mantenimiento de la empresa.

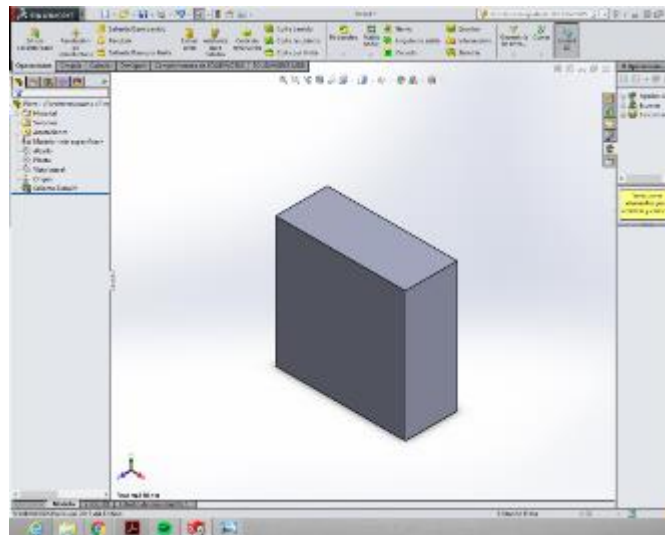


Figura 56. Diseño Primera Parte Mecánica

Fuente: dibujo hecho por el autor en el software SolidWork 2015

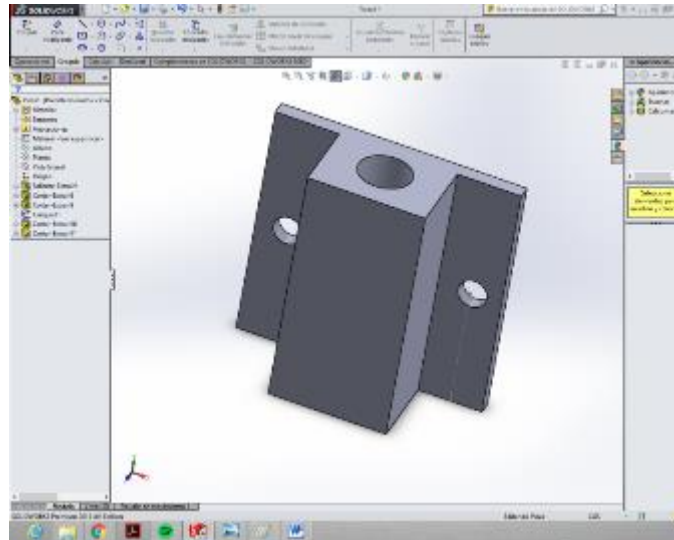


Figura 57. Diseño Segunda Parte Mecánica

Fuente: dibujo hecho por el autor en el software SolidWork 2015

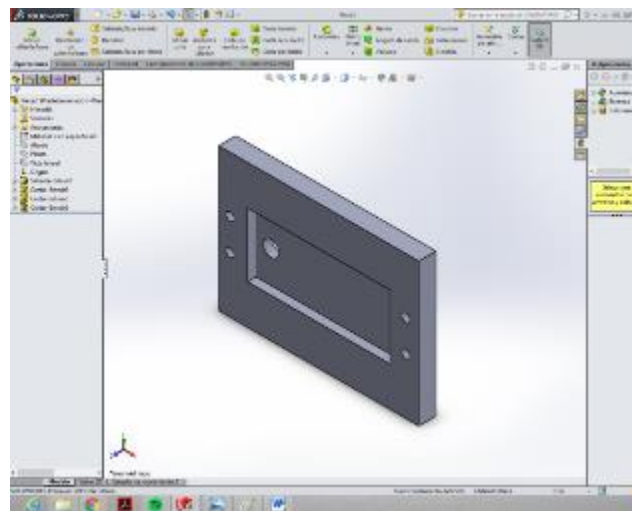


Figura 58. Diseño Tercera Parte Mecánica

Fuente: dibujo hecho por el autor en el software SolidWork 2015

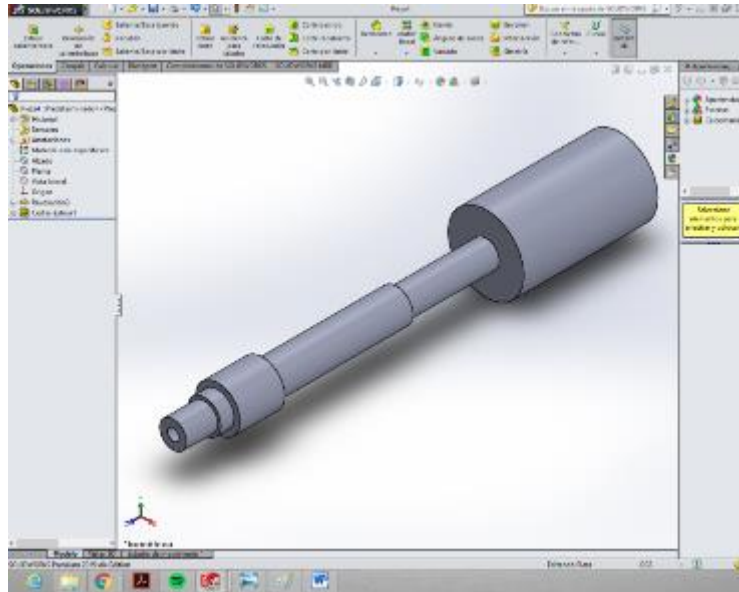


Figura 59. Diseño Cuarta Parte Mecánica

Fuente: dibujo hecho por el autor en el software SolidWork 2015

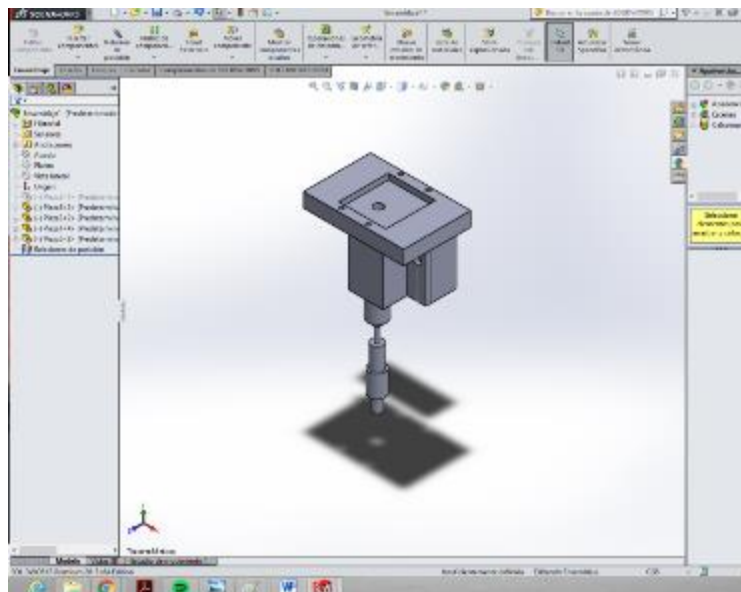


Figura 60. Diseño del ensamble de todas las partes mecánicas

Fuente: dibujo hecho por el autor en el software SolidWork 2015

5.2.11 Mantenimiento

Como se mencionó anteriormente la máquina CNC se encontraba fuera de uso hace mucho tiempo, lo que ocasionó deterioro en su estado físico, se observaron partes herrumbradas, falta de pintura, ciertos cables presentaban deterioro, las mangueras estaban en mal estado y el transportador de cable le faltaban partes. Por lo cual se decide efectuar un mantenimiento correctivo.

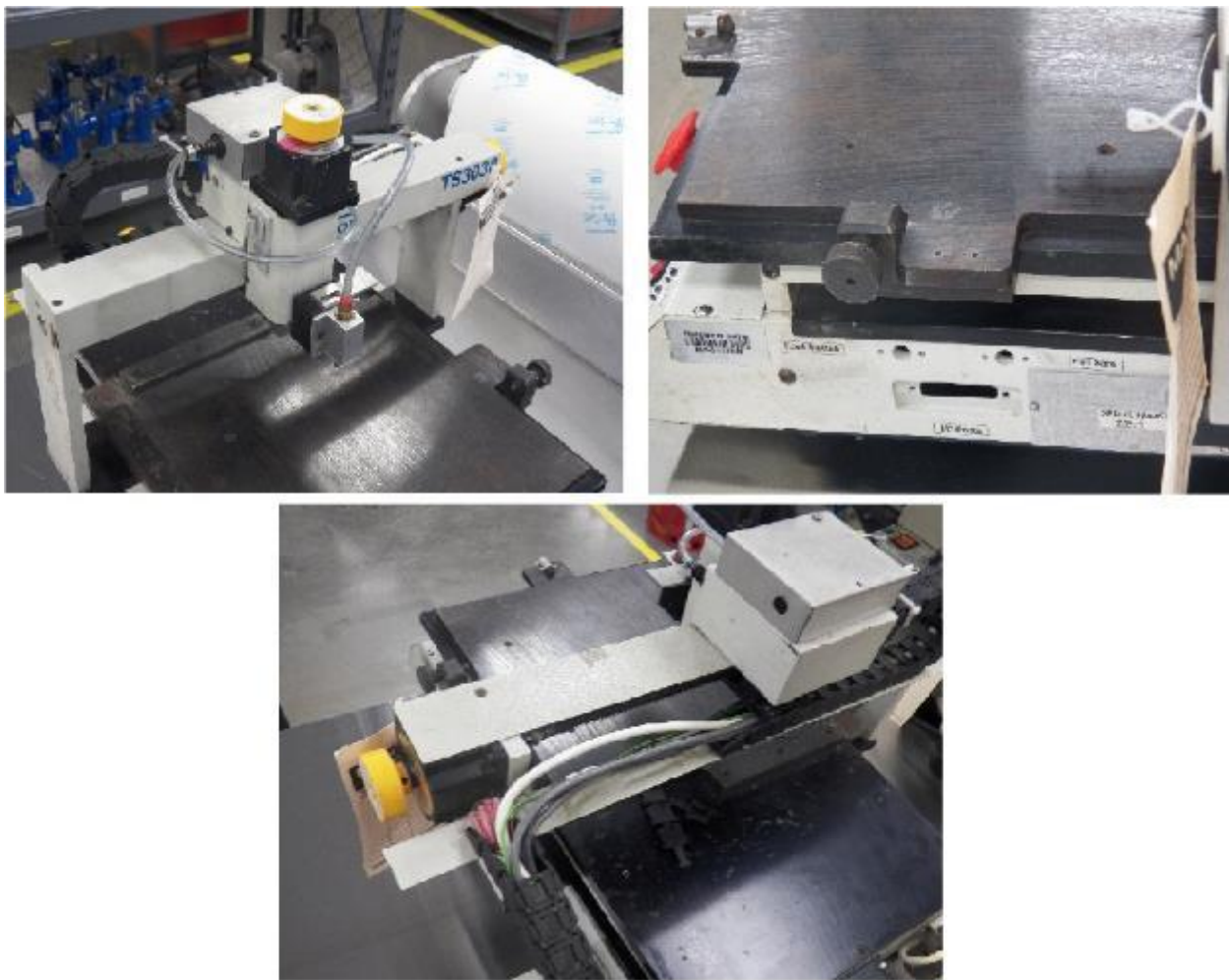


Figura 61. Estado Anterior de la Maquina CNC

Fuente: Autor

Se lijó y pintó la máquina, se cambió todo el cableado eléctrico y las mangueras, se instaló un transportador de cable nuevo, se cambiaron los manómetros, se colocó y adaptó la máquina para que tuviera acceso a los puertos del Raspberry Pi y al convertidor VGA a HDMI, se limpiaron y engrasaron los rieles de cada eje y finalmente, se arreglan los botones y LED's.



Figura 62. Estado Actual de la Maquina CNC

Fuente: Autor

5.2.12 Conexión eléctrica de los componentes

Toda la conexión eléctrica es completamente nueva, se cambiaron los cables, como se cambió el sistema operativo se tuvo que hacer un circuito eléctrico nuevo, el cual incorporaba el Raspberry Pi, el ventilador, los convertidores y el relé. Además, las conexiones de los botones cambiaron sus funciones. Un botón habilita los 5V y enciende solo el sistema operativo y sensores, el otro botón es la conexión de 24V que enciende los motores. Esto se hizo si por alguna razón se necesita mover los motores manualmente, esto se pueda realizar sin tener que apagar todo el sistema. El plano eléctrico del sistema se encuentra en la sección de Anexos. (Anexo 1)

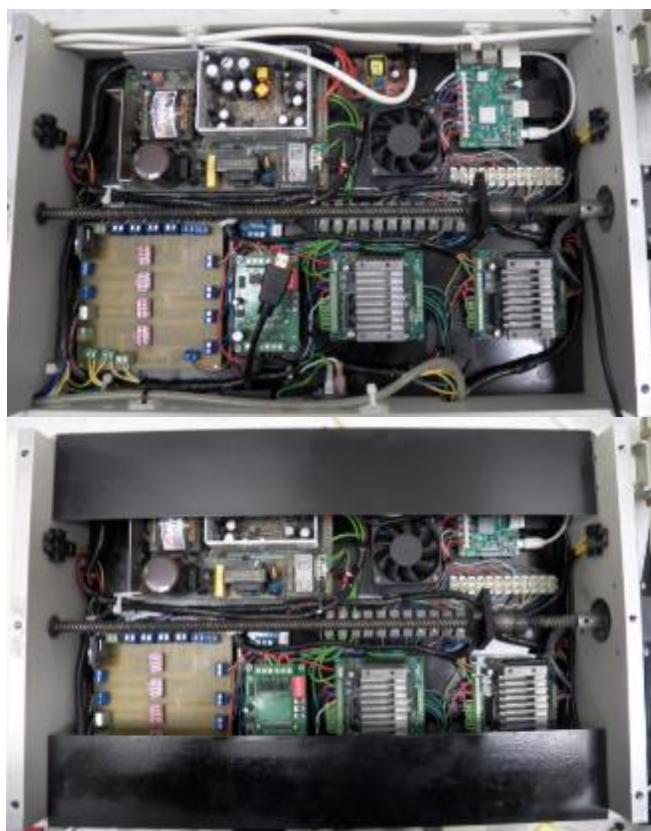


Figura 63. Conexión eléctrica del equipo

Fuente: Autor

5.3 SOFTWARE

Esta sección abarca los aspectos del *software* del sistema incluyendo los algoritmos del Raspberry Pi (Python).

5.3.1 Python

Guzdial y Ericson (2013) afirman “un lenguaje de programación es un conjunto de nombres para el que una computadora tiene codificaciones, de tal forma que los nombres indican a la computadora que realice acciones esperadas” (p.17). Para el desarrollo del programa principal se utilizó el lenguaje Python, es un lenguaje orientado a objetos, contiene gran cantidad de librerías incorporadas que permiten trabajar más rápido y de manera más efectiva, se puede utilizar en varias plataformas y es totalmente gratuito.

El programa principal es el encargado de dirigir los *drivers* de los motores y así controlar el movimiento de los mismos, recibe los datos de los sensores, controla el servo motor y la electroválvula para generar el vacío cuando sea necesario, crear la interfaz gráfica, crear un perfil nuevo y generar reportes.

5.3.2 Lectura digital de los sensores

Las lecturas de los sensores se realizan por medio de variables llamadas “senxd, senxi, senya, senyf, senz”, todas configuradas como señales de entrada.

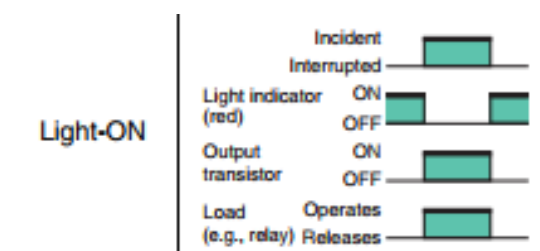


Figura 64. Configuración y tabla de tiempos del sensor EE-SX670A

Fuente: Internet, Mouser

Cuando se interrumpe la señal del sensor, este envía una señal digital al Raspberry Pi indicando que se llegó al límite permitido y detiene el movimiento de los motores. Esta función tiene dos objetivos, el primero prevenir algún daño mecánico y segundo y más importante, que con estas señales se configura la posición inicial del sistema lo que permite calcular los pasos que los motores deben ejecutar en cada proceso, se programó que el sistema hiciera girar los motores hasta no recibir la señal del sensor, seleccionando un sensor en cada eje de la máquina.

```

File Edit Format Run Options Windows Help
****Configuracion Sensores****
senxd = 13 #sensorxderecha
senxi = 19 #sensorxizquierda
senya = 26 #sensoryatras
senyf = 16 #sensoryfrente
senz = 20 #sensorz

GPIO.setup(senxd, GPIO.IN)
GPIO.setup(senxi, GPIO.IN)

GPIO.setup(senya, GPIO.IN)
GPIO.setup(senyf, GPIO.IN)

GPIO.setup(senz, GPIO.IN)

def PosicionInicialx():
    global Inicio1
    global InicioX
    global Delayx
    Inicio1 = True
    while (GPIO.input(senxi) == True):
        GPIO.output(Direx, True)
        GPIO.output(Stepx, GPIO.HIGH)
        time.sleep(Delayx*(0.000001))
        GPIO.output(Stepx, GPIO.LOW)
        time.sleep(Delayx*(0.000001))
    Inicio1 = False
    InicioX = True

```

Se definen los pines del Raspberry para cada sensor

Se configuran las variables como entradas

Parte del programa que permite configurar la posición inicial por medio de los sensores, se aplica para cada motor

Ln: 26 Col: 37

Figura 65. Código de programación del control de los sensores

Fuente: Autor

5.3.3 Control de los motores

La máquina CNC está compuesta por tres ejes X, Y, Z, cada uno de estos movidos por un motor. Estos motores son controlados por un *driver*, que su vez está controlado por el Raspberry Pi. El Raspberry Pi indica cuántos pasos debe girar el motor, su dirección y velocidad. Esto lo hace por medio de tres señales conectadas directamente a los drivers. Estas señales son:

- La señal de Pulso: cada pulso que envía el Raspberry Pi es un paso para que el motor gire.
- La señal de Dir: esta señal le indica al motor en qué dirección girar, dependiendo de su estado ya sea verdadero o falso.
- La señal Enable: cuando esta señal está en alto, la corriente al motor se suspende.

Para la programación del movimiento de cada motor se configuran estas señales como salidas en los pines del Raspberry Pi. Luego se define la dirección en que deben girar, además de activar la señal de pulso y definir un *delay* para controlar la velocidad del giro. Esto se controló por medio de un ciclo en el cual se incorporó un contador para así definir la cantidad de pasos que debe efectuar cada motor.

```

#MotorEjeX
Stepx = 23 #pulse
Direx = 24 #direccion
Enx = 25 #enable
#MotorEjeY
Stepy = 5 #pulse
Direy = 6 #direccion
Eny = 12 #enable
#MotorEjeZ
Stepz = 18 #pulse
Direz = 27 #direccion
Enz = 22 #enable

GPIO.setup(Stepx,GPIO.OUT)
GPIO.setup(Direx,GPIO.OUT)
GPIO.setup(Enx,GPIO.OUT)

GPIO.setup(Stepy,GPIO.OUT)
GPIO.setup(Direy,GPIO.OUT)
GPIO.setup(Eny,GPIO.OUT)

GPIO.setup(Stepz,GPIO.OUT)
GPIO.setup(Direz,GPIO.OUT)
GPIO.setup(Enz,GPIO.OUT)

Delayx = 150
Delayy = 150
Delayz = 420

while (plx<995):
    GPIO.output(Direx,False)
    GPIO.output(Stepx,GPIO.HIGH)
    time.sleep(Delayx*(0.000001))
    GPIO.output(Stepx,GPIO.LOW)
    time.sleep(Delayx*(0.000001))
    plx = plx+1

```

Definición de las señales de cada motor a sus pines del Raspberry donde serán utilizados

Se configuran estas señales como salidas.

Se definen las variables de delay de cada motor.

Este es el ciclo que genera el movimiento del motor, donde se define la dirección y velocidad de giro. Además se incorpora un contador para contar los pasos.

Ln: 36 Col: 27

Figura 66. Código de programación control de motores

Fuente: Autor

Para definir o calcular cada posición en que la máquina debe moverse para tomar el *cover* y ensamblarlo en el componente, se guardan los pasos de cada perfil en un archivo .txt, llamado DatosPerfiles. En este archivo se guardan todos los perfiles creados y la cantidad de pasos que debe girar cada uno de los motores.

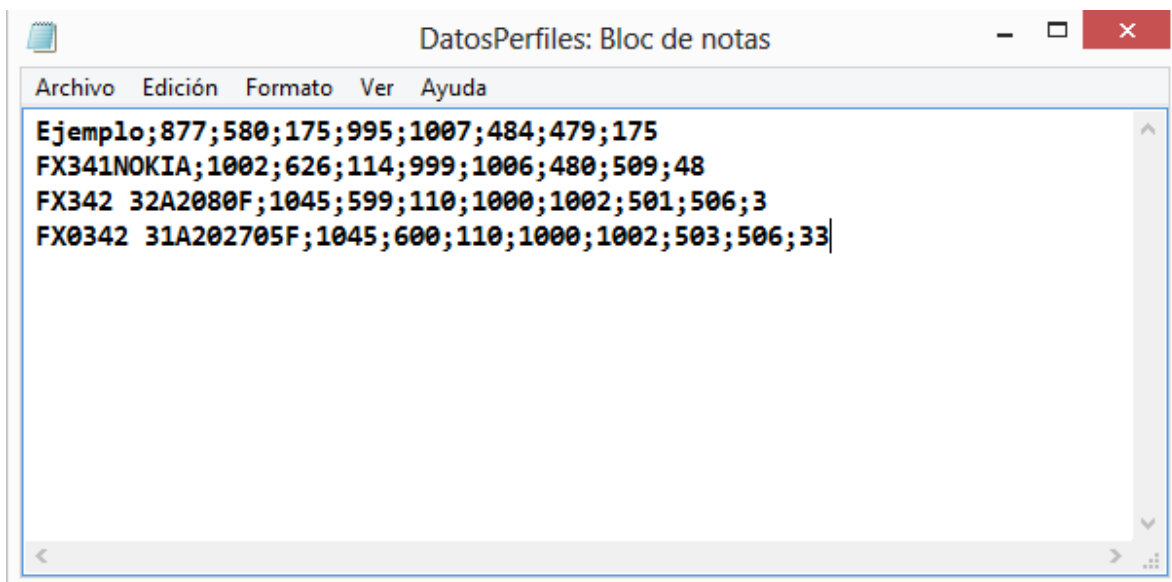


Figura 67. Archivo. txt DatosPerfiles

Fuente: Autor

Todos *Fixture* que se utiliza en la empresa tienen la misma forma y dimensiones en cuanto a largo y ancho. Sin embargo, el tamaño y distancia entre cada orificio para insertar los componentes y *covers* son diferentes, estos datos se encuentran en el anexo 7. En el archivo “DatosPerfiles” además del nombre de cada perfil se guardan ocho números, los cuales definen las posiciones de cada *cover* y componente. Los tres primeros números definen la posición del primer *cover* en el *fixture*, los siguientes dos números definen cuántos pasos se deben sumar para llegar de la posición del primer *cover* al segundo *cover* y los últimos tres números definen cuántos pasos se deben sumar para llegar de la posición del *cover* a la posición de cada componente para así ensamblar el *cover*.

```

File Edit Format Run Options Windows Help
def CargarPerfil():
    global cargar, Num
    global coger, Proceso,run, empezar, detener, contadorx, contadory
    global posc0, posc1, posc2, posc3, posc4, posc5, posc6, posc7, posc8, na, Numero

    while (cargar == True):
        cont1 = 0
        frameStop.config(image = stop)
        Perfilselect = Option.get()
        Perfilselect = Perfilselect.split('\n')
        Perfilselect = Perfilselect[0]
        with open('DatosPerfiles','r') as f:
            for l in f:
                m=re.match(Perfilselect,l)
                if m:
                    z=l.split(";")
                    for t in z:
                        if cont1 == 0:
                            posc0 = t
                        elif cont1 == 1:
                            posc1 = int(t)
                        elif cont1 == 2:
                            posc2 = int(t)
                        elif cont1 == 3:
                            posc3 = int(t)
                        elif cont1 == 4:
                            posc4 = int(t)
                        elif cont1 == 5:
                            posc5 = int(t)
                        elif cont1 == 6:
                            posc6 = int(t)
                        elif cont1 == 7:
                            posc7 = int(t)
                        elif cont1 == 8:
                            posc8 = int(t)
                        cont1 = cont1+1
                    cont1 = 0
                cargar = False

    f.close()
    Assembly()

```

El operario selecciona un perfil. El programa abre el documento 'DatosPerfiles' y busca el nombre del perfil seleccionado

Luego de encontrar el perfil seleccionado, convierto los ocho numeros en el archivo en enteros, los cuales representan una posición.

