

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA DE COSTA RICA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

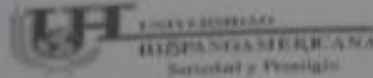
Proyecto de graduación para optar por el grado
académico de Bachiller en Ingeniería
Electrónica

DESARROLLO DEL HARDWARE Y SOFTWARE
PARA LA RECREACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE
PRUEBAS DE FINAL DE LÍNEA EN LA TARJETA
DE CONTROL SUPER SENTINEL EN ZOLLNER
ELECTRONIC COSTA RICA LTDA EN EL PRIMER
SEMESTRE 2017

Estudiante: Alexander Montero Carmona

Octubre 2017

CARTA DEL TUTOR



CARTA DEL TUTOR

San José, 21 de Julio del 2017.

Ing. José Luis Medrano Cerdas
Ingeniería Electrónica
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante **Alexander Montero Carmona**, cédula de identidad número **1-1390-0980**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"Desarrollo del hardware y software para la recreación y automatización de pruebas de final de línea en la tarjeta de control Super Sentinel en Zollner Electronic Costa Rica LTDA en el primer Semestre 2017"**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Electrónica.

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:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		92%

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

Atentamente,


Ing. Minor Caamaño Acuña
Cédula identidad 1-1001-0236
Carnet Colegio Profesional N° 18443

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Alexander Montero Carmona, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1390-0980 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: Desarrollo del hardware y software para la recreación y automatización de pruebas de final de línea en la tarjeta de control super sentinal en Zalluz Electroni, Costa Rica LTDA en el primer semestre 2017, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho 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 veinticuatro días del mes de julio del año dos mil diecisiete.


Firma del estudiante

Cédula: 1-1390-0980

CARTA DEL LECTOR

CARTA DEL LECTOR

San