Una vez que el programa tenga los valores de cada posición obtenidas del archivo, carga la función Assembly

Figura 68. Función CargarPerfil

Fuente: Autor

Una vez que el perfil es cargado y las posiciones guardadas en las variables con nombre posc, se invoca la función Assembly. Estas posiciones serán los contadores de cada uno de los motores para realizar su movimiento y lograr la precisión requerida. En la función Assembly se hace la suma y resta de los pasos que le permiten a cada motor realizar su movimiento y que la máquina se coloque en la posición correcta. Además, como los *fixtures* utilizados se pueden dividir en filas y columnas, en esta función se

llevan dos contadores para tener un control en qué posición deben moverse los motores.

```
def Assembly():
    global posc0, posc1, posc2, posc3, posc4, posc5, posc6, posc7, posc8
    global contadorx, contadory
    global p, p2, p3
    global ejex, ejej
    global takex, takey
    global coger
    global start, run, comp, inicontar, empezar, inicover, detener, na

    if (contadorx == 0 and contadory == 11):
        run = False
        detener=True
        inicover = False
        comp = False
        GPIO.output(vacios,GPIO.HIGH)
        FinProceso()
        Inicio()
    else:
        if comp==True:

            if contadorx == 0:
                contadorx+=1
                posc1 = posc1 + posc4
            elif contadorx == 1:
                contadorx+=1
                posc1 = posc1 + posc4
            elif contadorx == 2:
                contadorx+=1
                posc1 = posc1 + posc4
            elif contadorx == 3:
                contadorx+=1
                posc1 = posc1 + posc4
            elif contadorx == 4:
                contadorx+=1
                posc1 = posc1 + posc4
            elif contadorx == 5:
                contadorx+=1
                posc1 = posc1 + posc4
            elif contadorx == 6:
                contadorx+=1
                posc1 = posc1 + posc4
            elif contadorx == 7:
                contadorx+=1
                posc1 = posc1 + posc4
            elif contadorx == 8:
                contadorx+=1
                posc1 = posc1 + posc4
            elif contadorx == 9:
                contadorx+=1
                posc1 = posc1 + posc4
            elif contadorx == 10:
                contadory+=1
                posc2 = posc2+posc5
                comp=False

        else:
            if contadorx == 10:
                contadorx-=1
                posc1 = posc1 - posc4
            elif contadorx == 9:
                contadorx-=1
                posc1 = posc1 - posc4
            elif contadorx == 8:
                contadorx-=1
                posc1 = posc1 - posc4
            elif contadorx == 7:
                contadorx-=1
                posc1 = posc1 - posc4
            elif contadorx == 6:
                contadorx-=1
                posc1 = posc1 - posc4
            elif contadorx == 5:
                contadorx-=1
                posc1 = posc1 - posc4
            elif contadorx == 4:
                contadorx-=1
                posc1 = posc1 - posc4
            elif contadorx == 3:
                contadorx-=1
                posc1 = posc1 - posc4
            elif contadorx == 2:
                contadorx-=1
                posc1 = posc1 - posc4
            elif contadorx == 1:
                contadorx-=1
                posc1 = posc1 - posc4
            elif contadorx == 0:
                contadory+=1
                posc2 = posc2+posc5
                comp=True

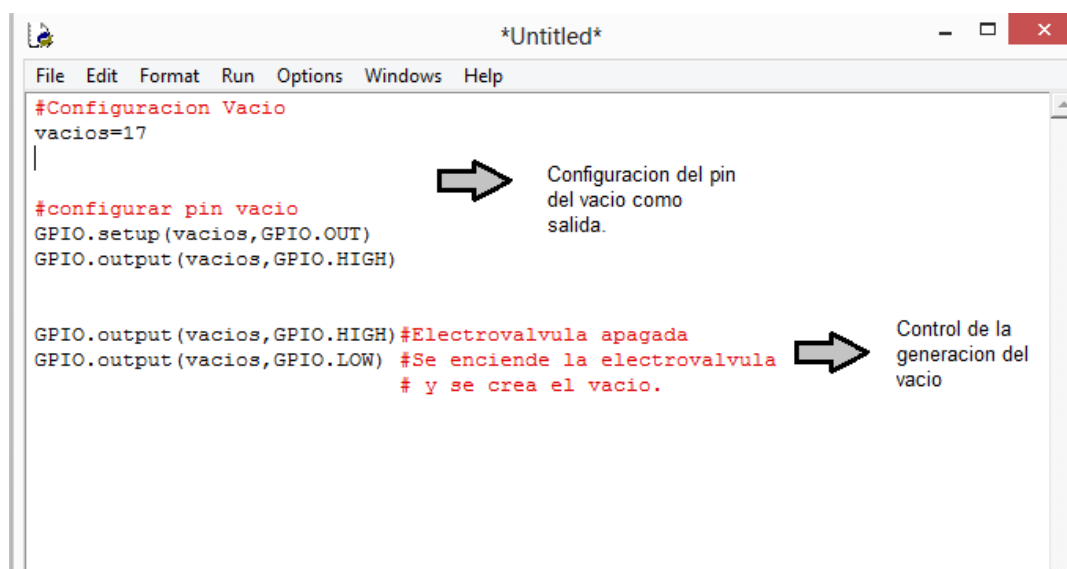
        run=True
        inicover=True
        MoldeCovers()
        if (na == False):
            empezar=Thread(target=EmpiezaProceso)
            empezar.start()
```

Figura 69. Función Assembly

Fuente: Autor

5.3.4 Generación del vacío

Al igual que los casos anteriores se definió un pin del Raspberry Pi, el cual va conectado al módulo 5V Relé, este controla la electroválvula que genera el vacío. Este pin se colocó como salida del sistema para que cada vez que se manda una señal se cree el vacío. El relé y la electroválvula están conectados en configuración normalmente cerrado, por lo que cuando la señal del Raspberry está en alto no se produce vacío y viceversa cuando la señal está en bajo es cuando se produce el vacío.



```

File Edit Format Run Options Windows Help
#Configuracion Vacio
vacios=17
|
#configurar pin vacio
GPIO.setup(vacios,GPIO.OUT)
GPIO.output(vacios,GPIO.HIGH)

GPIO.output(vacios,GPIO.HIGH) #Electrovalvula apagada
GPIO.output(vacios,GPIO.LOW) #Se enciende la electrovalvula
# y se crea el vacio.

```

Configuracion del pin del vacio como salida.

Control de la generacion del vacio

Figura 70. Código de programación para el control del generador de vacío

Fuente: Autor

5.3.5 Control del servo motor

El servo motor se instaló por solicitud del Gerente de Ingeniería, aunque al final su uso no fue necesario, pero de igual forma se conectó y se realizó la programación necesaria por si en un futuro se quiera o se necesite incorporarlo en el funcionamiento del sistema.

El servo es manejado por una señal PWM o modulación por ancho de pulsos, se configura el pin del servo como salida, además, se activa el pin en modo PWM y se define el número de pulsos que se envían por segundos.

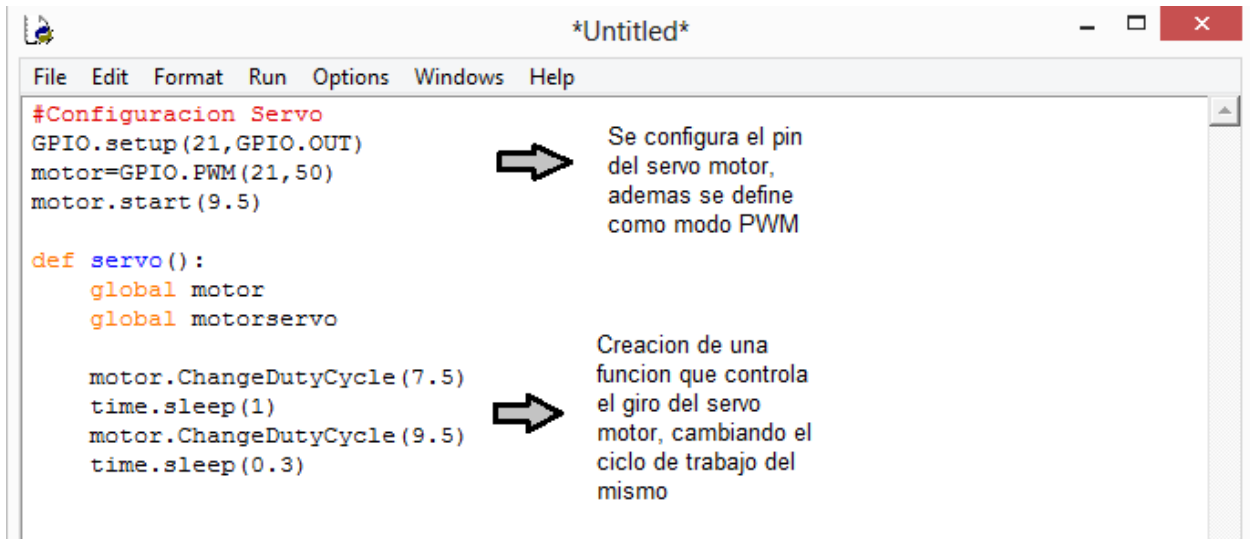


Figura 71. Programación del Servo Motor

Fuente: Autor

5.3.6 Creación de la interfaz gráfica

La máquina la utilizarán operarios de la empresa, los cuales no tienen conocimiento técnico ni de programación. Por esto, una parte principal de la implementación del proyecto fue la creación de una interfaz que fuera fácil de usar por parte del operario. Para crear esta interfaz se utilizó la librería de Tkinter, que permitió la creación de botones, etiquetas, menús, imágenes, mensajes, spinbox, entre muchas otras.

Se desarrolló una interfaz para que fuera fácil de comprender el proceso y fácil de utilizar. En ella se muestran los perfiles de cada uno de los componentes para ejecutarlos, ingreso de datos para el reporte y controlar el apagado del equipo.

Contiene botones para iniciar, pausar y detener el programa, un menú simple, además, de una imagen que indica el proceso actual.

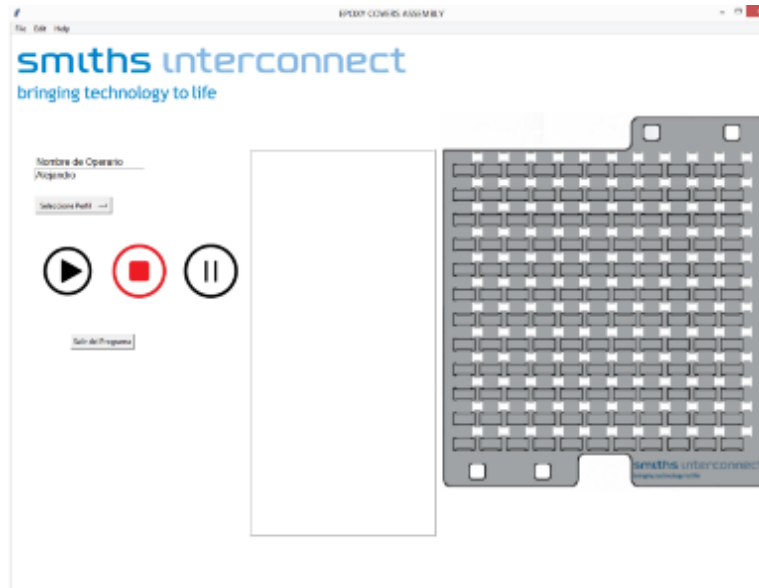


Figura 72. Diseño de la interfaz gráfica del programa

Fuente: Autor

```

*Untitled*
File Edit Format Run Options Windows Help
#Importar la libreria Tkinter
from tkinter import *
from tkinter import messagebox as tkMessageBox

#Principales Comandos

proj=Tk() #Crea la ventana principal
proj.title("EPOXY COVERS ASSEMBLY") #Ingresa un titulo a la ventana
proj.configure(background="white")#Configura el color de la ventana

tkMessageBox.showinfo #permite crear mensajes de informacion
tkMessageBox.showwarning #crea mensajes de advertencia
label=Label(proj,text="")#crea etiquetas
label.place(x=70,y=45)#.place permite establecer la ubicacion
Entry=Entry(proj,textvariable=Orden)#crea una entrada y se asigna a una variable
Boton= Button(proj,text="OK",command=Comprobar)#crea botones con su respectivo comando
perfilnuevo1=Toplevel()#crea una subventana
mCN=Image.open('MoldeCN.png')#crear imagenes

```

Figura 73. Comandos de Tkinter

Fuente: Autor

5.3.7 Creación de un perfil nuevo.

Como la empresa está en un proceso de crecimiento, siempre se generan nuevos diseños de componentes, según las necesidades del cliente. Por esto, se creó un programa en el que se configure este nuevo componente en el sistema operativo. En él se debe insertar las nuevas coordenadas para controlar los motores, tanto la distancia entre *covers* como la altura para succionar y ensamblar los componentes. La creación del nuevo perfil está dividida en tres pasos:

- 1) La introducción del nombre del nuevo perfil y la posición del primer *cover*.
- 2) La posición del segundo *cover* permitiendo calcular la distancia entre ellos en todo el molde.
- 3) La posición del chip para calcular las distancias y altura para colocar el *cover*. Finalmente, se guardan estos datos en un archivo.

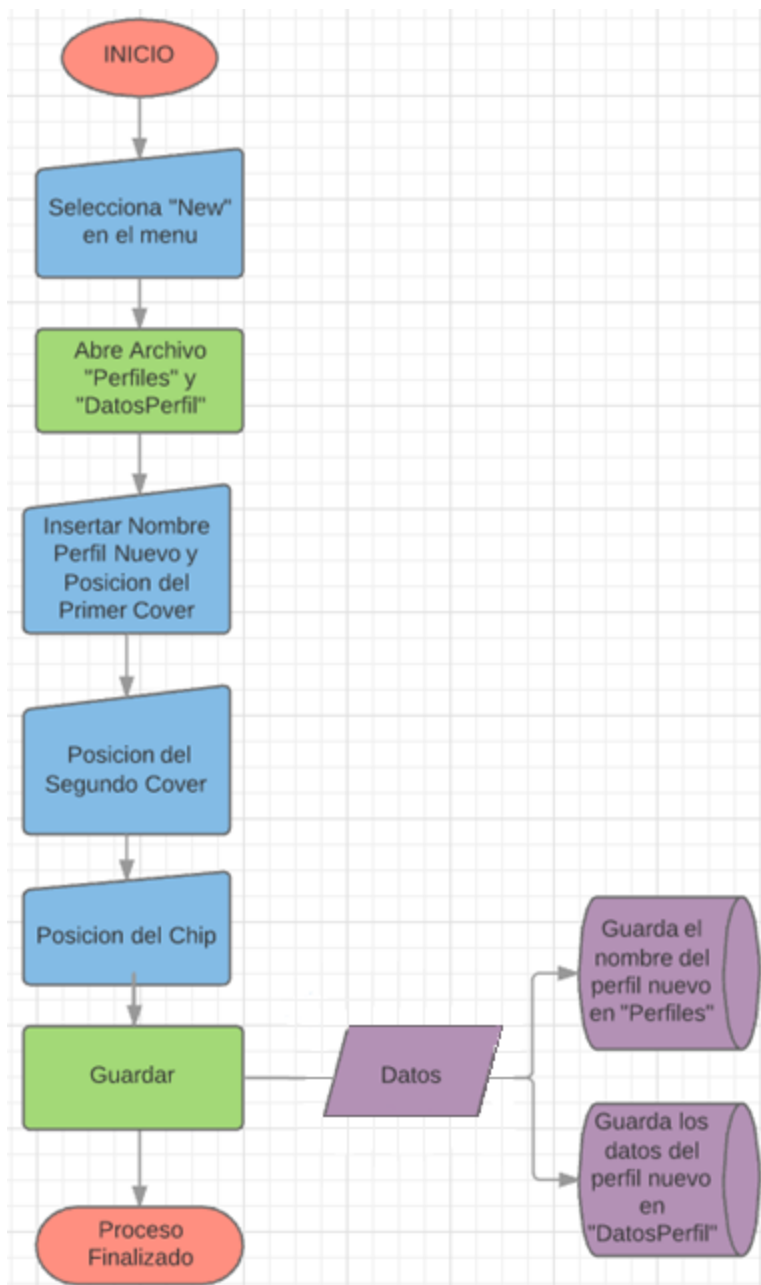


Figura 74. Diagrama de flujo para la creación de un nuevo perfil

Fuente: Autor

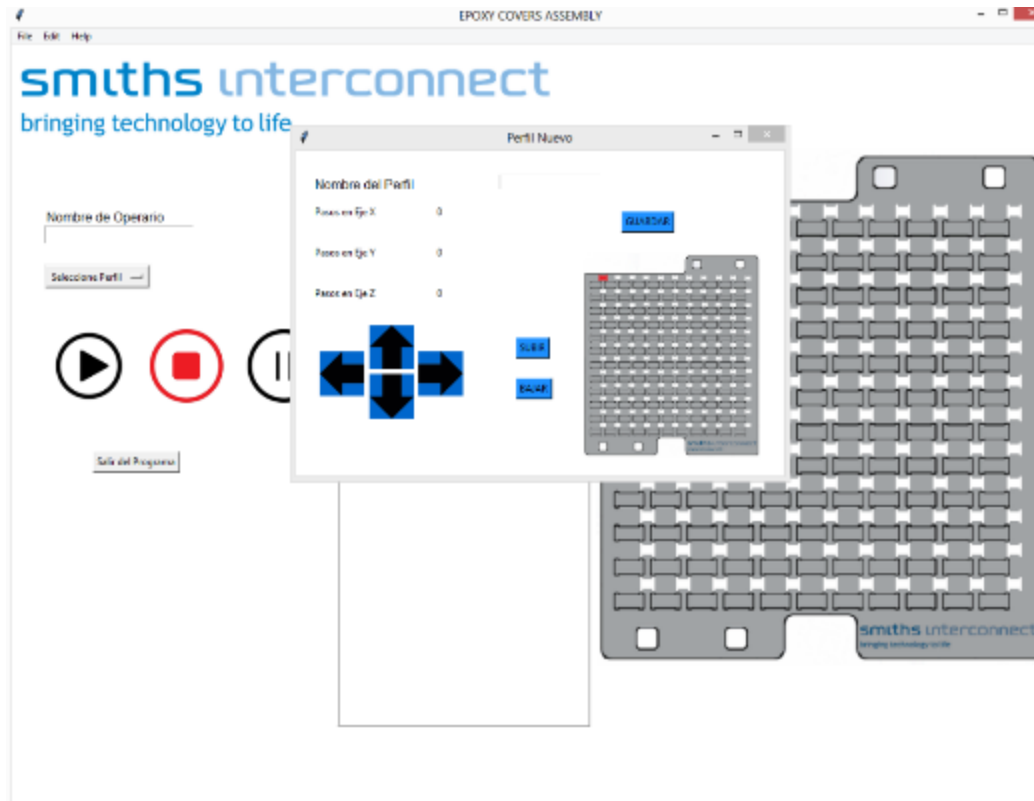


Figura 75. Interfaz gráfica para la creación de un perfil

Fuente: Autor

5.3.8 Reporte

Se genera un reporte que se guarda en un archivo de texto simple, este archivo contiene el historial de todos los procesos ejecutados, almacenando los datos correspondientes a la fecha, hora, operario y numero de orden.

Además, se crean otros dos archivos, uno con todos los nombres de los perfiles guardados en el sistema y otro con los datos de cada perfil creado.

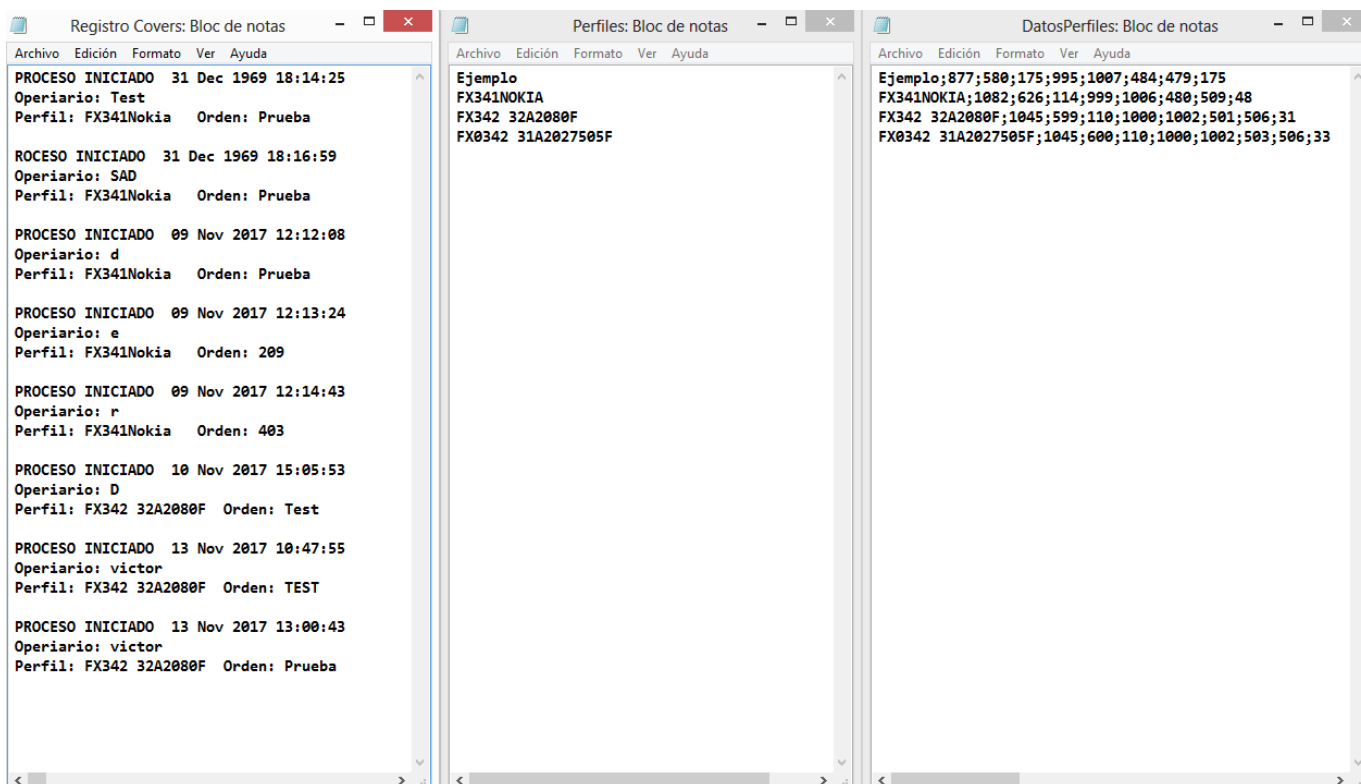
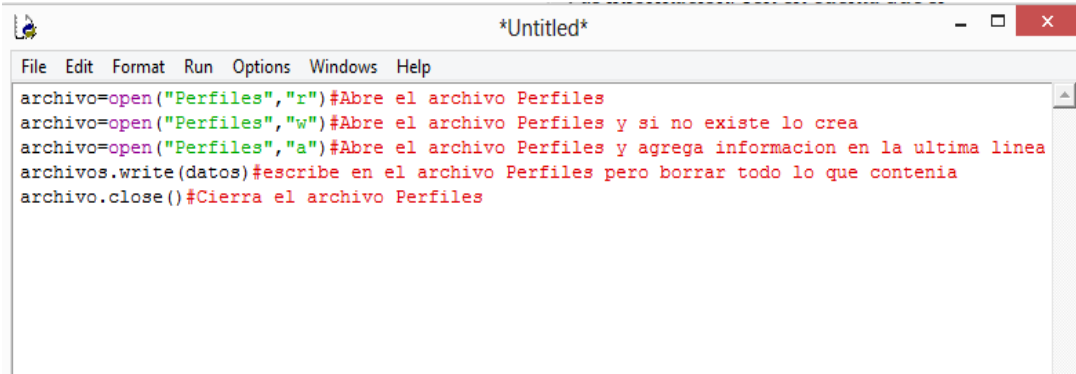


Figura 76. Archivos. txt creados

Fuente: Autor

Estos reportes se basan en la creación de un archivo. txt el cual va agregando en la última línea el dato correspondiente. Estos archivos se abren al inicio del programa y cada vez que termina un proceso o se crea un perfil nuevo, el sistema escribe la información en el archivo. Estos archivos no pueden manipularse a través del programa, solo personal autorizado tiene ingreso a ellos.

Se utilizan las siguientes instrucciones “open” para abrir y crear el archivo, “write” para escribir en el archivo y para cerrarlo “close”. Además, con la instrucción “open” se debe agregar la función que se quiere realizar como se muestra a continuación:



```

File Edit Format Run Options Windows Help
archivo=open("Perfiles","r")#Abre el archivo Perfiles
archivo=open("Perfiles","w")#Abre el archivo Perfiles y si no existe lo crea
archivo=open("Perfiles","a")#Abre el archivo Perfiles y agrega informacion en la ultima linea
archivos.write(datos)#escribe en el archivo Perfiles pero borrar todo lo que contenia
archivo.close()#Cierra el archivo Perfiles

```

Figura 77. Comandos para creación de archivos. txt

Fuente: Autor

5.3.9 Ejecución del programa

Para ejecutar un programa el operario debe introducir su nombre, seleccionar el perfil y poner el número de orden, una vez confirmados los datos el sistema empezará a ensamblar los *covers*, estos datos se solicitan para crear el reporte diario que se solicitó en las reuniones y entrevistas realizadas a Erick Figueroa gerente de ingeniería y Roger Estrada ingeniero de proceso. Una vez iniciado el programa se puede pausar o detenerlo si es necesario.

Pausa: el proceso se puede pausar en cualquier momento.

1. Presione el icono PAUSE. El proceso se detiene y el icono Pausa se pondrá amarillo.

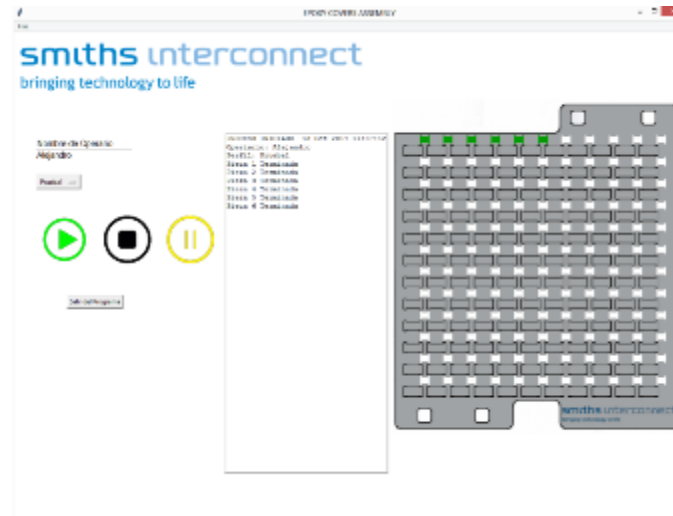


Figura 78. Interfaz Pausa

Fuente: Autor

2. Seleccione una de los siguientes iconos:

PAUSE - para continuar el proceso.

STOP - para detener el proceso.

Stop: De igual manera el proceso se puede detener en cualquier momento.

1. Presione el icono STOP. Se mostrará un mensaje.

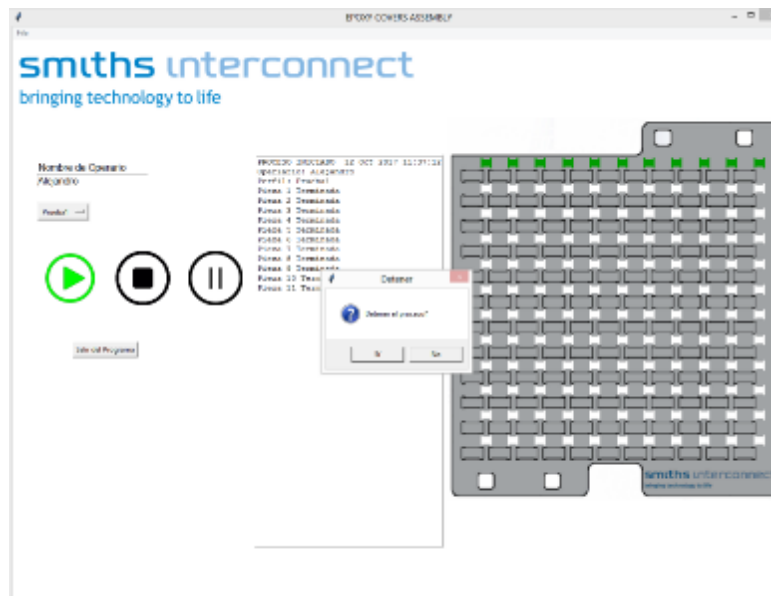


Figura 79. Interfaz Stop

Fuente: Autor

2. Seleccione una de los siguientes iconos:

Sí - El proceso se detiene y volverá a la posición inicial.

No-El proceso continúa.

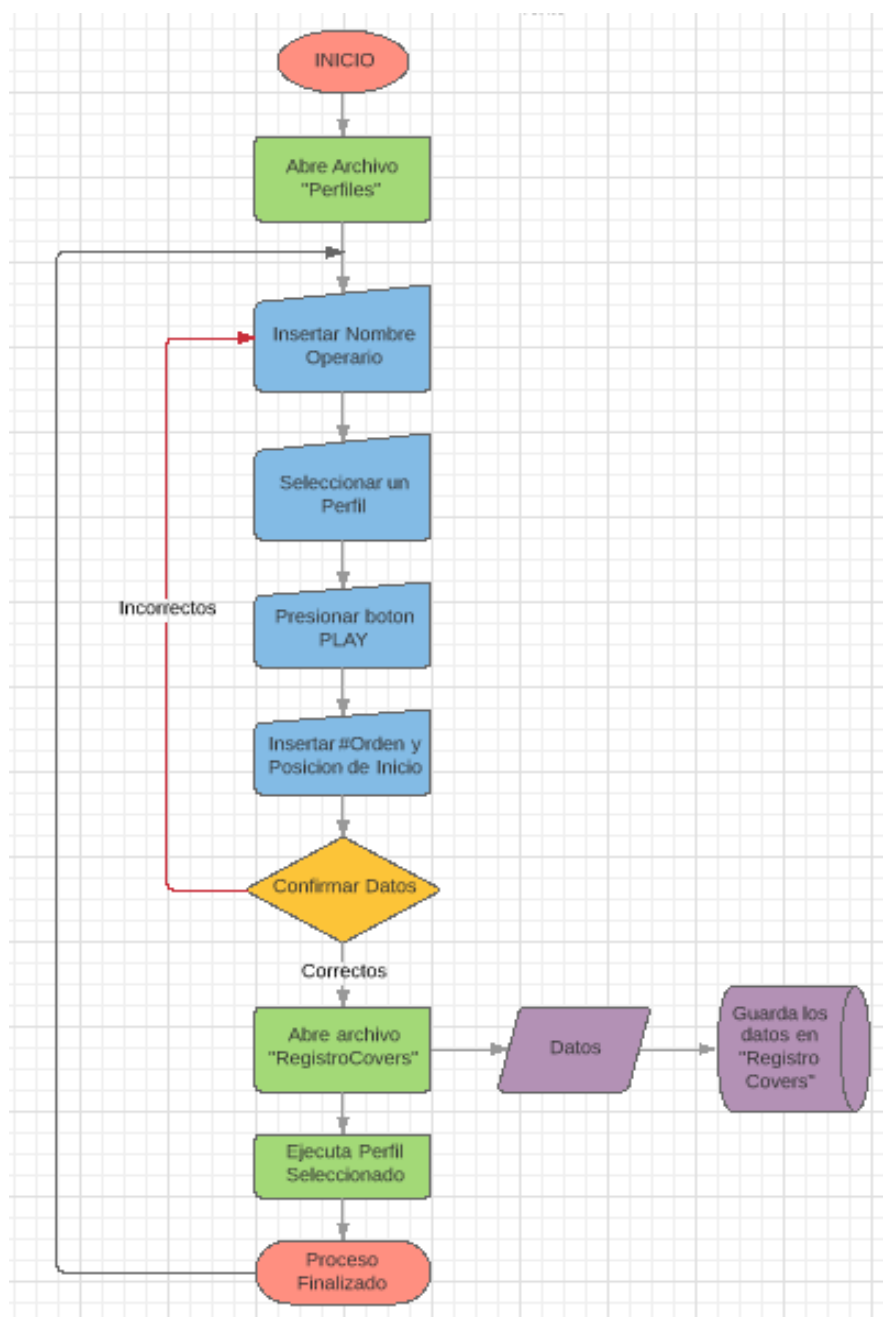


Figura 80. Diagrama de flujo de la ejecución del programa

Fuente: Autor

5.4 PRUEBAS Y VALIDACIÓN

Una vez finalizada la construcción y programación del sistema se realiza una serie de pruebas para comprobar el funcionamiento del mismo. Además, de la presentación final de la máquina, los cambios realizados a la programación y el diseño final de la interfaz gráfica.

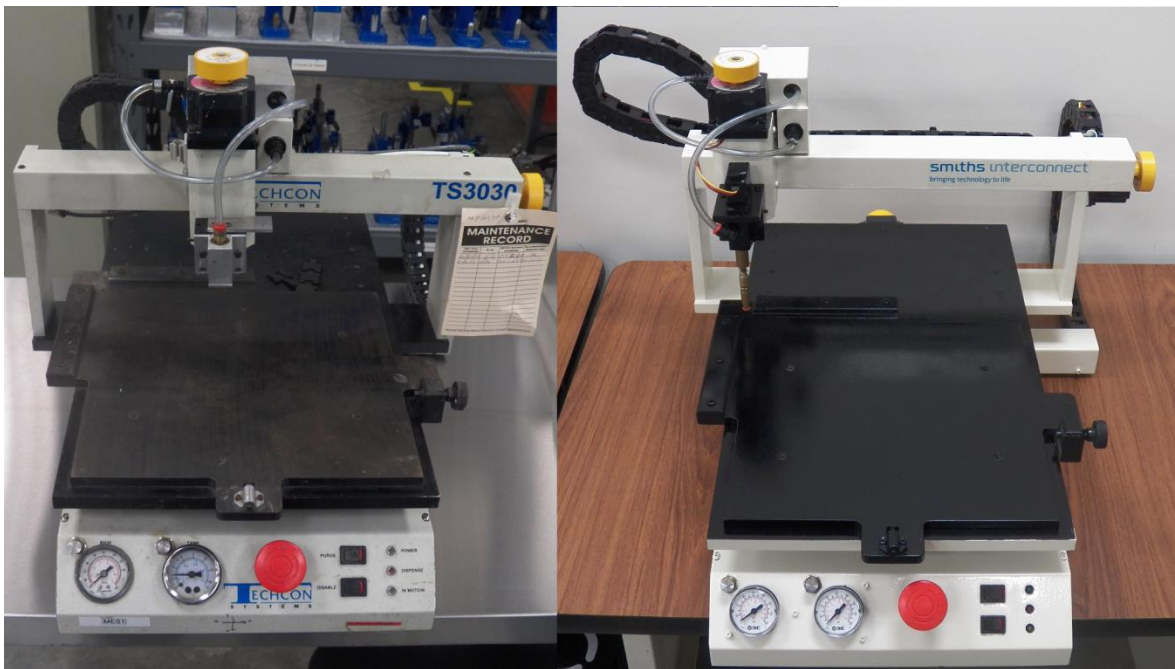


Figura 81. Cambios en la Máquina CNC

Fuente: foto tomada por el autor

En la figura anterior se observan fácilmente los cambios físicos realizados a la máquina CNC: instalación de nuevos manómetros, cambio de LED's, lijado y pintado de la máquina y la instalación del diseño nuevo para poder generar el vacío y poder ensamblar los componentes.

La líder de producción Marta Suarez señaló que la interfaz gráfica es muy llamativa, además, que su diseño permite que sea fácil de utilizar, ya que no se necesita ningún conocimiento de programación para crear nuevos perfiles.

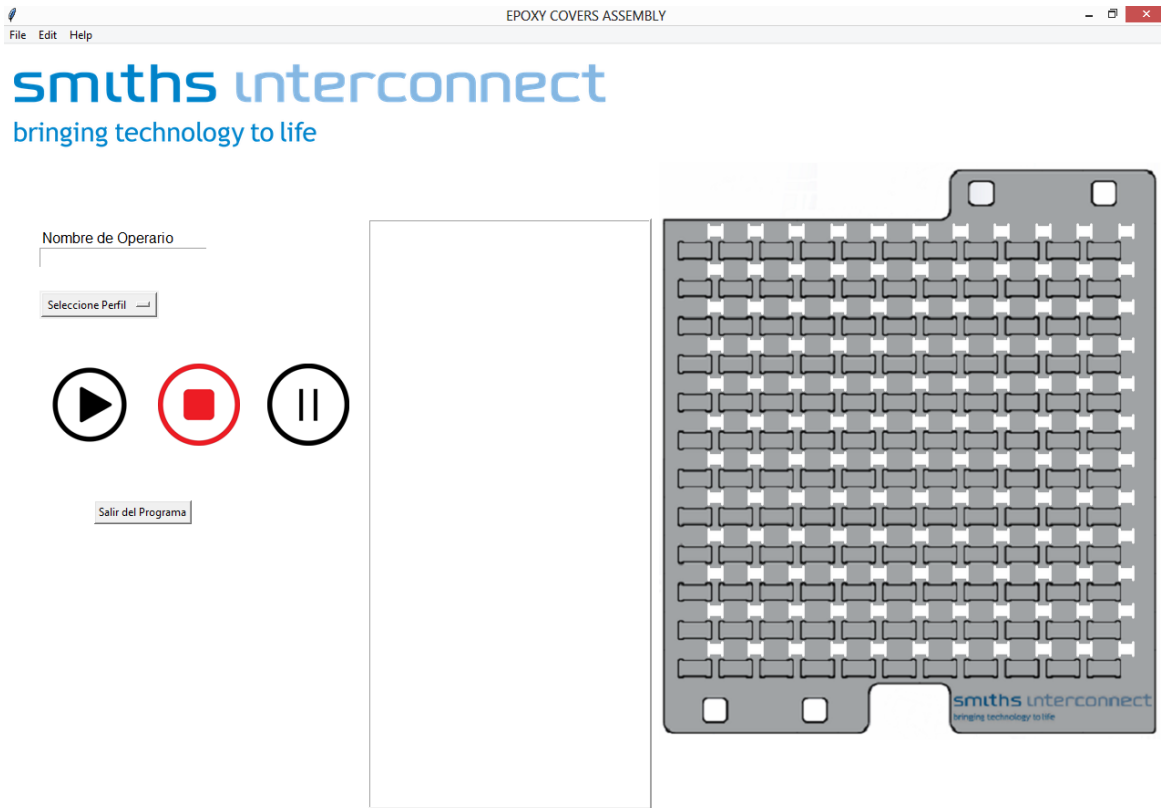


Figura 82. Diseño de la interfaz gráfica

Fuente: Autor

Como se puede observar la interfaz gráfica cuenta con botones con imágenes o texto que le permiten al usuario reconocer su función. Se representa una imagen de los *fixtures* utilizados en la posición que debe ir colocado en la máquina, además, de los botones *play*, *stop* y *pausa* que son bastante conocidos y qué función realiza cada uno.

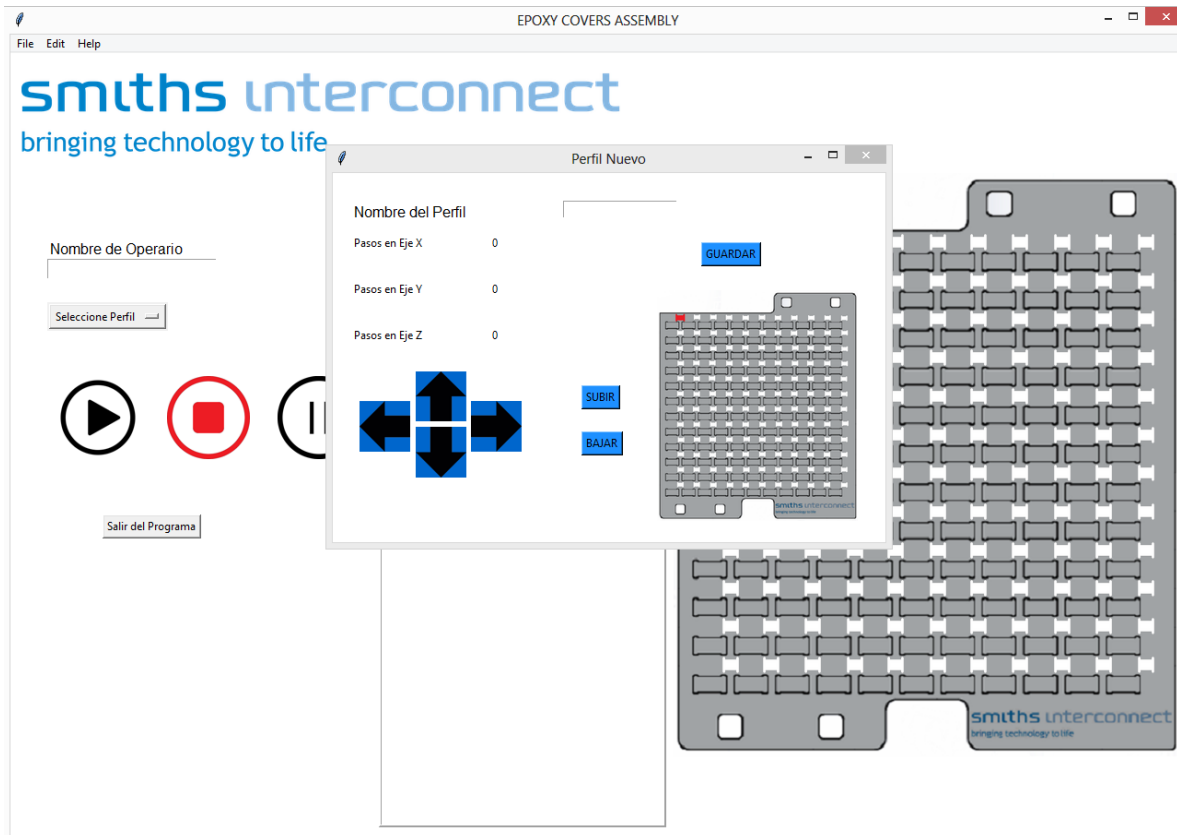


Figura 83. Diseño gráfico para crear un perfil nuevo

Fuente: Autor

Con esa figura se logra demostrar lo dicho por la líder de producción Marta Suarez, que no es necesario el uso de comandos o conocimientos de programación para crear un nuevo perfil. Los botones de flechas indican el movimiento de la máquina, además, la imagen del *fixture* indica con color rojo dónde se debe mover la máquina para crear el perfil.

Una vez que se presentó la máquina se empezaron a realizar las pruebas necesarias, para luego pasar al proceso de validación, en el cual los comentarios fueron positivos. Gerardo Montero supervisor de producción señaló “equipo recibido en buenas condiciones, se observa el funcionamiento del mismo, tanto en el montaje de

los *covers* sobre las piezas, así como el uso y elaboración de los programas a utilizar”, este y los demás comentarios de los diferentes departamentos están en el anexo 4.

5.4.1 Pruebas con piezas malas “Scrap”

Se realizaron pruebas de funcionamiento de la máquina CNC, para comprobar el funcionamiento mecánico y eléctrico (motores, sensores, botones y el generador de vacío). También probar la interfaz gráfica y todas las aplicaciones del sistema. Estas pruebas se realizaron durante una semana y se utilizaron piezas en mal estado para no afectar la producción con estas pruebas. Estas pruebas permitieron verificar el sistema operativo y sus funciones, la interfaz se comportó según los requerimientos solicitados en las entrevistas y reuniones y discutidos en el capítulo 4, su diseño facilita el uso por parte del usuario. Por otro lado, se efectuaron ajustes en los motores y principalmente en el generador de vacío para establecer la presión en la que debía trabajar el equipo. Finalmente, se verificó el funcionamiento del botón de emergencia, el cual es muy importante para evitar cualquier accidente.

5.4.2 Pruebas con covers

Durante una semana se probaron varios tipos de *covers* en la línea de producción, esto permitió probar a la vez la opción de crear nuevos perfiles e ir guardando los perfiles en el sistema. Esta prueba es la más significativa para observar la fidelidad y el comportamiento del sistema dentro de la línea de producción. Para estas pruebas se solicitó permiso al departamento de producción el uso del material que se encontraba en la línea de producción.



Figura 84. Covers Producidos

Fuente: EMC Tecnología

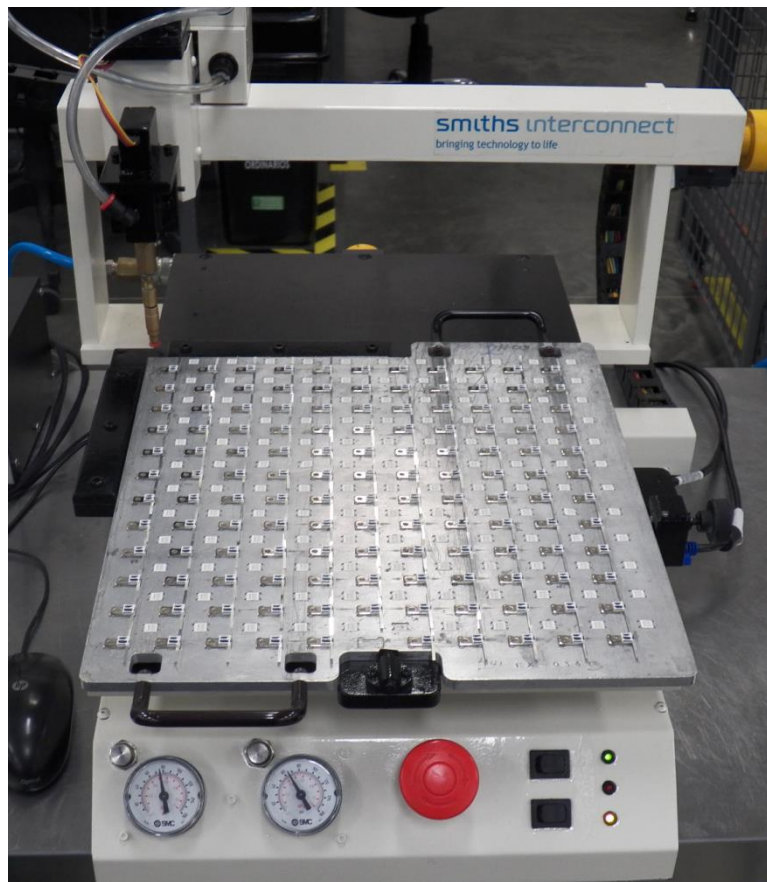


Figura 85. Fixture con covers listo para el ensamble

Fuente: EMC Tecnología

Las pruebas demostraron que el sistema se comportaba de manera constante, sin errores y, además, se obtuvieron buenos resultados con respecto a piezas ensambladas y el tiempo en que realiza el proceso.

Tabla 14. Tiempos el equipo por cover ensamblado el 31 de octubre 2017

MÁQUINA CNC	
Día	Tiempo por cover ensamblado (s)
31/10/2017	4,5
31/10/2017	4,6
31/10/2017	4,5
31/10/2017	4,7
31/10/2017	4,6
31/10/2017	4,5
31/10/2017	4,4
31/10/2017	4,6
31/10/2017	4,5
31/10/2017	4,5
31/10/2017	4,5
31/10/2017	4,6
31/10/2017	4,6
31/10/2017	4,7
31/10/2017	4,5
Promedio	4,553333333

Fuente: Autor

Tabla 15. Producción de covers ensamblados por el equipo el 31 de octubre 2017

MÁQUINA CNC		
Día	Hora	Covers Ensamblados
31/10/2017	7am	132
31/10/2017	8am	132
31/10/2017	9am	132
31/10/2017	10am	132
31/10/2017	11am	264
31/10/2017	11:30am	-----
31/10/2017	1pm	132
31/10/2017	2pm	396
31/10/2017	3pm	264
31/10/2017	3:30pm	132
Total		1716

Fuente: Autor

A continuación, se muestra una tabla comparativa con los datos obtenidos por el sistema y las mediciones tomadas de los operarios. Hay que tomar en cuenta que el *Fixture* está compuesto por 132 piezas y para la comparación se sumaron los datos de los tres operarios del día 12 de julio del 2017 y se utilizó el mismo perfil.

Tabla 16. Comparación de la producción entre el equipo vs operarios

Hora	Máquina CNC	Operarios
7am	132	192
8am	132	191
9am	132	177
10am	132	170
11am	264	182
11:30am	-----	98
1pm	132	198
2pm	396	168
3pm	264	172
3:30pm	132	99
Total	1716	1647

Fuente: Autor

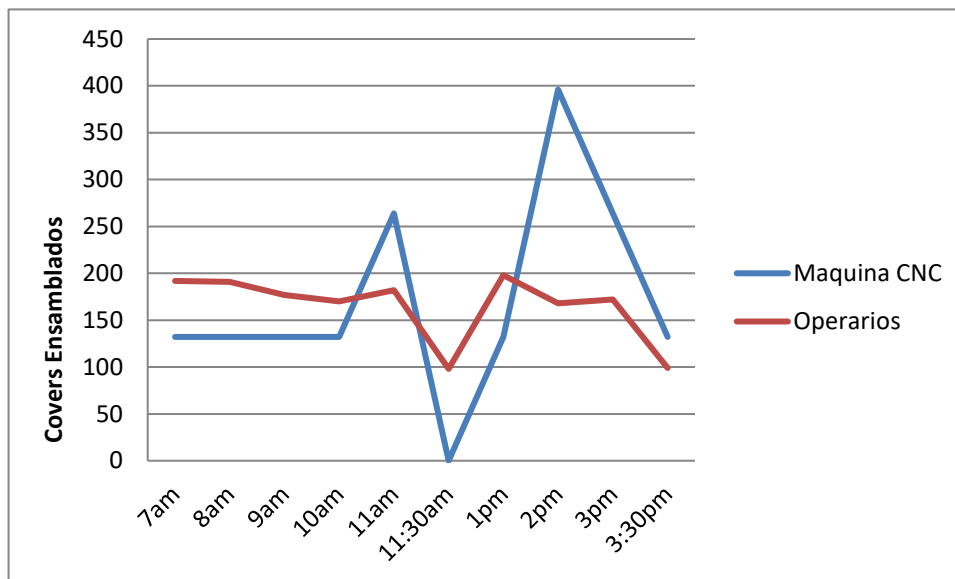


Gráfico 1. Producción Equipo vs Operarios

Fuente: Autor

Tabla 17. Comparación de tiempo por cover ensamblado entre el equipo vs operarios

Medición	Máquina CNC	Operarios
1	4,5	52,24
2	4,6	52,45
3	4,5	53,03
4	4,7	53,11
5	4,6	52,31
6	4,5	57,12
7	4,4	58,23
8	4,6	57,48
9	4,5	58,17
10	4,5	57,34
11	4,5	49,21
12	4,6	50,02
13	4,6	50,3
14	4,7	49,48
15	4,5	50,14
Promedio	4,55333333	53,37533333

Fuente: Autor

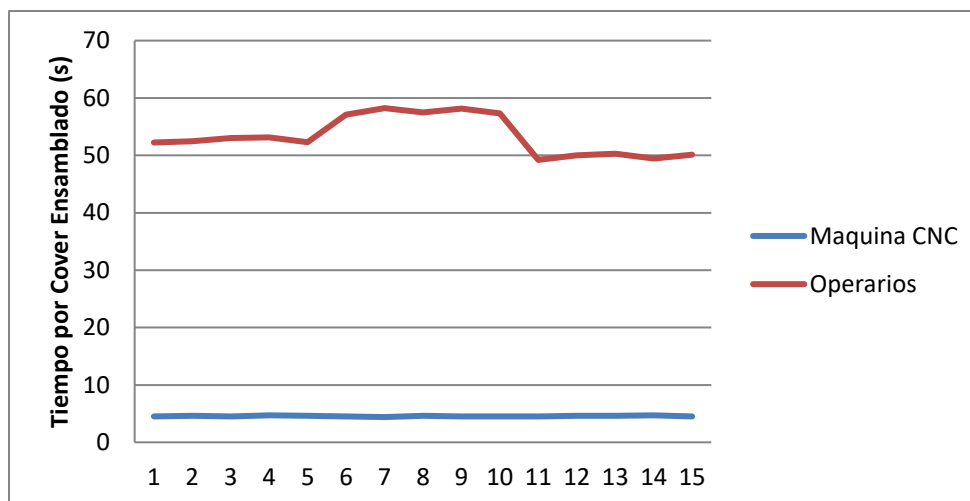


Gráfico 2. Tiempo de ensamble Equipo vs Operarios

Fuente: Autor

Las mediciones anteriores muestran una gran diferencia entre el proceso manual y el sistema implementado. Estas pruebas ponen en evidencia que el equipo puede proporcionar soluciones para la empresa, reduciendo los tiempos de espera y aumentando la producción.

5.4.3 Validación del equipo

Con los resultados obtenidos durante las pruebas y al comprobar que la máquina está funcionando en óptimas condiciones se procede a iniciar el proceso de validación. Como parte de esta validación la empresa solicitó un manual para el usuario y, además, un manual de mantenimiento, dichos documentos se encuentran en la sección de anexos (Anexo 8 y 9 respectivamente). Este es un proceso establecido por la empresa, en el cual debe pasar unas pruebas definidas en el formato 751F107, este es el nombre del proceso de la empresa para realizar validaciones de procesos o máquinas nuevas, en donde el encargado de cada departamento tendrá que verificar

su funcionamiento y tomar la decisión de aprobarla o rechazarla. El formato y los resultados de este proceso aparecen en la sección de anexos (Anexo 4).

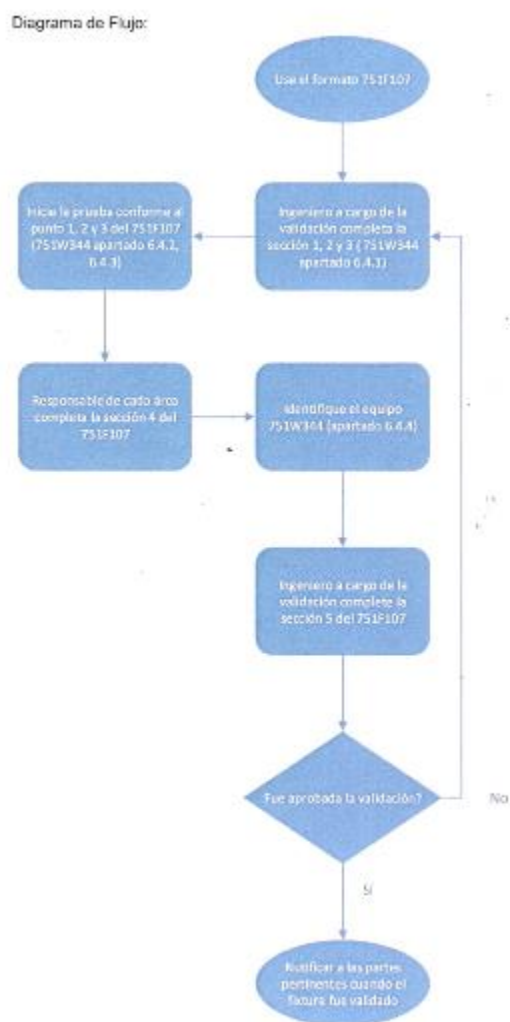


Figura 86. Diagrama de flujo del proceso de validación 751F107

Fuente: Departamento de Calidad EMC Tecnología

Como resultado de estas pruebas y proceso, la máquina fue aceptada y validada. “El equipo multidisciplinario revisa el funcionamiento de la máquina y se determina que cumple con lo requerido para el proceso. Por esta razón se acepta la

máquina y se procede con el proceso para entregar al área de producción” (Roger Estrada, ingeniero de procesos encargo del área de solder).

5.5 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

La implementación del sistema fue financiada por la empresa EMC Tecnología, que se encargó de adquirir los componentes y la confección de las partes mecánicas para el desarrollo del proyecto.

5.5.1 Costo de los materiales

En la siguiente tabla se detallan los costos del componente que tuvieron que adquirirse para la implementación del proyecto. Es importante que ciertos componentes como los sensores, manómetros y mangueras no fue necesario comprarlos ya que la empresa los tenía en su *stock*. En la sección de anexos se encuentran unas órdenes de compra para respaldar la siguiente tabla. (Anexo 5)

Tabla 18. Costo de componentes utilizados para la implementación del proyecto

Producto	Cantidad	Precio unitario	Total
1/4 Esmalte FastDry Negro	1	¢5.611,77	¢5611,77
Unipar Primer Acrílico Gris	1	¢5.158,76	¢5158,76
Lija al agua 220A	4	¢292,92	¢1171,68
lija el agua 180A	4	¢334,51	¢1338,04
HDMI TO VGA	1	¢7.167,20	¢7167,2
Ventilador	1	¢2.531,64	¢2531,64
Convertido bidireccional	6	¢2.531	¢15186
Raspberry Pi 3	1	¢30.772	¢30772
HADMI Cable	1	¢3.892	¢3892
Cable and HorseCarriers	1	¢11.015,20	¢11015,2
MountinBrackets	2	¢5.504,80	¢11009,6
Metal Gear Servo 90°	1	¢25.172	¢25172
Cable 50cm	1	¢1.540	¢1540
Female Jumper Wire	1	¢1.394,40	¢1394,4
ScrewwTerminals 5mm	20	¢515,20	¢10304
RTC DS1307	1	¢5.572	¢5572
5V-Relé	1	¢3.136	¢3136
LED's 3mm	5	¢84	¢420
LED'sHolder 3mm	3	¢196	¢588
Cable 50-18 W 18AWG(30m)	1	¢3.500	¢3500
RPI Heat Skin	1	¢1.680	¢1680
Transporte	1	¢1.734	¢1734
Total			¢149.894,29

Fuente: Autor

5.5.2 Costo de producción del *hardware* y *software*

En las siguientes tablas se detallan los costos de mano de obra para la fabricación de las partes mecánicas y mantenimiento de la máquina. Además, del costo total por la programación del sistema en Python y el diseño de las partes mecánicas en SolidWorks. Para el cálculo de estos gastos se tomó en cuenta el salario mínimo del sector privado, el cual es de ¢524.477,85 mensual monto establecido por el MTSS por un Bachiller Universitario (Anexo 6), lo que dio como resultado ¢2.521,53 por hora. También es importante que las partes mecánicas fueran fabricadas por el personal de

mantenimiento, los cuales tienen un salario de ₡1350 por hora (Departamento de Recursos Humanos).

Tabla 19. Costo de Fabricación de partes mecánicas

Descripción	Horas	Pago por Hora	Total
Fabricación de pieza para montar el servo motor y para generar vacío.	15	₡1350	₡20250
Pintura a la maquina	1	₡1350	₡1350
Mantenimiento de la maquina	1	₡1350	₡1350
Adaptar la máquina para la instalación del ventilador, Raspberry Pi y placa de convertidores	3	₡1350	₡4050
Cambio de manómetros	2	₡1350	₡2700
Total			₡29.700

Fuente: Autor

Tabla 20. Costo de diseño y programación del sistema

Descripción	Horas	Pago por Hora	Total
Creación del programa e interfaz gráfica Python	110	₡2521,53	₡277.368,3
Diseño de las partes mecánicas 3	3	₡2521,53	₡7564,59
Total			₡284.932,89

Fuente: Autor

Tabla 21. Costo total de la implementación del proyecto

Descripción	Monto
Costo de Materiales	₡149.894,29
Costo por fabricación y mantenimiento	₡29.700
Costo por programación	₡284.932,89
Total	₡464.527,18

Fuente: Autor

5.5.3 Evaluación de costos y beneficios

Para determinar si la implementación del sistema traerá beneficios a la empresa se tomará en cuenta el costo total del proyecto, el consumo eléctrico que conlleva que se utilice el equipo en la línea de producción, el tiempo de producción y los operarios que se ahorran con el uso del sistema.

Tabla 22. Consumo eléctrico del equipo

Componente	Consumo
Motores	106 W
Drivers	117 W
Sensores	0.74 W
Raspberry Pi	4 W
Ventilador	0,84 W
Monitor	30W
Generador de vacío	0.47 W
Total consumo	0,259 kW

Fuente: Autor

La tabla anterior demuestra el consumo total en kW del equipo, los datos que se incluyen en la tabla son valores máximos y el consumo diario tomando en cuenta que el equipo estuvo encendido y trabajando la jornada entera de ocho horas. Si se trabajan 48 horas por semana y en total 208 horas al mes, el equipo tendría un consumo eléctrico de 53,87 kWh mensual. La empresa paga alrededor de unos ¢91,96 por kWh, lo que da como resultado que si el equipo trabaja a su máxima potencia y en todas las horas laborales tendrá un costo de ¢4.954 al mes.

En cuanto a la producción de componentes ensamblados se observa que la implementación del equipo permitirá la reducción de tiempo por *cover* ensamblado, aumentando considerablemente la producción de la empresa. Como se puede observar

en las tablas 5 y 6 del punto 4.3, se ensamblan por día un promedio de 1600 *covers*, con la ayuda de tres operarios en este proceso. Por otro lado, el sistema implementado es capaz de ensamblar un promedio de 1700 piezas diarias, según los datos de las tablas 15 y 16 del punto 5.4. Esto equivale a que por día el equipo es capaz de ensamblar 100 *covers* más de lo que los operarios son capaces de ensamblar, es importante recalcar que cuando se tomaron las medidas no se utilizó el equipo para ensamblar todos los componentes producidos ese día, ya que se encontraba en etapa de pruebas y la empresa no podía correr el riesgo de perder todo el producto por algún fallo, por lo que el equipo pudo ensamblar más de esa cantidad, si se toma en cuenta en cuenta que el proceso de ensamblar una bandeja de 132 piezas puede ser capaz de ensamblar alrededor de 660 *covers* por hora, unos 5000 por día.

Por lo tanto, la empresa tendría mucha más ganancia por producto producido, además del ahorro por los tres operarios que ya no serán necesarios en el proceso de ensamble de *covers*. El componente que se utilizó para la recolección de datos tanto en el ensamble por parte de los operarios como del equipo fue el mismo para poder hacer una comparación real y equitativa. Este componente tiene el valor de ₡200 por unidad, tomando como parámetro la cantidad extra de *covers* que la máquina puede ensamblar por día, la cual es de 100, lo que representa ₡20.000 de ganancia para la empresa por día.

Tabla 23. Ganancia mensual de la empresa con la implementación del equipo

Ganancia de componentes ensamblados extra por el equipo.	₡433.000
Ahorro de salarios por tres operarios	₡842.400
Total	₡1.275.400

Con los datos anteriores es posible calcular el tiempo en que la empresa recuperará lo invertido en el proyecto. Si se toma en cuenta el costo total de la implementación del proyecto más el costo del consumo eléctrico del equipo da como resultado:

$$₡464.527,18 + ₡4.954 = ₡469.481$$

Si se compara este resultado con la ganancia que obtendrá la empresa mensualmente con la implementación del equipo, se observa que en menos de un mes se recuperará lo invertido en el proyecto y a partir del segundo mes ya se podrán observar ganancias de casi un millón de colones.

$$₡1.275.400 - ₡469.481 = ₡805.919$$

Otro dato importante es que la implementación del equipo reducirá considerablemente las piezas dañadas por manipulación de los operarios, evitando que sea necesario el reproceso y fabricación de nuevos componentes. Aunque dichos datos no fueron contabilizados ya que la empresa no otorgó la autorización para uso de la información interna, para conocer los datos concretos de las pérdidas que ha tenido la empresa por estos motivos.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Con base en el análisis de los datos del proceso manual de ensamble de *covers* se demostró que la empresa EMC Tecnología se ve seriamente afectada por este proceso y requería una mejora. El principal problema se genera por el tiempo que necesitan los operarios para realizar este proceso. En promedio necesitan de 58,05 segundos para ensamblar un *cover*, produciendo 1600 *cover* ensamblados por día, con lo que no cumplen la meta de la empresa que son 2000 *covers* ensamblados. Además, el gran número de operarios que se necesitan para cumplir con la demanda, este proceso cuenta con tres operarios realizando esta tarea, aunque cuando la demanda es alta se deben tener entre 6 a 7 operarios. Esto le ocasiona grandes pérdidas económicas a la empresa y hace que no se cumplan las métricas establecidas.
- La propuesta que se eligió para el proyecto, tomando en cuenta los problemas y necesidad del área de Solder de la empresa EMC Tecnología y según las especificaciones solicitadas, permitió implementar un equipo capaz de mejorar el proceso actual, que mejoró considerablemente el tiempo de ensamble de *covers* y disminuyó la cantidad de operarios en el proceso. El tiempo promedio de ensamble del equipo por *cover* es de 4,5 segundos, reduciendo el tiempo de ensamble en un 92 % comparado a los operarios.
- El programa diseñado permite que al usuario le sea bastante fácil usar. La librería Tkinter permitió el desarrollo de una interfaz gráfica, en la cual el

operario puede manipular el equipo sin dificultad, tanto para ejecutar un perfil existente en el programa o la creación de uno nuevo. La librería contiene diversas herramientas y aplicaciones que simplificaron la programación y el resultado fue un diseño bastante amigable con el usuario y su entorno gráfico llamativo y adecuado para el trabajo a ejecutar. Además, se logró desarrollar un registro donde se almacenan los datos de todos los programas ejecutados.

- Las pruebas realizadas al equipo y el proceso de validación fueron positivas en cuanto al tiempo de ensamble, permitiendo que la métrica OTD se cumpla y que la empresa no tuviera pérdidas por este proceso. Además, se pudo demostrar que la empresa recuperará lo invertido en el proyecto en menos de un mes y que generará ganancias de casi un millón de colones a partir del segundo mes. Esto con una mayor producción y menos personal en el proceso. El equipo tuvo una buena aceptación por parte del ingeniero Roger Estrada y la líder de producción Marta Suarez encargados del área de Solder. Se comprobó que el equipo es confiable y cumple con las expectativas solicitadas al inicio del proyecto.
- Se logró comprobar con las pruebas efectuadas que la parte de programación para controlar los motores funcionó de manera adecuada y esperada, lo que permite que el proceso sea constante y preciso y se cumpla la meta de mejorar el proceso de ensamble de *covers*. Estas pruebas terminaron de comprobar el buen estado y funcionamiento de los motores, esto resalta que la comunicación entre el Raspberry Pi y los

drivers que controlan los motores es la adecuada, ya que en las distintas pruebas que se realizaron con diferentes perfiles la máquina se mueve a los puntos establecidos en el programa.

- Los componentes electrónicos utilizados cumplen de la mejor manera la función por la que fueron instalados en la máquina. Las fuentes de alimentación suministran la tensión eléctrica esperada para alimentar a cada uno de los elementos electrónicos utilizados, lo que permite el funcionamiento óptimo de la máquina. Los convertidores lógicos bidireccionales lograron la conexión entre el Raspberry Pi y los demás componentes como los sensores, *drivers* de los motores y el relé. Las pruebas demostraron que los convertidores logran convertir los 3,3V de las salidas GPIO del Raspberry Pi a los 5V que necesitan los otros componentes y evitando algún daño en el Raspberry Pi.
- Los sensores instalados en cada uno de los lados de cada eje de la máquina logran mantener el movimiento de la máquina entre los límites establecidos para evitar algún daño en los motores o algún daño físico de la máquina. Cumplen satisfactoriamente su función como final de carrera en cada eje, además, con el uso de estos sensores se logró definir la posición inicial de la máquina cada vez que se enciende o cuando termina algún proceso la máquina regresa a la posición inicial definida por los sensores instalados.
- Después de las pruebas necesarias se comprobó que el relé instalado para controlar la electroválvula que genera el vacío necesario para tomar

el *cover* y ensamblarlo en el componente funciona correctamente, permitiendo la interacción entre la electroválvula y el Raspberry Pi.

Además, el ventilador instalado permite que el aire circule hacia afuera de la máquina, por lo que evita un sobrecalentamiento de los componentes y previene algún daño en estos.

- Basados en las pruebas realizadas se demostró que el uso del servo motor instalado no era necesario para el proceso de ensamble de *covers*, esto comparando las piezas ensambladas con el servo motor y sin él, obteniendo mejor calidad de ensamble sin el uso del servo motor.
- Los interruptores instalados funcionan correctamente, se comprobó que el botón de seguridad cumple su función de interrumpir la corriente eléctrica de toda la máquina, los nuevos manómetros instalados funcionan correctamente y permiten controlar la presión necesaria para la generación del vacío y los LED's cumplen su función de indicar al operario si la máquina se encuentra apagada o encendida.

6.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar el equipo de la manera correcta e indicada en el manual de uso entregado para lograr el resultado esperado. Encender y apagar el sistema como se indicó, para evitar algún problema o daño en el equipo, principalmente del Raspberry Pi.
- Realizar el mantenimiento preventivo en el tiempo indicado en el manual de mantenimiento, tanto de los componentes mecánicos como los electrónicos y neumáticos. Evitar que exista alguna obstrucción en los rieles de los motores, los cuales podrían ocasionar un sobrecalentamiento en los motores y dañar alguno de estos.
- Se recomienda dar mantenimiento a los *fixtures* que se utilizan en este proceso de ensamble de *covers* y de cambiar los *fixtures* que ya estén dañados. Esto para evitar que algún *cover* no esté bien alineado o que el *cover* quede muy ajustado impidiendo que la máquina pueda tomarlo. Esto previene que el proceso se vea afectado y que los resultados no sean los que se esperan.
- Ajustar la máquina dispensadora de Epoxy, para que esta coloque menos Epoxy a los componentes y de manera más centrada. Ya que el equipo de ensamblar el epoxy se encarga de ejercer una presión adecuada que permite que el epoxy se esparce por todo el componente, esto para evitar un desperdicio de material.
- Efectuar un entrenamiento a cada operario que vaya a utilizar la máquina, esto con el fin de que la máquina se use de manera correcta y evitar

algún error en el proceso de ensamble de los *covers* o algún daño en la máquina.

- Apagar la máquina cuando no se esté utilizando, esto puede prevenir un sobrecalentamiento que la afecte, además, evita un desperdicio en el consumo eléctrico que puede ocasionar gastos innecesarios a la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

ABBRobotics. (2017). ABB YuMi. Disponible en:

<http://new.abb.com/products/robotics/es/robots-industriales/yumi>

Bejamin, K. (1996). Sistemas de Control automático, 7 ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S. A.

Brenes. J. (2016). Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de vibraciones en motores de la empresa ClosureSystems International (Práctica Supervisada). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.

CondorElectronics. (s. f.). CONDOR GLC75C. Disponible en: [http?](http://)

Coparoman. (2017). Generadores de vacío tipo Venturi. Disponible en:

<http://coparoman.blogspot.com/2017/04/generadores-de-vacio-tipo-venturi.html>

Effbot.org. (s. f.). An Introduction to Tkinter. Disponible en:

<http://effbot.org/tkinterbook/tkinter-index.htm>

Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.; y Batista Lucio, P. (2010). Metodología de la Investigación. 5 ed. México: McGraw Hill.

Itead. (2015). 5V Relay. Disponible en: https://www.itead.cc/wiki/5V_Relay

López, A. (2013). Guía de Raspberry Pi. Hardlimit. Disponible en:

https://hardlimit.com/guia-raspberry-pi/#_RefHeading_1720_924516217

Mecafenix. (2016). Motor paso a paso ¿qué es y cómo funciona? Disponible en:

<http://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>

Montoya. J. (2016). Diseño e implementación de un sistema óptico para la detección de etiquetado y ubicación en el proceso de inspección en el ensamble externo, Hospira Costa Rica (Prácticas Supervisada). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.

- Moya. B. (2014). Desarrollo e implementación de un sistema de control de nivel de tanque para el almacenamiento de agua, para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Electrónica (Prácticas Supervisada). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.
- OMRON. (s. f.). EE-SX47/67 Datasheet. Disponible en:
https://www.mouser.com/ds/2/307/EE_SX47_67-297507.pdf
- Oriental Motor. (2004). Catalog 2003/2004 VextaStep.
- Richard, C.; James, A. (2011). Circuitos Eléctricos. 8 ed. México: Alfaomega.
- Rivas. N. (2016). Diseño e implementación de un prototipo de silla de ruedas eléctrica controlada por arduino para II cuatrimestre de año (Prácticas Supervisada). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.
- Roger. U. (2015). Diseño e implementación de un sistema para la automatización de luces, instalación de un circuito cerrado de televisión y sistema de alarma en el Hogar de Ancianos de Piedades de Santa Ana (Prácticas Supervisada). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.
- Roldán, J. (1991). Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada: Física aplicada. Otros fluidos. ed. Paraninfo.
- Romera, J. (1996). Automatización: problemas resueltos con autómatas programables. Ed: Paraninfo
- Ruedas, C. (2008). Automatización Industrial áreas de aplicación para ingeniería. Trabajo presentado al Congreso de Estudiantes de Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial, realizado en el Auditorio de la Universidad Rafael Landívar el 12 de agosto de 2008. Paper.

Sparkfun. (2015). SparkFunLogicLevelConverter-Bi-Directional. Disponible en:

<https://www.sparkfun.com/products/12009>

Stephen, C. (2012). Maquinas Eléctricas. 5 ed. México: McGraw Hill.

Steren. (s. f.). ABC de la Mecatrónica.

Tokheim, R. (1995). Fundamentos de los microprocesadores. 2 ed. México: McGraw Hill.

Universal Robots. (2017). Robot U3. Disponible en: <https://www.universal-robots.com/es/productos/robot-ur3/>

ANEXOS

ANEXO 1. CARTA DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO

11 de noviembre de 2017

Sr. José Luis Medrano Cerdas
Director de Ingeniería Electrónica
Universidad Hispanoamericana

Proyecto de Pasantía en Smiths Interconnect.

Por este medio le comunico que el Sr. Victor Monge Chaverri ID 3 430 289, ha concluido su proyecto final de Diseño e implementación de un sistema automatizado de ensamble de Covers para la celda de producción de Terminations-Flange. El proyecto fue concluido a tiempo y cumpliendo todos los requerimientos del proyecto.

Cualquier detalle adicional del proyecto, siéntase libre de comunicarse a Erick.figueroa@Smithsinterconnect.com o al teléfono 8707-0169.

A sus órdenes.

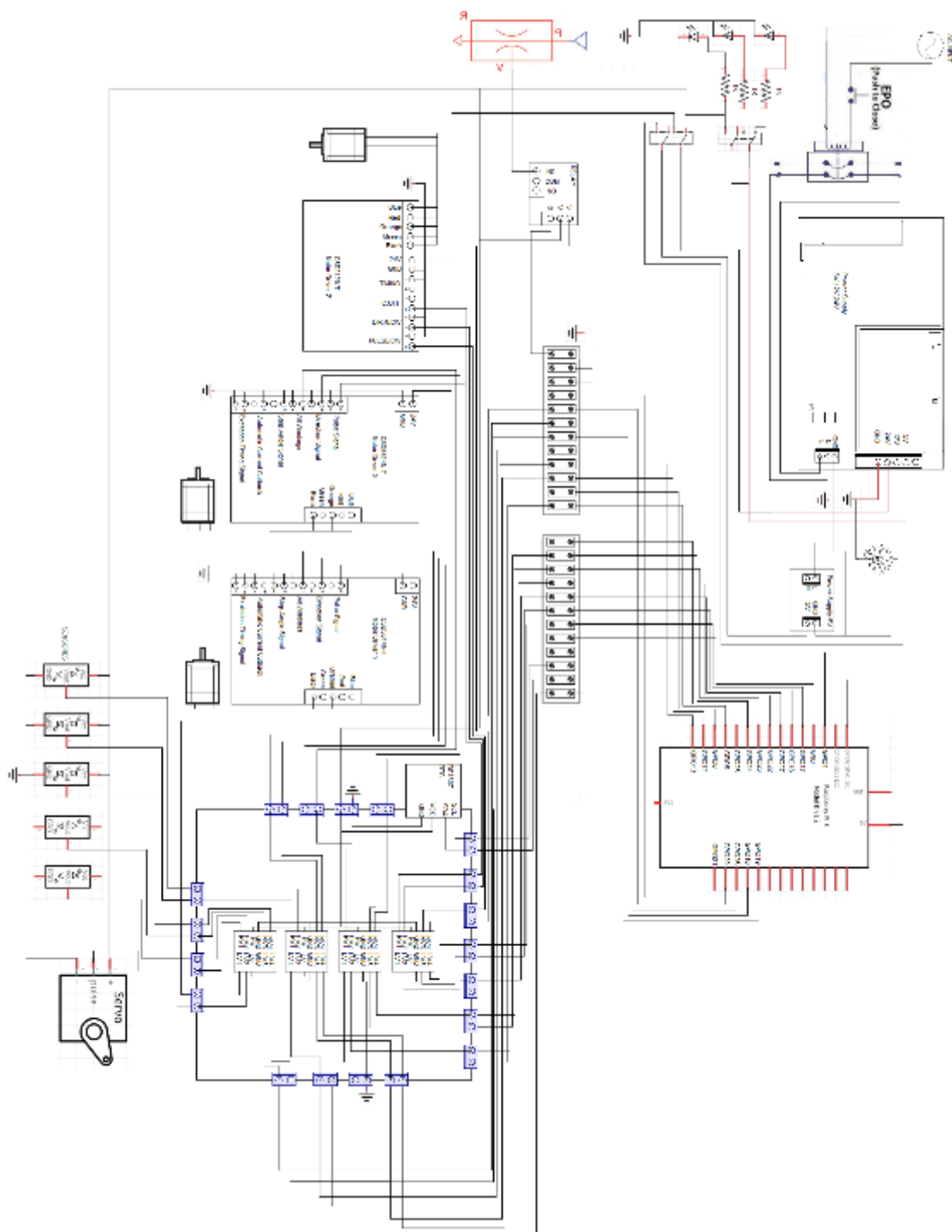


Erick Figueroa Lluberes

Process Engineer Manager

smiths interconnect

ANEXO 2. PLANO ELÉCTRICO DEL CIRCUITO



ANEXO 3. ENTREVISTAS REALIZADAS Y CARTAS QUE RESPALDAN SU APLICACIÓN

Entrevista

Puesto: Lider de Producción - Área Solder Fecha: 21-09-17

1) Puede dar una breve explicación del proceso que se realiza en el área de Solder?

Está basado en soldadura, se hace unir componentes para crear terminales o atenuadores, iniciando desde el ensamble de los chips, terminales, heatsink y su soldadura, luego se pasan por un horno para que la soldadura fluya y finalmente se pasa al proceso de ensamble de covers y sus respectivas pruebas.

2) Podría describir el proceso de ensamble de covers

Es la parte final de todas las piezas que hacemos. Cuando la pieza está terminada lo que es el ensamble en soldadura, pasamos a poner epoxy, al poner epoxy se colocan los covers que es donde lleva la información del producto.

3) ¿El proceso actual es manual?

En este momento todo el proceso es manual, sólo hay una máquina que aplica el epoxy, pero colocar el cover es completamente manual.

4) ¿Cuántos operarios están asignados en este proceso?

Depende de la demanda de producción, normalmente hay 3 operarios, pero si la demanda es muy alta se tienen entre 6 & 7 operarios.

5) ¿Cómo controlan la producción de cada operario?

Se maneja por hora y se le pide que cada operario complete 70 piezas en este tiempo.

- 6) ¿Cada operario cumple con esta meta, cuales son las razones del porque no las cumplen?

Los que están en entrenamiento no cumplen con las 70 piezas, además todas las personas son diferentes, hay personas que tienen mejor motora fina haciendo la diferencia, por el cansancio, se distraen, conversan, por lo que no todos cumplen la meta.

- 7) ¿Qué problemas genera que no se cumpla esta meta?

El principal problema es que en ocasiones no se cumple con el tiempo establecido de entrega.

- 8) Anteriormente se utilizaba una máquina para realizar este proceso. ¿Qué problemas presentaba para que fuera retirada?

Era difícil de utilizar, sólo una persona sabía como ejecutar los programas y no al 100%, además al momento de cobrar los covers arrastraba las piezas desalineando toda la bandeja y no succionaba bien los covers.

- 9) Existen problemas con los Fixtures (moldes)

Si hay moldes que están pandeando, desalineados y existen unos que tienen epoxy curado y las piezas no quedan bien colocadas.

- 10) ¿A estos moldes se les ha dado algún tipo de mantenimiento?

No, desde el tiempo que he trabajado aquí nunca le han dado mantenimiento.

- 11) ¿Cree usted necesario instalar una máquina que realice este proceso y que beneficios traería la implementación de la máquina para la empresa?

Claro que sí, es un proceso muy lento y tedioso. Nos beneficiaría en tiempo y en operario. Porque si me dan una pieza ya terminada con el cover se reducen los tiempos y además los operarios se pueden asignar en otros procesos.



Alajuela, 21 de Setiembre 2017

Señores
Universidad Hispanoamericana

La presente es para hacer constar que Víctor Monge Chaverri, cedula 304300289, efectuó una entrevista hacia mi persona.

El motivo de la entrevista fue el de recolectar información del área de Solder, de la empresa Smiths Interconnect, concretamente del proceso de ensamble de covers, donde el realiza el proyecto de graduación.

Sin más por el momento, se extiende la presente para los fines que al interesado convengan.

Marta Suarez Cortez
Lider de Producción

smiths interconnect
bringing technology to life

Alajuela, 05 de Julio 2017

Señores
Universidad Hispanoamericana

La presente es para hacer constar que Víctor Monge Chaverri, cedula 304300289, efectuó una entrevista hacia mi persona.

El motivo de la entrevista fue el de recolectar información del área de Solder, de la empresa Smiths Interconnect, concretamente del proceso de ensamble de covers, donde el realiza el proyecto de graduación.

Sin más por el momento, se extiende la presente para los fines que al interesado convengan.



Roger Estrada Murillo
Ingeniero Procesos

ANEXO 4. PROCESO DE VALIDACIÓN

Se muestra el resultado del proceso de validación por cada departamento y sus comentarios.

Prueba Piloto

751F107 Rev.: A smths interconnect
smgpy technology s de

Número de Prueba 002

Instrucción: El ingeniero responsable de la prueba piloto debe llenar los pasos 1, 2, 3 y 5

Fecha de Solicitud: 11/03/17	Fecha de Inicio: 11/10/17	Fecha de Finalización: 11/14/17
Nombre del Ingeniero responsable: (Calidad, Ingeniería o producción) Victor Monge Chaverri	Departamento: Solder	
Número de parte afectada (o área): Solder	Cantidad de piezas a producir: 132	

1. Propósito (Marque con una X el propósito de la Prueba Piloto)
<input checked="" type="checkbox"/> Prueba funcional para validar Herramienta / Fixture / Maquina. <input type="checkbox"/> Prueba funcional para validar Re trabajo <input type="checkbox"/> Prueba funcional para evaluar un posible cambio en el producto, proceso o equipo
2. Objetivo (Describe lo que se quiere probar o lograr con la prueba piloto)
<p>Objetivo: Cambiar el proceso manual de la colocación de covers a un proceso automático. Verificar el funcionamiento de la maquina para colocar covers.</p> <p>Condición actual: Proceso manual.</p> <p>Razón de la prueba: Es necesario realizar pruebas sobre el funcionamiento de la máquina para poder entregar a producción.</p>

1

751F107 Rev.: A

smiths interconnect
interconnectivity is life

3. Procedimiento (Enumere todas las actividades en el orden en que deben realizarse e indique al lado de las mismas, el responsable de realizar/dar seguimiento a cada una y la fecha de entrega)			
N.	Actividad	Responsable	Fecha
1	Realizar pruebas del proceso(ensamblar covers, setup, etc)	V.Monge J.Sanchez E.Figueroa	11/14/17
2	Realizar inspección visual 100%	E.Calderón	
3	Definir el mantenimiento preventivo de la máquina.	R.Murrillo	
4	Revisión de protocolos de seguridad y ergonomía	H.Rodriguez	
5	Crear un EN para procedimiento	R.Estrada	
6	Entrenamiento al personal	V.Monge	

Notas:

- Cada una de las piezas producidas durante la prueba debe ser identificada apropiadamente.
- El lote de la prueba debe ser identificado con el número de prueba piloto. Todas estas piezas deben entregarse al ingeniero responsable de la prueba.

El responsable de la prueba deberá decidir si las piezas pueden seguir el proceso normal o si deben quedar retenidas para que ingeniería decida qué hacer con ellas.

4.Comentarios (Los responsables de la prueba piloto para cada una de las siguientes áreas deben escribir sus observaciones acerca de los resultados de la misma)

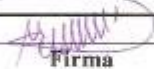

Calidad (Incoming):
 _____ N/A _____

Nombre	Puesto	Firma
--------	--------	-------

Firma del Ingeniero de calidad (Incoming):

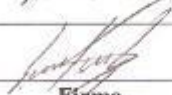
Acepta: _____ rechaza: _____ Nombre: _____ Firma: _____

Bodega: N/A


Nombre	Puesto	Firma
Firma del supervisor de Bodega:		
Acepta: <input type="checkbox"/> rechaza: <input type="checkbox"/> Nombre: _____ Firma: _____		
Producción (Ensamble):		
Equipo recibido en buenas condiciones, se observa el funcionamiento del programa, tanto en el montaje de los covers sobre las piezas, así como el uso y elaboración de los programas a utilizar.		
Recomendación: Se asignará una persona de producción para recibir entrenamiento sobre el uso del equipo, a realizarse el día 17/11/17.		
Gerardo Mantua	Supervisor P.	
Nombre	Puesto	Firma
Firma del Ingeniero de Ensamble:		
Acepta: <input checked="" type="checkbox"/> rechaza: <input type="checkbox"/> Nombre: <u>Gerardo Mantua</u> Firma: 		

Calidad (Ensamble):

Se determina que el equipo cumple con la Spencia establecida (calcular los niveles), este proceso no incluye en el contacto final.
* Se recomienda coordinar con mantenimiento las horas perdidas de las cantidades de las placas para evitar que las piezas queden y disienten otras y con esto haya mayor seguridad. También se recomienda verificar la planitud de las placas para evitar el mismo problema mencionado anteriormente.

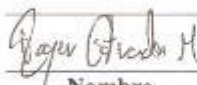

Esteban Calderon Od Inspector 
Nombre Puesto Firma

Firma del Ingeniero de Calidad (Ensamble):

Acepta: Rechaza: Nombre: Byron Barrantes Firma:  11-13-A.

Ingeniería:

Se verifica el funcionamiento del equipo, además se solicita entrenamiento para poder desarrollar diferentes funciones de cursos y crear nuevos programas en el sistema.
Por parte de Ingeniería el proyecto es aceptado ya que cumple los fines en un 100% sin comprometer la calidad de los productos.

 Byron Barrantes 
Nombre Puesto Firma

Firma del Ingeniero (Ensamble):



EHS:

Se realizó la inspección de la máquina considerando las modificaciones y completando el formulario 751F055 de HSE. Modificaciones realizadas fueron únicamente de programación en la máquina y no implican cambios en el proceso y la operación de la misma, así que no es necesario implementar acciones de contingencia o acciones correctivas.

Nombre: Hellen Rodriguez Puesto: HSE Coordinadora Firma: Hellen R

Firma del Responsable EHS (Ensamble):

Acepta: Rechaza: Nombre: Hellen Rodriguez Firma: Hellen R

Calibración / Validación:

Equipo en buenas condiciones. Se ha realizado prueba, prueba de trabajo. Respeto programación y entendimiento. Una vez entregada a producción, se ha asignado un número de registro de equipo ID, para la calibración y mantenimiento.


Nombre: Arthur Sanchez R Puesto: Ent Engineer & Calibration Firma: Arthur

Firma del Ingeniero de Calibración / Validación:


Acepta: Rechaza: Nombre: Arthur Sanchez R Firma: Arthur

Mantenimiento:

Se entrega código MP-0620CP

Rafael Acosta Supervisor 
 Nombre Puesto Firma

Firma del Supervisor de Mantenimiento:

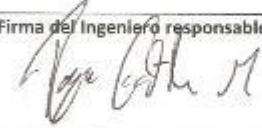
Acepta: Rechaza: Nombre: Rafael Acosta Firma: 

5. Resumen de Resultados (Explique por qué se acepta o rechaza la prueba)

Prueba Aceptada Prueba Rechazada

El equipo multidisciplinario revisa el funcionamiento de la máquina y se determina que cumple con lo requerido para el proceso. Por esta razón se acepta la máquina y se procede con el proceso para entregar al área de Producción.

Nota: Una vez realizada la prueba, el ingeniero responsable de la misma debe escanear este formato completo y cualquier otro documento que respalde la prueba y enviarlo según el procedimiento 751W344 sección 7 (Registros)

Firma del Ingeniero responsable: 	Fecha: 11/17/2017.
---	-----------------------

ANEXO 5. COTIZACIONES FACTURAS PROFORMAS



PURCHASE ORDER REQUISITION
(Requisición de Orden de Compra)

Today's date: 7/14/2017 (Fecha de hoy):		Vendor Name/Contact*: Micro JPM (Nombre de Proveedor/Contacto*):				
Date Needed: ASAP (Fecha Requerida):		Vendor Address*: (Dirección del Proveedor*):				
Department: SOLDER (Departamento):		Phone, Fax, E-mail, if Necessary*: (Teléfono, Fax, E-mail Si es necesario*):				
Application: Proyecto CNC (Aplicación donde se va a utilizar):		Ship to*: (Enviar a*):				
Requested By / F.O #: Jonathan Sánchez (Solicitado por/F.O #):		Ship via*: (Forma de Envío*):				
Approved By: (Aprobado Por):		Acct No.*: 6370-1700 (No. de cuenta*):	Export Controlled Yes / No (cumplimiento de Exportación)			
ITEM #	QTY.	UOM	PART NUMBER	DESCRIPTION	UNIT PRICE*	TOTAL
1	2	e.u	AD21786	USB DIY connector	€ 1,676.20	€ 3,352.40
2	2	e.u	AD22250	10Pin Housing connector	€ 231.20	€ 462.40
3	2	e.u	AD1625	PIN doble row	€ 433.50	€ 867.00
4	8	e.u	AD16370	10 PIN XBEE header	€ 260.10	€ 2,080.80
5	1	e.u	AD15146	HDMI TO VGA	€ 7,167.20	€ 7,167.20
6	1	e.u	AD6435	Ventilador	€ 2,531.64	€ 2,531.64
7	6	e.u	AD5576	Convertidor bidireccional	€ 2,531.64	€ 15,189.84
8	1	e.u	n/a	transporte	€ 1,734.00	€ 1,734.00
Notes / Special Requirements: Notas / Requerimientos Especiales				Total Order Dollar Amounts:		€ 33,385.28
				Certificates Of Compliance (CoC) Required		YES NO
				Safety Data Sheet (SDS) Required		YES NO

741F001 Rev D 16-0356

* NOTE: FIELDS MAY BE BLANK IF NOT REQUIRED / CAMPOS PUEDEN QUEDAR EN BLANCO SI NO SON REQUERIDOS

Req # 8685



PURCHASE ORDER REQUISITION (Requisición de Orden de Compra)

Today's date: 6/16/2017 (Fecha de hoy):		Vendor Name/Contact*: CRCibemetica (Nombre de Proveedor/Contacto*):				
Date Needed: 6/19/2017 (Fecha Requerida):		Vendor Address*: (Dirección del Proveedor*):				
Department: pruebas (Departamento):		Phone, Fax, E-mail, if Necessary*: (Telefono, Fax, E-mail Si es necesario*):				
Application: proyecto de automatizacion (Aplicación donde se va a utilizar):		Ship to*: (Enviar a*):				
Requested By / F.O #: Jonathan Sánchez (Solicitado por/F.O #):		Ship via*: (Forma de Envío*):				
Approved By: (Aprobado Por):		Acct No.*: 6330-1700 (No. de cuenta*):	Export Controlled Yes / No (cumplimento de Exportación)			
ITEM #	QTY.	UOM	PART NUMBER	DESCRIPTION	UNIT PRICE*	TOTAL
1	2	e.a	DEV-11061	Arduino Mega	\$40.95	\$51.90
2	1	e.a	ROB-CB0148	3 Amp stepper biolar Motor Driver	\$9.95	\$9.95
3	1	e.a	ROB-13656	Stepper Motor	\$29.95	\$29.95
4	2	e.a	COM-77Y6521	Raspberry Pi Camera Board V2 8 Megapixeles	\$39.95	\$79.90
5	2	e.a	DEV-13825	Raspberry PI 3	\$54.95	\$109.90
6	2	e.a	CAB-11572	HDMI Cable	\$6.95	\$13.90
Notes / Special Requirements: Notas / Requerimientos Especiales					Total Order Dollar Amounts:	
					\$	325.50
					Certificates Of Compliance (CoC) Required	YES NO
					Safety Data Sheet (SDS) Required	YES NO

741F001 Rev D 16-0356

* NOTE: FIELDS MAY BE BLANK IF NOT REQUIRED / CAMPOS PUEDEN QUEDAR EN BLANCO SI NO SON REQUERIDOS



PURCHASE ORDER REQUISITION (Requisición de Orden de Compra)

Today's date: 7/3/2017 (Fecha de hoy):			Vendor Name/Contact*: CRCibernetica (Nombre de Proveedor/Contacto*):			
Date Needed: 7/7/2017 (Fecha Requerida):			Vendor Address*: (Dirección del Proveedor*):			
Department: Solder / cables (Departamento):			Phone, Fax, E-mail, if Necessary*: (Teléfono, Fax, E-mail Si es necesario*):			
Application: proyecto de automatizacion (Aplicación donde se va a utilizar):			Ship to*: (Enviar a*):			
Requested By / F.O #: Jonathan Sánchez (Solicitado por/F.O #):			Ship via*: (Forma de Envío*):			
Approved By: <i>[Signature]</i> (Aprobado Por):			Acct No.*: 6370-1700 (No. de cuenta*):		Export Controlled Yes / No (cumplimiento de Exportación):	
ITEM #	QTY.	UOM	PART NUMBER	DESCRIPTION	UNIT PRICE*	TOTAL
1	1	e.a	max31850	Amplificador de termocupla	\$17.95	\$17.95
2	2	e.a	ROB-CB0148	3 Amp stepper bicolor Motor Driver	\$9.95	\$18.90
3	1	e.a	TOL-CB02813	Power Supply 5V 6A 30W	\$12.95	\$12.95
4	2	e.a	CAB-10215	USB microB Cable - 6 Foot	\$4.95	\$9.90
5	5	e.a	PRT-08432	Screw Terminals 5mm Pitch (2-Pin)	\$0.95	\$4.75
6	1		CAB-M2F40	Female Jumper Wire (40 pcs in on	\$2.49	\$2.49
7	1	e.a	MG959	Metal Gear Servo 90°	\$44.95	\$44.95
8	1	e.a	ADA-973	Cable-50 cm	\$2.75	\$2.75
Notes / Special Requirements: Notas / Requerimientos Especiales:					Total Order Dollar Amounts:	
					\$	115.64
					Certificates Of Compliance (CoC) Required	YES NO
					Safety Data Sheet (SDS) Required	YES NO

741F001 Rev D 16-0305

*NOTE: FIELDS MAY BE BLANK IF NOT REQUIRED / CAMPOS PUEDEN QUEDAR EN BLANCO SI NO SON REQUERIDOS

ANEXO 6. HOJA PROFESIONAL PAGO DE SALARIO



1. Hora profesional:

Hora profesional:	¢24.273.00	<i>La Gaceta N° 14, enero de 2015</i>
Valor (i) avalúos	23.317	<i>La Gaceta N° 14, enero de 2015</i>
Valor (i) Topografía	29.2082	<i>La Gaceta N° 75, Abril de 2017</i>

Montos mínimos para los Honorarios de Topografía y Agrimensura

Lote Destino Urbano	0.1m ² a 300 m ²	¢ 87.100,00
Lote Urbano	0.1m ² a 300 m ²	¢ 98.500,00
Lote Rural	1000 m ² a 20000 m ²	¢ 248.000,00

2. Salarios mínimos (Primer semestre 2017):

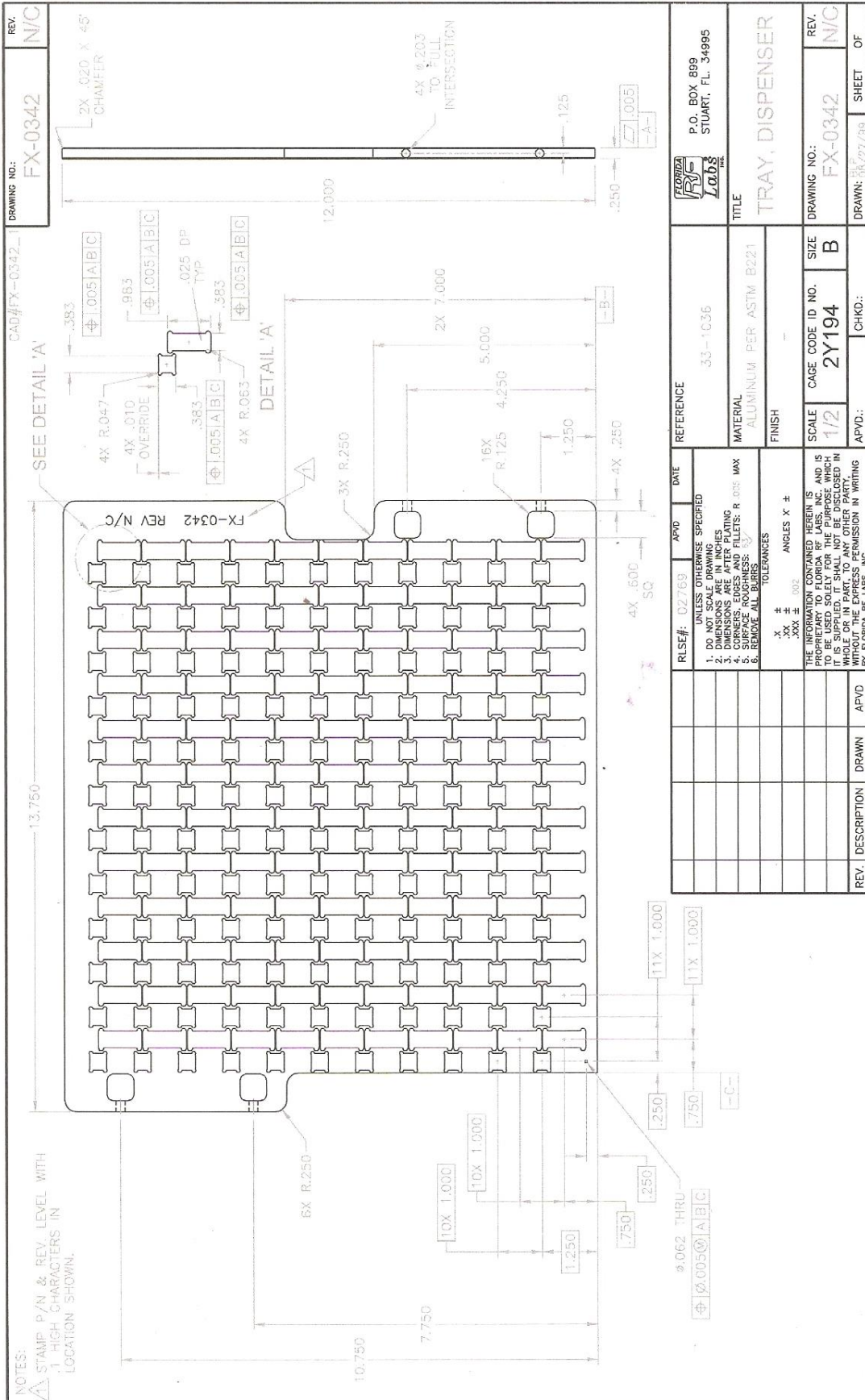
Bachiller Universitario:	¢524.477,85 <i>Decreto N° 40022-MTSS, publicado en la gaceta 230, Alcance No. 278 del 30/11/2016</i>
Licenciado Universitario:	¢629.395,00 <i>Decreto N° 40022-MTSS, publicado en la gaceta 230, Alcance No. 278 del 30/11/2016</i>

3. Porcentajes para cobro de honorarios:

	Tarifa Mínima	Tarifa de Remodelación
Estudios preliminares:	0.50 %	0.75%
Anteproyecto:	1.00 %	1.50%
Planos y especificaciones técnicas:	4.00 %	6.00%
Inspección:	3.00 %	4.5%
Dirección Técnica:	5.00 %	7.5%
Administración:	12.00%	18%

4. Honorario para avalúos fiscales masivos:

N° de avalúos x 1.5 horas profesionales	<i>Acuerdo N°18 tomado en la sesión N° 23 15/16 G.O. de JDG, mayo 2016.</i>
--	---



ANEXO 8. MANUAL DE USUARIO**EPOXY COVERS ASSEMBLY**

TABLA DE CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN	161
1.1 ESPECIFICACIONES	161
1.2 INTERRUPTORES	162
1.3 REQUERIMIENTOS	163
2. SAFETY INFORMATION	164
2.1 ELÉCTRICO	164
2.2 PARTES MÓVILES.....	165
2.3 CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD	165
2.4 PARADA DE EMERGENCIA	165
3. SETUP	166
3.1 REQUISITOS DE CONFIGURACIÓN.....	166
3.2 CONFIGURACIÓN DE LA COMPUTADORA.....	166
4. OPERACIÓN DEL SISTEMA	167
4.1 ENCENDIDO DEL SISTEMA.....	167
4.2 APAGADO DEL SISTEMA.....	168
5. CONFIGURACIÓN DE TRABAJO	170
5.1 USUARIO.....	171
5.2 SELECCIÓN DE PERFIL.....	172
5.3 PLAY	174
5.4 NÚMERO DE ORDEN Y NÚMERO DE PIEZA.....	174
6. PAUSA	176
7. STOP	177
8. INTRODUCIR UN NUEVO PERFIL	178
9. MANTENIMIENTO	183
10. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	185

1. DESCRIPCIÓN

Techcon TS3030 cuenta con un sistema de ensamble automático de tres ejes, cuya función es instalar *covers* en los distintos *chips*. El estilo de la tabla permite un posicionamiento preciso de la cabeza mientras la pieza de trabajo permanece estacionaria. El control se define mediante *software* exclusivo. El *software* incluido utiliza comandos e instrucciones simples para programar las coordenadas.

Cada eje de movimiento cuenta con balines industriales y pesados y rieles endurecidos para el rendimiento de la máquina. Los tornillos de precisión se utilizan para trasladar el movimiento rotativo de los motores programables a un posicionamiento lineal preciso.

Cuenta con motores paso a paso de alto rendimiento. Proporcionan velocidades rápidas y altas aceleraciones resultando en un ensamble rápida y precisa.

Este manual describe los procedimientos para trabajar con la máquina.

1.1 ESPECIFICACIONES

		TS3030
Área de Trabajo	Eje-X	12" (300mm)
	Eje-Y	12" (300mm)
	Eje-Z	1" (25,4mm)
Repetitividad		<0.001" (0.025mm)
Motor		Motor stepper 5 y 2 fases
Entradas/Salidas		4 puertos USB-1 VGA- 10/100 Puerto

		Ethernet
Dimensiones externas		24"L x 16"W x 16"H (600mm L x 360mm W x 360mm H)
Dimensiones del plato		22"L x 12"W (550mm L x 300mm W)
Dimensión Fixture		14"L x 14"W(355,6mm L x 355,6mm W)
Dimensiones críticas	Distancia	14.2" (355mm)
	Ancho	
	Distancia Z	1.5" (38,1mm)

1.2 INTERRUPTORES

Interruptor	Función
E-Stop	Al presionar el botón de parada de emergencia se apagará toda la alimentación de la máquina. Todo movimiento incluyendo las entradas y salidas se apagarán.
Enable	Al presionar este <i>switch</i> se alimentarán los motores con 24V para su funcionamiento.
Power	Indica que la alimentación de 5V está encendida cuando la luz se enciende, alimentando los sensores, RASpberry Pi y servo.

1.3 REQUERIMIENTOS

Para funcionar correctamente, se requieren los siguientes servicios eléctricos y neumáticos

Servicio Eléctrico

Servicio Neumático

Otros

100 VAC - 240 VAC, 50Hz a 60Hz Monofásico, 5 Amp de una toma de corriente estándar.

100 PSI Fuente de aire limpio, seco y filtrado. Conectar a un racor de desconexión rápida Hanson de 1/4 ".

Monitor VGA, Mouse y Teclado con puerto USB, tarjeta SD 8GB, Convertidor HDMI-VGA.

2. SAFETY INFORMATION

La seguridad del personal que trabaja con y alrededor del sistema es muy importante.

Lea toda la información de seguridad a continuación antes de operar el sistema o realizar cualquier función de mantenimiento.

Advertencias

- Obedezca y siga todas las advertencias y precauciones dadas en este manual.
- Cumplir con todas las precauciones aprobadas y establecidas para operar equipos eléctricos y mecánicos.
- Todas las tareas de mantenimiento deben realizarlas únicamente personal capacitado y autorizado.
- Compruebe que la fuente de alimentación esté apagada antes de comenzar cualquier procedimiento de mantenimiento, sustitución o reparación de piezas (incluida la inserción o extracción de conectores).

2.1 ELÉCTRICO

El sistema está conectado a alta tensión (100/240 VAC). El contacto puede causar lesiones o la muerte. Antes de abrir el armario eléctrico o realizar tareas de mantenimiento, asegúrese de que no haya tensión presente:

1. Apague el sistema.
2. Desconecte el enchufe del cable de alimentación de CA de la toma de corriente y espere diez minutos para que se disipe la corriente que queda.
3. Si está en uso, apague la fuente de alimentación conectada.

2.2 PARTES MÓVILES

Hay dos tipos de peligros que se ocupan de las partes móviles.

- Componentes (por ejemplo, motores, ejes XYZ, etc.), que pueden causar lesiones físicas si se tocan durante su funcionamiento.
 - No toque las partes móviles mientras estén en movimiento. Espere hasta que el movimiento se detenga por completo antes de trabajar sobre o cerca de piezas en movimiento.
- Ropa suelta, joyas y otros artículos sueltos o colgantes que pueden quedar atrapados en partes móviles o giratorias.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD

El sistema está equipado con las siguientes características de seguridad. Mírelos y familiarícese con estas características.

- Botón de parada de emergencia: presione el botón rojo de parada de emergencia para detener la actividad del sistema. Se apagará toda la alimentación de la máquina.

2.4 PARADA DE EMERGENCIA

Utilice el botón de parada de emergencia para detener inmediatamente el funcionamiento del sistema, evitando daños potenciales al usuario o al sistema.

El botón de parada de emergencia se encuentra en el panel del sistema.

Para realizar una parada de emergencia:

1. Presione el botón de parada de emergencia.

Nota: Al presionar el botón de parada de emergencia se interrumpe la alimentación de la máquina.

Para recuperar el poder después de una parada de emergencia:

1. Gire y tire del botón de parada de emergencia.

3. SETUP

3.1 REQUISITOS DE CONFIGURACIÓN

Antes de utilizar la máquina compruebe que los requisitos de instalación se cumplen plenamente. Para obtener el mejor rendimiento:

- Verifique que el sistema esté colocado en una mesa o superficie estable y nivelada. Capaz de soportar hasta 265 libras. El área de trabajo debe ser de al menos 26" cuadrados. La mesa debe permitir el juego completo y el recorrido de todo el cable y neumático mientras está en funcionamiento.
- Conecte una línea aérea seca. La presión máxima de aire es de 100 psi. Asegúrese de que el suministro de flujo de aire para proteger la unidad esté libre de polvo y suciedad.
- Conecte el cable de alimentación a la entrada de la máquina y a una toma de corriente adecuada.

3.2 CONFIGURACIÓN DE LA COMPUTADORA

Si la computadora está incluida:

1. Coloque el monitor a un lado de la máquina. Asegúrese de que el monitor no interfiera con el movimiento de la máquina.
2. Conecte el cable VGA a la conexión en el lado derecho de la base. Asegúrese de que la conexión esté apretada y de que los tornillos estén bien apretados.

3. Conecte el teclado a la conexión USB en la parte izquierda de la base.
4. Conecte el mouse a la conexión USB en la parte izquierda de la base.
5. Conecte el cable de alimentación a la entrada del monitor y a una toma de corriente adecuada.

4. OPERACIÓN DEL SISTEMA

Los siguientes son los procedimientos para encender y apagar el sistema.

4.1 ENCENDIDO DEL SISTEMA

Encender el monitor.

Presione el interruptor **Power** en el panel frontal de la base y el interruptor **Enable** de la misma manera.



Figura 1. Interruptores POWER y ENABLE

Aparecerá la siguiente imagen en el monitor, se muestra durante unos 2 segundos.



Figura 2. Pantalla inicial


Pantalla de inicio

Aproximadamente luego de 30 segundos aparecerá la pantalla de inicio, es la pantalla principal de todas las operaciones del sistema.



Figura 3. Pantalla Inicio

4.2 APAGADO DEL SISTEMA

1. Presione sobre la cereza  en la esquina inferior izquierda de la pantalla de inicio.

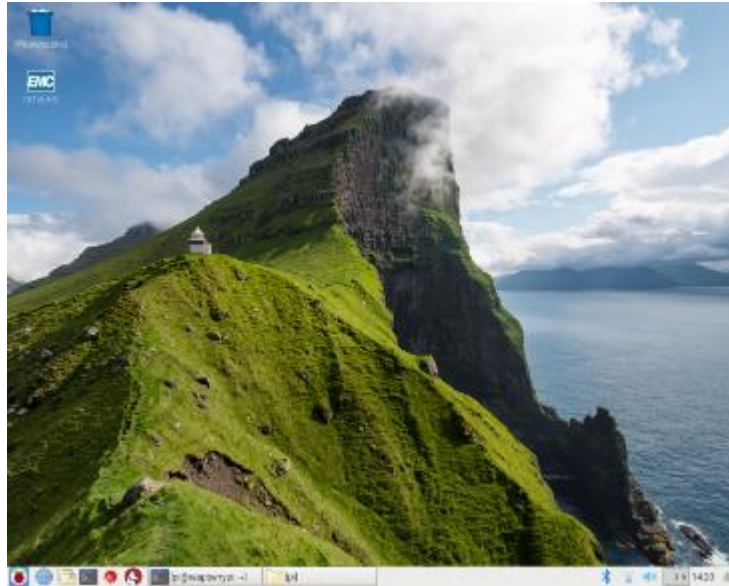


Figura 4. Selección para apagar

2. Pulse Shutdown para confirmar apagar el sistema.

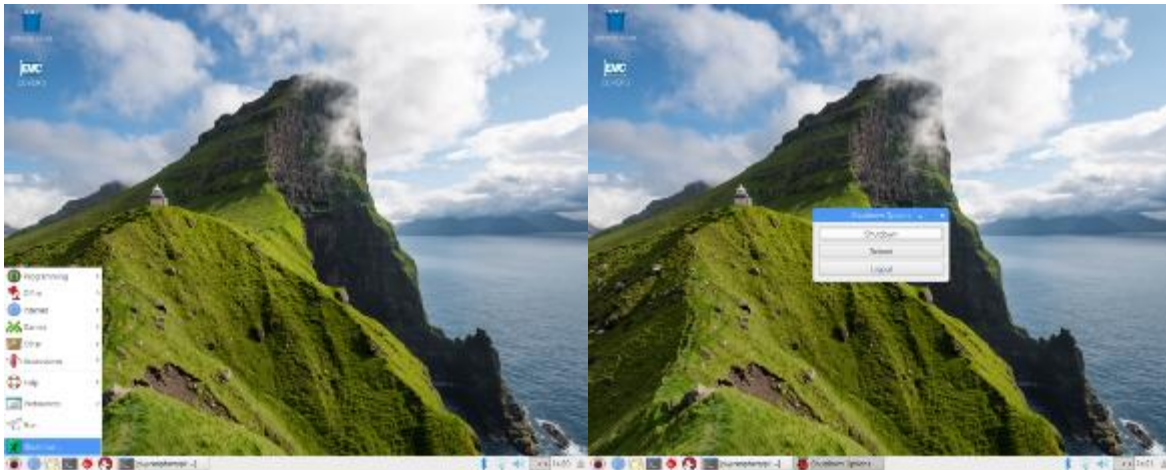


Figura 5. Shutdown

3. Apague el monitor.

Precaución: Espere a que el PC se apague completamente antes de encender o desconectar el cable de alimentación.

4. Presione el interruptor de Power y Enable del sistema.

5. CONFIGURACIÓN DE TRABAJO

1. Seleccionar la aplicación Cover en la pantalla de inicio, haciendo doble clic en el icono.

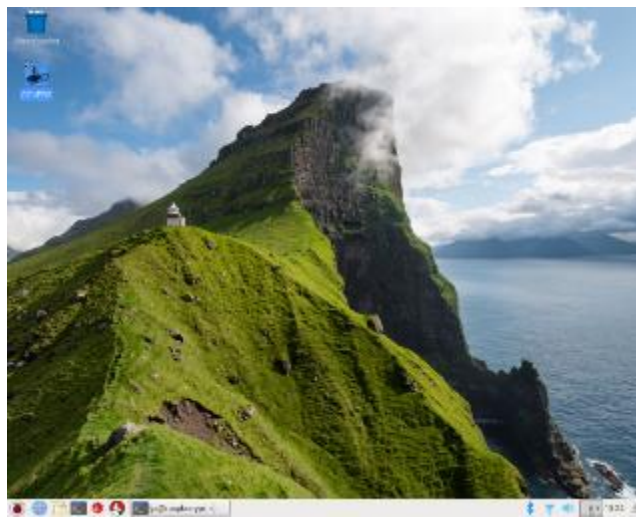


Figura 6. Aplicación Covers

Aparecerá la pantalla de la aplicación de trabajo:

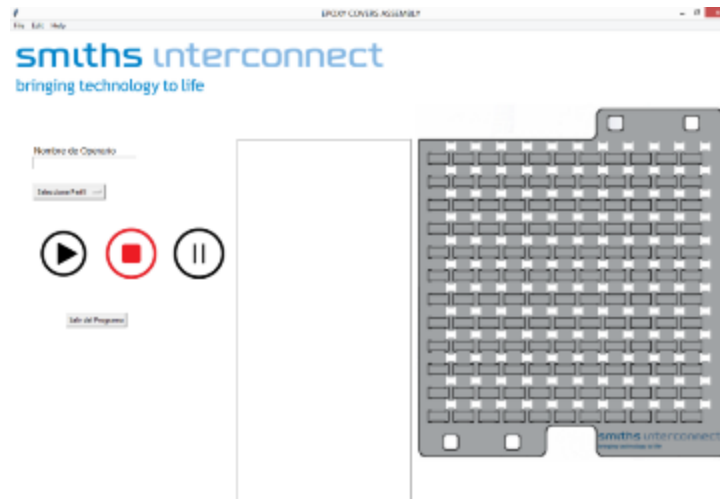


Figura 7. Pantalla de configuración de trabajo

2. Al configurar un nuevo trabajo se definen los siguientes elementos:

- Nombre de usuario
- Selección de perfil
- Numero de orden

5.1 USUARIO

1. Ingresar el nombre del operario en el espacio en blanco que aparece en la pantalla de la aplicación.

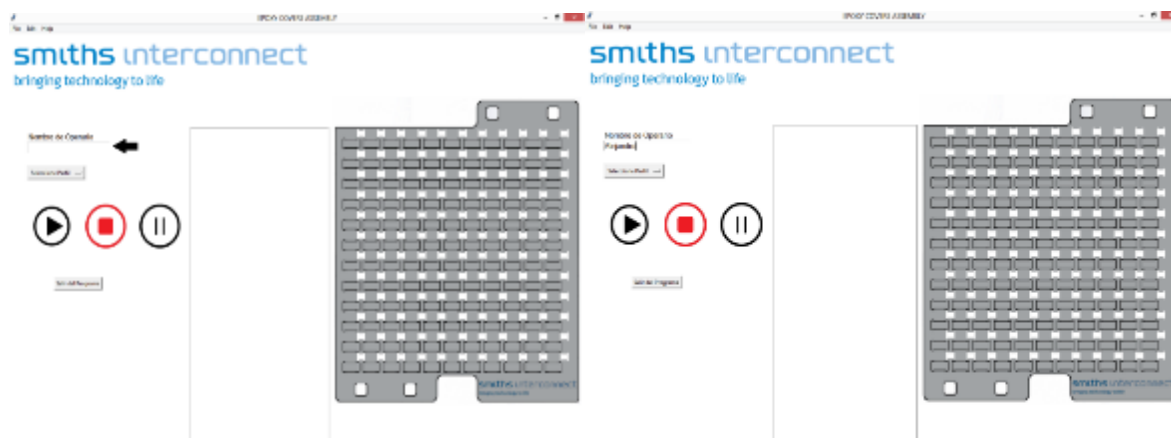


Figura 8. Insertar Nombre de operario

Nota: El nombre de usuario es importante para los informes y la recopilación de datos.

5.2 SELECCIÓN DE PERFIL

1. Presione la pestaña Selección Perfil.

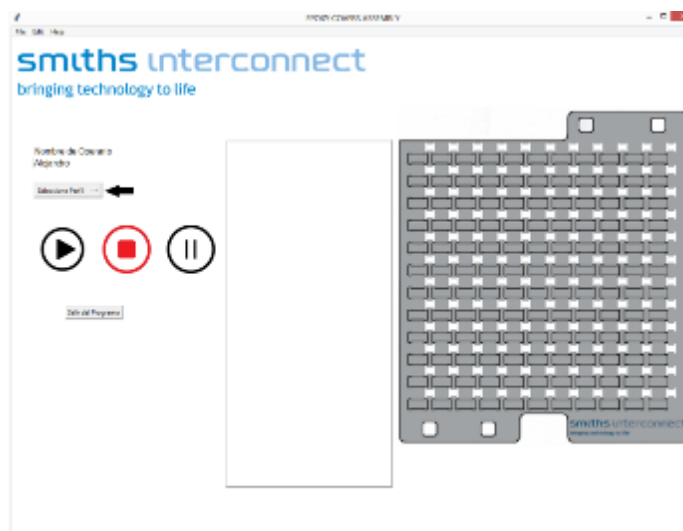


Figura 9. Selección de Perfil

2. Aparece la lista de perfiles que se definieron en el sistema. (Para añadir o eliminar objetos, consulte la sección 8.)

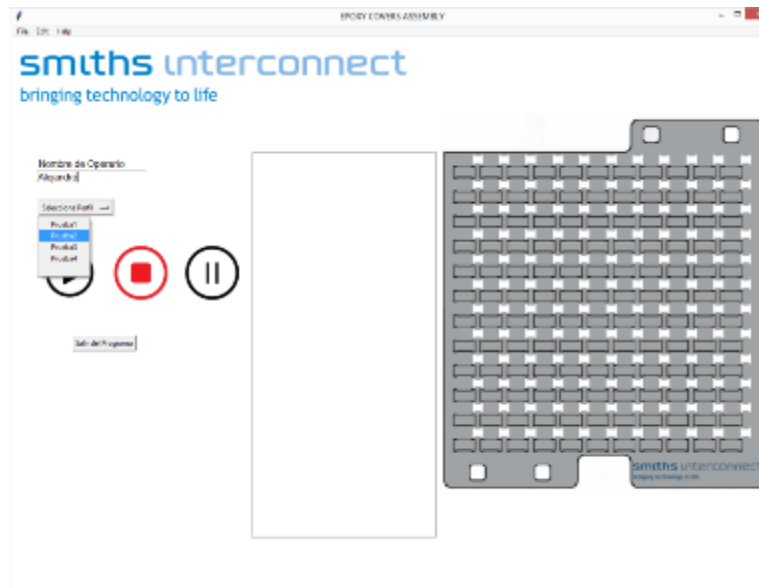


Figura 10. Seleccionar perfil deseado

3. Seleccione el objeto deseado para contar.

5.3 PLAY

1. Presione el botón Play

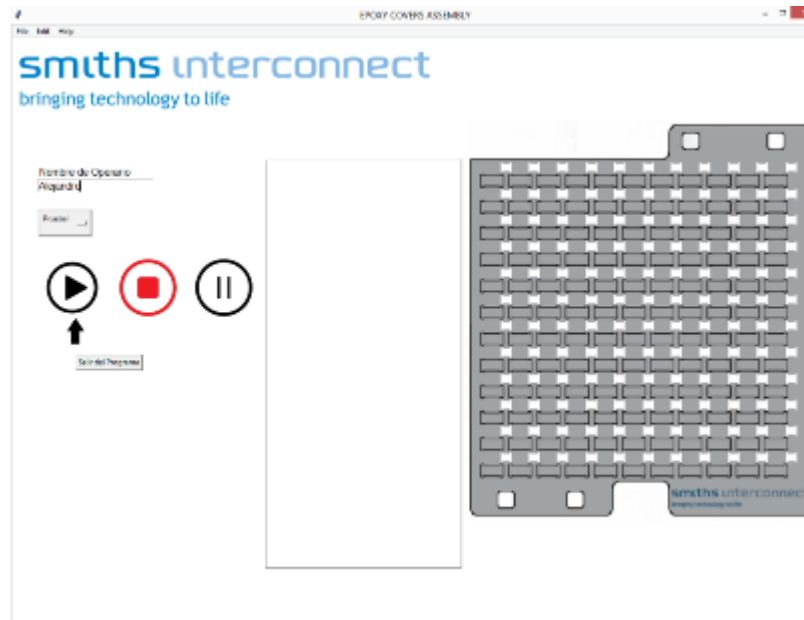


Figura 11. Botón PLAY

2. Aparecerá una nueva pantalla para ingresar el número de orden y numero de pieza.

5.4 NÚMERO DE ORDEN Y NÚMERO DE PIEZA

1. En la pantalla Número de orden, ingresar el número de orden y el número de la pieza donde desea que inicie el programa.

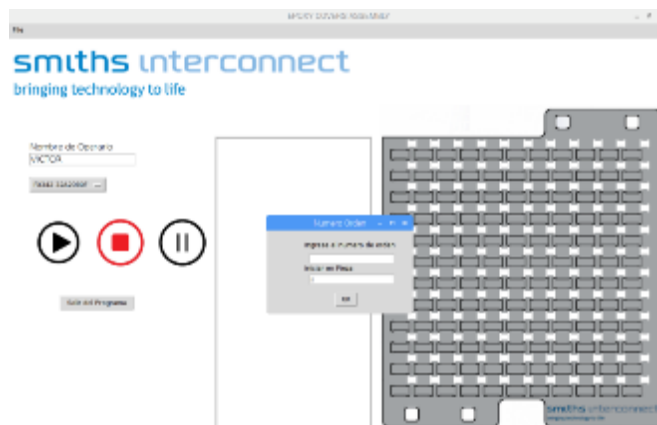


Figura 12. Número de Orden y numero de pieza

2. Luego presione OK. Al presionar OK, aparecerá un mensaje para verificar que los datos ingresados sean correctos.

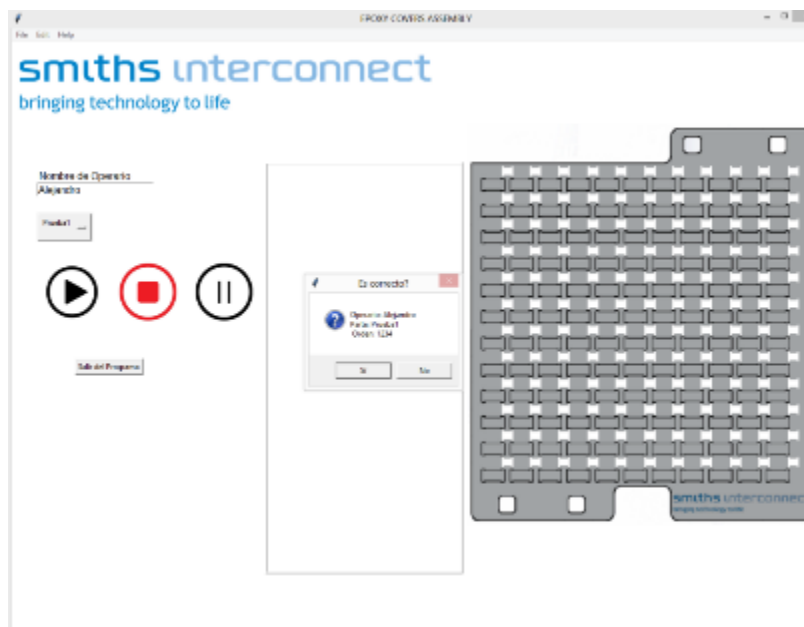


Figura 13. Confirmación de datos

3. Si los datos son correctos presionar Sí y en este momento empezará a correr el programa (Figura 14). En caso contrario seleccionar No y volver a ingresar los datos de manera correcta.

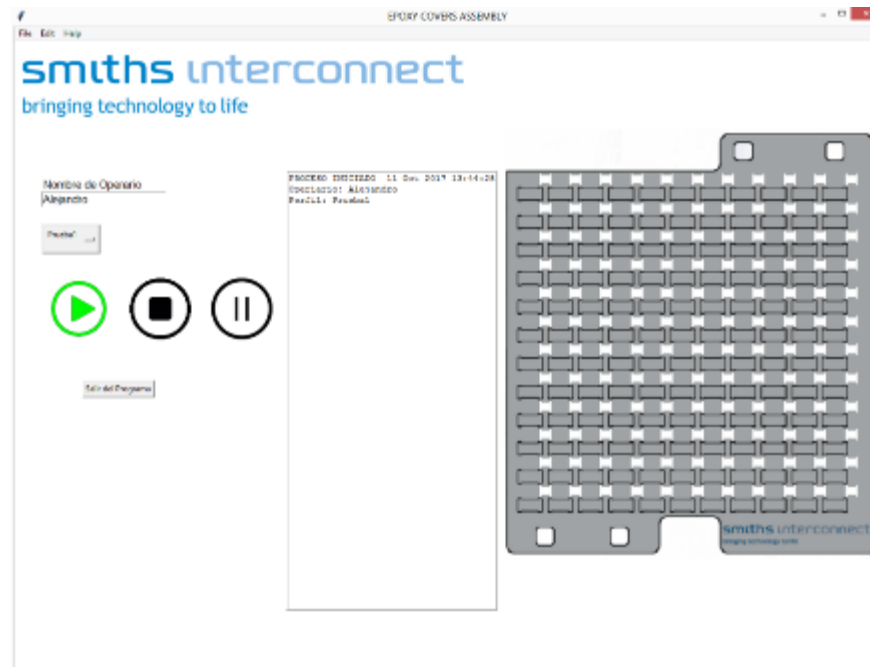


Figura 14. Proceso Iniciado

6. PAUSA

El proceso se puede pausar en cualquier momento.

1. Presione el icono PAUSE. El proceso se detiene y el icono Pausa se pondrá amarillo.

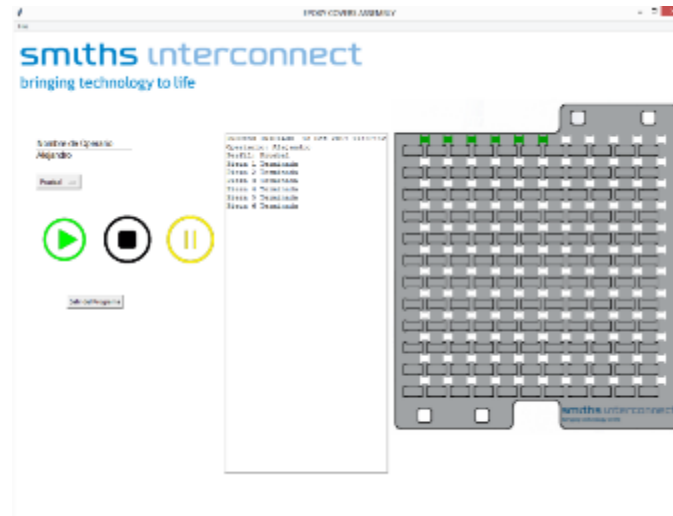


Figura 15. Pausa Proceso

2. Seleccione una de los siguientes iconos:

PAUSE - para continuar el proceso.

STOP - para detener el proceso.

7. STOP

De igual manera el proceso se puede detener en cualquier momento.

1. Presione el icono STOP. Se mostrará un mensaje.

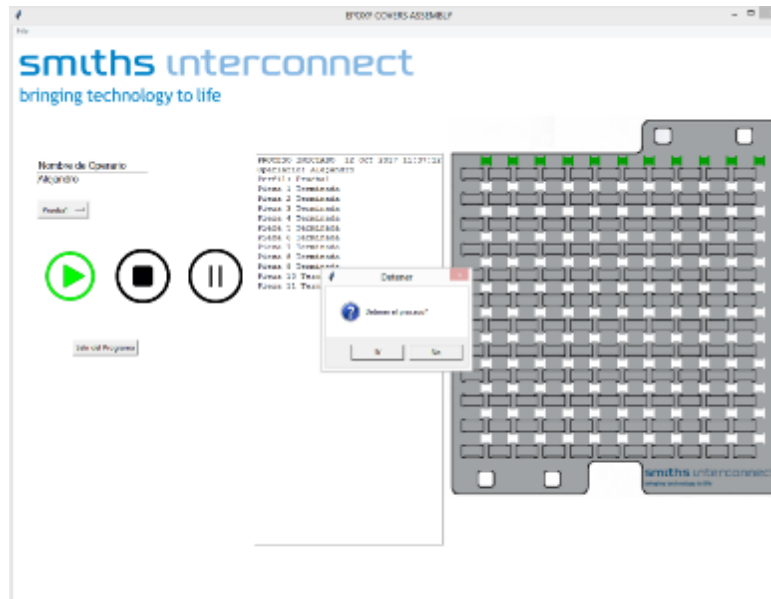


Figura 16. Detener el proceso

2. Seleccione una de los siguientes iconos:

Sí - El proceso se detiene y volverá a la posición inicial.

No-El proceso continuará.

8. INTRODUCIR UN NUEVO PERFIL

Al agregar un perfil, sus parámetros deben definirse a través del proceso de calibración para su uso durante el proceso.

1. Presione File. Aparece una pestaña. La pantalla Configuración del tipo de objeto.

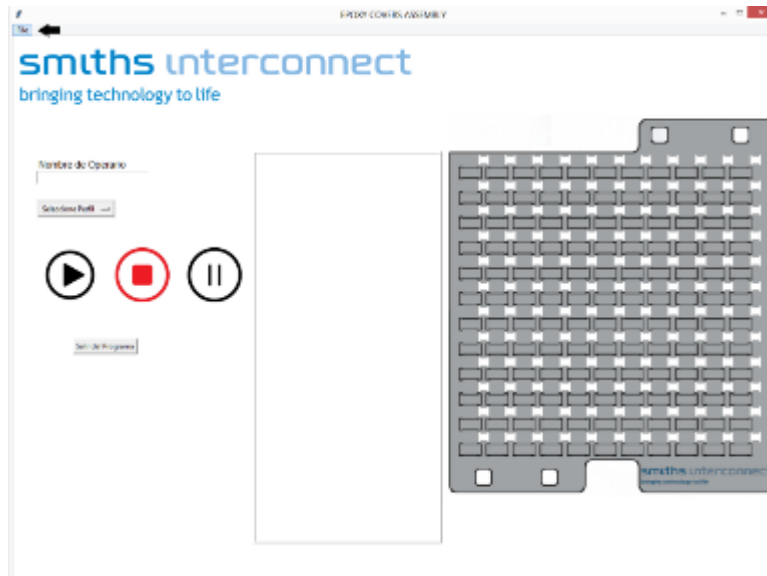


Figura 17. Crear Perfil Nuevo

2. Seleccionar New. Aparecerá la pantalla para la configuración del nuevo perfil.

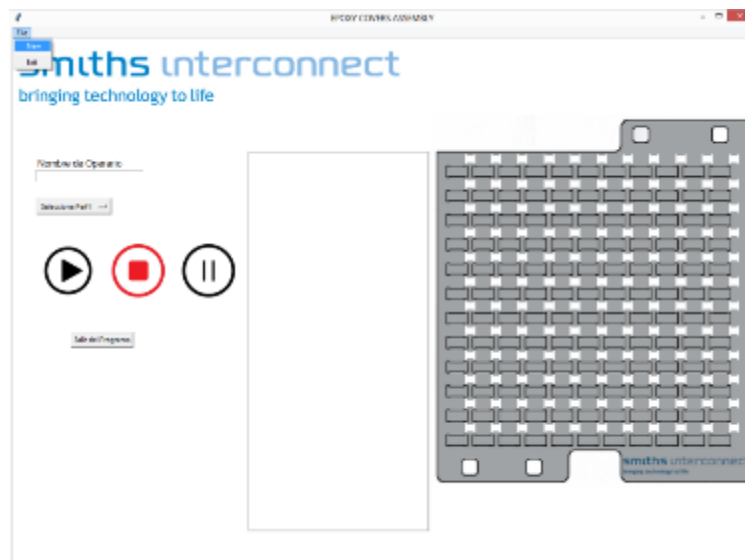


Figura 18. Selección New

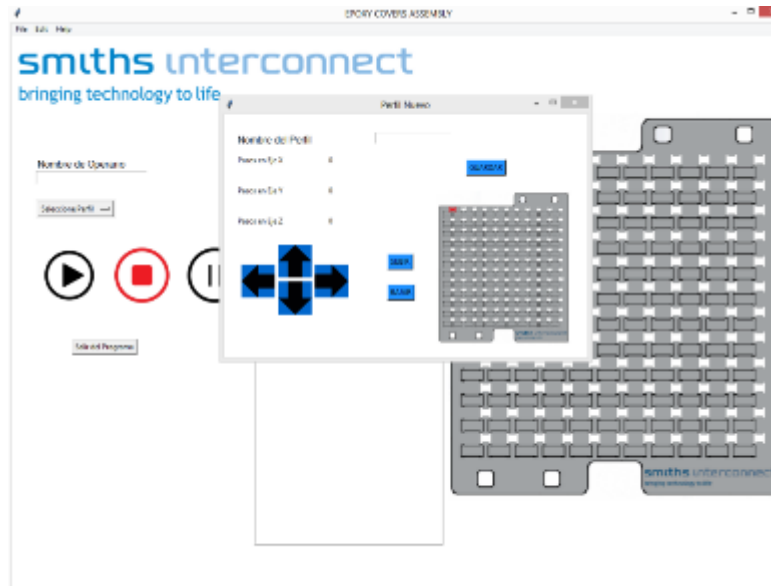


Figura 19. Pantalla Creación de Nuevo Perfil

3. Ingresar el nombre del perfil. Con los diferentes botones mover los botones a la posición indicada con rojo en el molde mostrado en la pantalla.

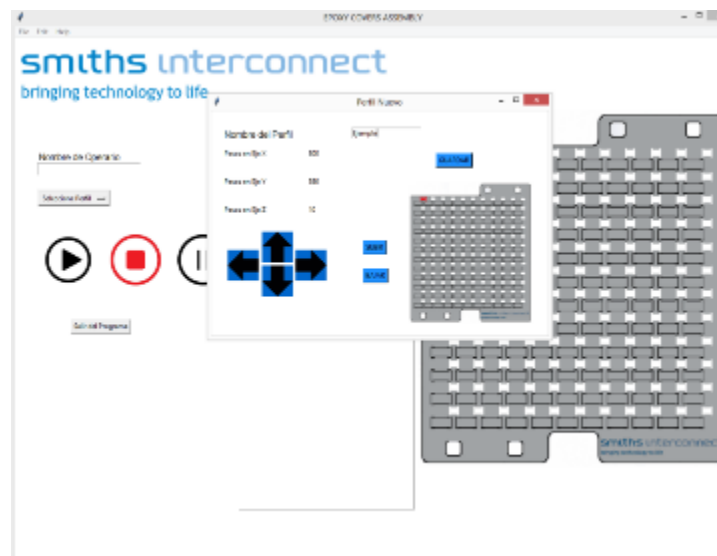


Figura 20. Paso 1. Creación Perfil

4. Cuando se logre la posición deseada seleccionar GUARDAR. Aparecerá una nueva pantalla y seguir los mismos pasos a la siguiente posición indicada.

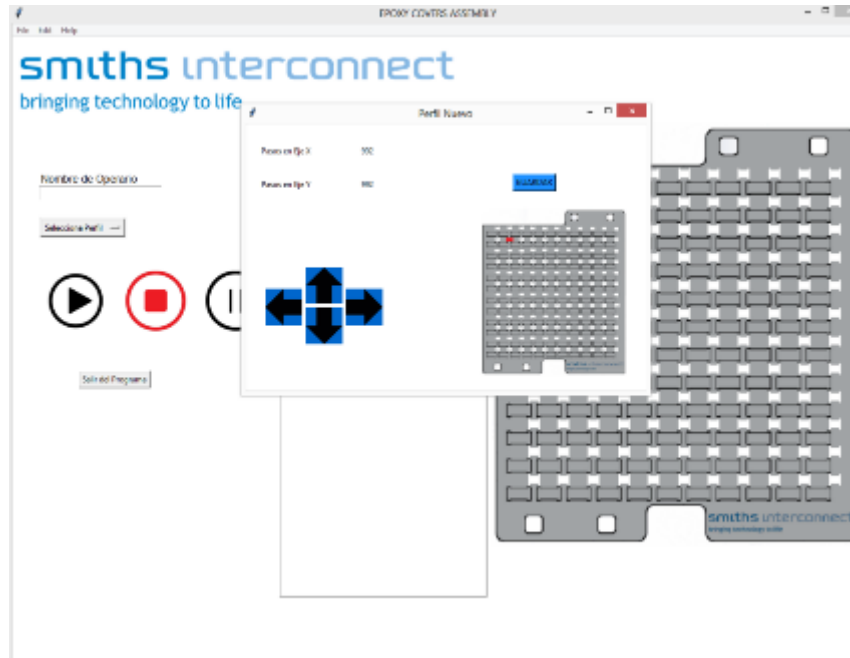


Figura 21. Paso 2. Creación Perfil

5. Nuevamente seleccionar GUARDAR. Aparecerá una nueva pantalla con la última posición a configurar seguir los mismos pasos anteriores.

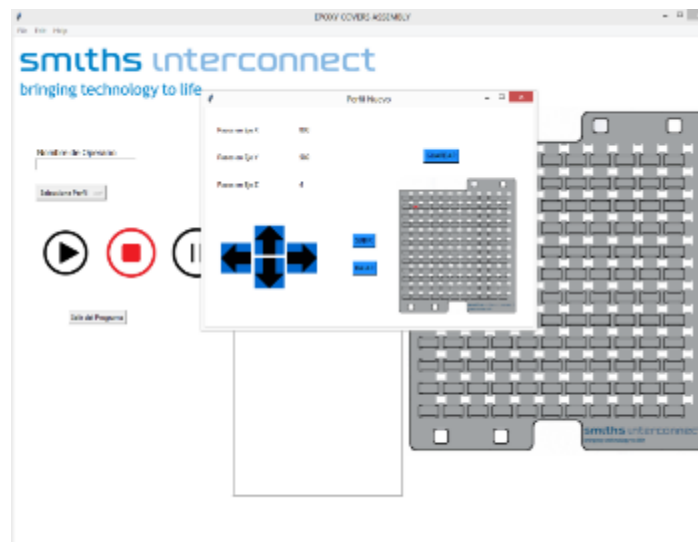


Figura 22. Paso 3. Creación Perfil

6. Seleccionar GUARDAR. Aparecerá un mensaje confirmando que el perfil se guardó con éxito.

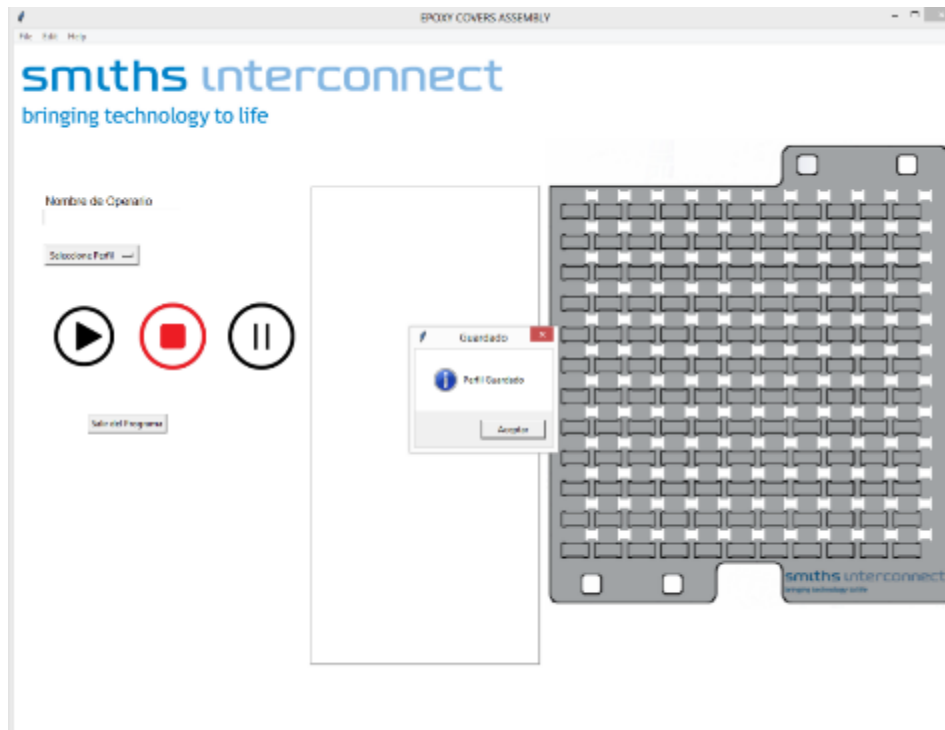


Figura 23. Paso 4. Creación Perfil

9. MANTENIMIENTO

Lubricación

Ítem	Requerimientos
Tornillo sin fin	Aplique una grasa ligera cada 500 horas de operación directamente al tornillo. La grasa debe ser no sintética
X, Y y Z Rieles de balines	Aplique un aceite medio o una grasa ligera directamente al riel, aproximadamente cada 500 horas de funcionamiento.
Balines	Todos los balines están lubricados de por vida, totalmente sellados y no requieren mantenimiento.

Limpieza

Herramientas, Motores, Tornillos, etc. En general, toda la zona superior, incluidas las herramientas y motores deben mantenerse tan limpio como sea posible para una mejor precisión y rendimiento.

10. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

No hay energía en la máquina.

- Mala conexión a la toma de corriente o a la entrada de la máquina.

Compruebe el cable de alimentación en ambos extremos.

- Botón de parada de emergencia presionado.

Gire el botón en el sentido de las agujas del reloj para desactivarlo.

- Fusible fundido

Inspeccione y reemplace los fusibles según sea necesario.

El motor no funciona.

- Mala conexión en los cables

Verifique la conexión en el *driver*.

- Obstrucción física

Aleje el dispositivo de la obstrucción comprobar visualmente si hay daños.

- Interruptor ENABLE desactivado

Oprimir el interruptor ENABLE para activarlo.

Vacío no funciona.

- Punta del vacío obstruida - Retire e

inspeccione la punta. Limpiar o
reemplazar según sea necesario.

- Manguera suelta u obstruida. Revisar las mangueras. Limpiar o reemplazar si es necesario.
- PSI insuficiente. Revisar la Fuente de aire. Reemplazar si es necesario

Hora del Sistema Incorrecto.

- Batería RTC agotada. Revisar la batería del RTC y sustituir.

ANEXO 9. MANUAL DE MANTENIMIENTO**EPOXY COVERS ASSEMBLY**

Componentes.

Raspberry Pi 3.

Características:

- Broadcom BCM2837 64 bits ARM Cortex-A53 procesador de cuatro núcleos SoC corriendo a 1.2 GHz
- 1 GB de RAM
- 4 puertos USB2.0 con salida de hasta 1.2 A
- GPIO expandido de 40 pines
- Salida de video / audio a través del conector 4 polos, HDMI, cámara CSI o LCD (DSI)
- Almacenamiento: microSD
- 10/100 Ethernet (RJ45)
- BCM43143 WiFi
- Bluetooth LowEnergy (BLE)
- Periféricos de bajo nivel:
 - 27 x GPIO
 - UART
 - Bus I2C
 - Bus SPI con dos selecciones de chips
 - + 3.3V
 - + 5V
 - Tierra

- Requisitos de alimentación: 5 V a 2,4 A a través de una fuente de alimentación micro USB
- Admite Raspbian, Windows 10 IoT Core, OpenELEC, OSMC, Pidora, Arch Linux, RISC OS y mucho más.

SparkfunLogicLevelConverter-Bi-Directional

- Decremento señales de 5V a 3.3V e incrementa de 3.3V a 5V.
- Alimentada de dos fuentes de tensión (alta tensión y baja tensión) que el sistema está utilizando. Alto voltaje (5V pin “HV”), baja tensión (3.3V pin “LV”), y tierra del sistema para el pin “GND”.

5V Relay-ElectronicBrick

Parámetro	Min.	Típico	Max.
Voltaje funcionamiento	4.5V	5V	5.5V
Entrada Digital(VCC=5V)	0	-	5V
Corriente (VCC=5V)	-	34mA	-
Corriente Max Switch	-	2A	-
Max Switch AC	-	120VAC	-
Max Switch DC	-	24VDC	-

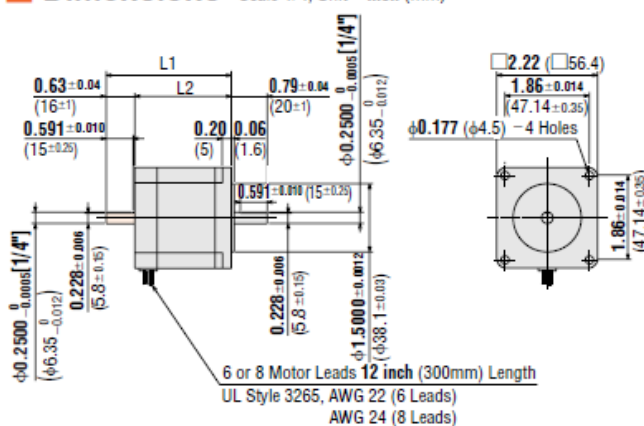
Motores

ORIENTAL MOTORS VEXTA PK264-02B

Motor Frame Size: 2.22 in. (56.4 mm) **PK26**

Type	Model Single Shaft Double Shaft	Basic Step Angle	Connection Type	Holding Torque		Current per Phase A/phase	Voltage VDC	Resistance Ω /phase	Inductance mH/phase	Rotor Inertia	
				oz-in	N-m					oz-in ²	kg-m ²
	PK264-01A		Bipolar (Series)	68	0.48	0.71	8.1	11.4	21.6	0.66	120×10^{-7}
	PK264-01B		Unipolar	55	0.39	1	5.7	5.7	5.4		
	PK264-02A		Bipolar (Series)	68	0.48	1.4	3.9	2.8	5.6		
	PK264-02B		Unipolar	55	0.39	2	2.8	1.4	1.4		
	PK264-03A		Bipolar (Series)	68	0.48	2.1	2.6	1.26	2.4		
	PK264-03B		Unipolar	55	0.39	3	1.9	0.63	0.6		
	PK264-E2.0A		Bipolar (Parallel)	68	0.48	2.8	1.96	0.7	1.4		
	PK264-E2.0B		Bipolar (Series)	68	0.48	1.4	3.9	2.8	5.6		
			Unipolar	55	0.39	2	2.8	1.4	1.4		

Dimensions Scale 1/4, Unit = inch (mm)



Model	L1 inch (mm)	L2 inch (mm)	Weight lb. (kg)	DXF
PK264-0 <input type="checkbox"/> A PK264-E2.0A	1.54 (39)	—	0.99 (0.45)	B084
PK264-0 <input type="checkbox"/> B PK264-E2.0B		2.17 (55)		
PK266-0 <input type="checkbox"/> A PK266-E2.0A	2.13 (54)	—	1.5 (0.7)	B085
PK266-0 <input type="checkbox"/> B PK266-E2.0B		2.76 (70)		
PK268-0 <input type="checkbox"/> A PK268-E2.0A	2.99 (76)	—	2.2 (1)	B086
PK268-0 <input type="checkbox"/> B PK268-E2.0B		3.62 (92)		

• Enter the winding specification in the box () within the model number.

ORIENTAL MOTORS VEXTA PK564-NBA

Maximum Holding Torque	oz-in (N-m)	18.4 (0.13)	25 (0.18)	34 (0.24)	59 (0.42)	117 (0.83)	230 (1.66)
Rotor Inertia J	oz-in ² (kg-m ²)	0.191 (35×10^{-7})	0.3 (54×10^{-7})	0.37 (68×10^{-7})	0.96 (175×10^{-7})	1.53 (280×10^{-7})	3.1 (560×10^{-7})
Rated Current	A/phase	0.75			1.4		
Basic Step Angle		0.72°					
Power Source		24 VDC $\pm 10\%$ 1.3 A			24 VDC $\pm 10\%$ 2.1 A		
Excitation Mode		<ul style="list-style-type: none"> ● Full Step (4 phase excitation): 0.72°/step ● Half Step (4-5 phase excitation): 0.36°/step 					
Weight	Motor lb. (kg)	0.46 (0.21)	0.59 (0.27)	0.77 (0.35)	1.3 (0.6)	1.8 (0.8)	2.9 (1.3)
	Driver lb. (kg)	0.31 (0.14)					

ORIENTAL MOTORS VEXTA PK566-NBA

Maximum Holding Torque	oz-in (N-m)	18.4 (0.13)	25 (0.18)	34 (0.24)	59 (0.42)	117 (0.83)	230 (1.66)
Rotor Inertia J	oz-in ² (kg-m ²)	0.191 (35×10 ⁻⁷)	0.3 (54×10 ⁻⁷)	0.37 (68×10 ⁻⁷)	0.96 (175×10 ⁻⁷)	1.53 (280×10 ⁻⁷)	3.1 (560×10 ⁻⁷)
Rated Current	A/phase	0.75			1.4		
Basic Step Angle		0.72°					
Power Source		24 VDC±10% 1.3 A			24 VDC±10% 2.1 A		
Excitation Mode		<ul style="list-style-type: none"> ● Full Step (4 phase excitation): 0.72°/step ● Half Step (4-5 phase excitation): 0.36°/step 					
Weight	Motor lb. (kg)	0.46 (0.21)	0.59 (0.27)	0.77 (0.35)	1.3 (0.6)	1.8 (0.8)	2.9 (1.3)
	Driver lb. (kg)	0.31 (0.14)					

Drivers

CSD2120-T (PK264-02B)

- Terminal blocks pin assignments (TB1)

Signal name	Description
POWER+	DC power supply input
POWER-	GND
TIMING+ output	Excitation timing output
TIMING- output	
C.OFF+ input	All windings off input
C.OFF- input	
DIR./CCW+ input	Rotation direction (CCW pulse) input*
DIR./CCW- input	
PULSE/CW+ input	Pulse (CW pulse) input*
PULSE/CW- input	

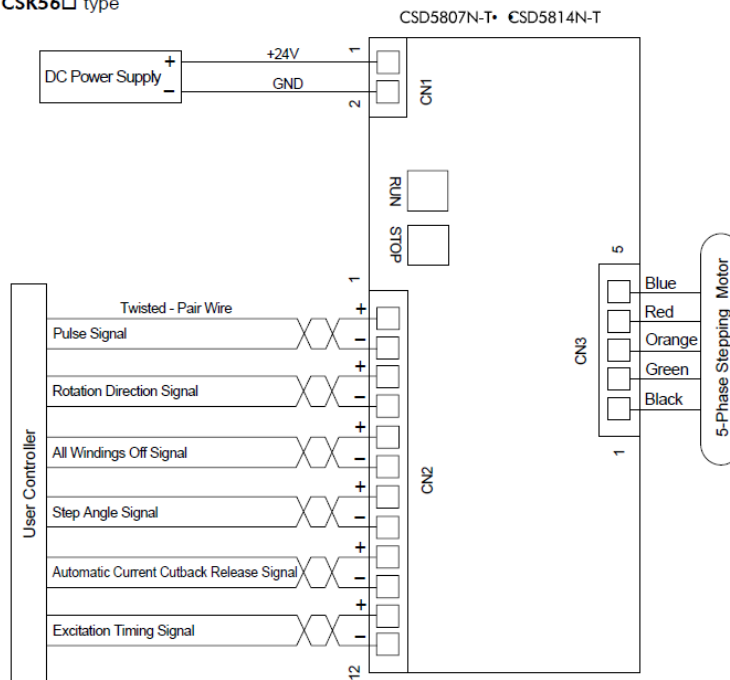
* When 1-pulse input mode, the inputs are the pulse and the rotation direction.
When 2-pulse input mode, the inputs are CW pulse and CCW pulse.

CSD5814N-T (PK564-NBA, PKA566-NBA)

(1) Connection diagram

CSK54□ type

CSK56□ type



(2) Power and signal inputs

CSK54□ type

CSK56□ type

Terminal	Name of signals		Functions	Electrical characteristics
CN1	+ 24V	Power Input	• Connect + and GND wires of 24VDC.	24V±10% CSK54□: 1.3A maximum CSK56□: 2.1A maximum
	GND			
CN2	PULSE +	Pulse Signal	• The motor rotates one step on falling edge of positive logic pulse input. The direction of rotation depends on the input of rotation direction input explained below.	Photocoupler OFF: 0 ~ 0.5V Photocoupler ON: 4 ~ 5V Pulse width: 5μs minimum Pulse rise/pulse fall time: 2μs maximum Pulse duty: 50% maximum Input impedance: 220Ω Input current: 20mA maximum
	PULSE -			
	DIR. +	Rotation Direction Signal	• Photocoupler ON: CW • Photocoupler OFF: CCW	Photocoupler OFF: 0 ~ 0.5V Photocoupler ON: 4 ~ 5V Pulse width: 5μs minimum Pulse rise/pulse fall time: 2μs maximum Pulse duty: 50% maximum Input impedance: 220Ω Input current: 20mA maximum
	DIR. -			
	A.W.OFF +	All Windings Off Signal	• When at "photocoupler is ON", the current to the motor stops, allowing the motor shaft to be rotated by hand.	Photocoupler OFF: 0 ~ 0.5V Photocoupler ON: 4 ~ 5V Input impedance: 220Ω Input current: 20mA maximum
	A.W.OFF -			
	FULL/HALF+	Step Angle Signal	• Photocoupler ON: HALF Step • Photocoupler OFF: FULL Step	Photocoupler OFF: 0 ~ 0.5V Photocoupler ON: 4 ~ 5V Input impedance: 220Ω Input current: 20mA maximum
	FULL/HALF-			
	C.D.INH +	Automatic Current Cutback Release Signal	• Photocoupler ON: Automatic Current Cutback Release	Photocoupler OFF: 0 ~ 0.5V Photocoupler ON: 4 ~ 5V Input impedance: 220Ω Input current: 20mA maximum
	C.D.INH -			
TIMING +	Excitation Timing Signal	• A signal is output whenever the motor excitation sequence returns to step "0" in synchronization with the input pulse signal (output transistor is ON). • A signal is output every 10 pulses in full step mode and every 20 pulses in half step mode.	24VDC maximum 10mA maximum Photocoupler, open-collector output	
TIMING -				

Manómetro SMC Corporation K50-MP1.0-N02MS

Brand/Series	: K50 Series
Connecting Thread	: 1/4 NPT
Diameter	: 2 in., 50 mm
For Use With	: AR40
Gauge Range	: 0 to 1 MPa, 0 to 160 psi
Material	: ABS, Brass
Range	: 0-160 psi
Type	: Pressure Gauge

Mantenimiento

Frecuencia de mantenimiento recomendada mensual.

Lubricación

Ítem	Requerimientos
Tornillo sin fin	Aplique una grasa ligera cada mes de operación directamente al tornillo. La grasa debe ser no sintética
X, Y y Z Rieles de balines	Aplique un aceite medio o una grasa ligera directamente al riel Aproximadamente cada mes horas de funcionamiento.
Balines	Todos los balines están lubricados de por vida, totalmente sellados y no requieren mantenimiento.

Eléctrico

Cables, Botón de Emergencia, Motores Revisar el funcionamiento de los motores, si el botón de emergencia está funcionando correctamente y revisar que los cables eléctricos estén correctamente conectados.

Neumática

Mangueras Verificar la conexión de las mangueras, revisar que no existan fugas.

Manómetros Revisar el funcionamiento de los manómetros y que no exista alguna descalibración.

Limpieza

Herramientas, Motores, Tornillos, etc. En general, toda la zona superior, incluidas las herramientas y motores deben mantenerse tan limpio como sea

posible para una mejor precisión y rendimiento.

Solución de problemas

Problema	Posible causa	Solución
No hay energía en la máquina.	Mala conexión a la toma de corriente o a la entrada de la máquina.	Compruebe el cable de alimentación en ambos extremos.
	Botón de parada de emergencia presionado.	Gire el botón en el sentido de las agujas del reloj para desactivarlo.
	Fusible fundido.	Inspeccione y reemplace los fusibles según sea necesario.
El motor no es energizado	Error de conexión en el motor o fuente de alimentación.	Verificar que las conexiones entre el conductor, el motor y la fuente de alimentación es correcta

	<p>Potenciómetro actual configurado incorrectamente. Si la configuración es demasiado baja, el torque del motor también ser demasiado bajo y operación será inestable.</p>	<p>Devuelve el potenciómetro actual a su configuración de fábrica y verificación.</p>
<p>El motor no gira. El motor gira en la dirección opuesta.</p>	<p>Obstrucción física.</p>	<p>Aleje el dispositivo de la obstrucción, obstrucción y comprobar visualmente si hay daños.</p>
	<p>Mala conexión en los cables conexión de línea de entrada de pulso error.</p>	<p>Verifique la conexión en el <i>driver</i>. Verifique la entrada de pulso especificaciones (voltaje).</p>

	La entrada de CW y la CCW en estado ON mismo tiempo.	Ingrese la entrada CW o la Entrada CCW, y siempre cambie el otro terminal a OFF.
	La entrada de CW y la CCW entrada están conectados en marcha atrás.	Conecte los pulsos CW al CW entrada de pulso, y conecte la CCW pulsos a la entrada de pulso CCW.
Vacío no funciona	Punta del vacío obstruida	Retire e inspeccione la punta. Limpiar o reemplazar según sea necesario.
	Manguera suelta u obstruida. Revisar las mangueras.	Revisar las mangueras. Limpiar o reemplazar si es necesario.
	PSI insuficiente.	Revisar la Fuente de aire. Reemplazar si es necesario

Hora del Sistema
Incorrecto

Batería RTC agotada.

Revisar la batería del
RTC y sustituir.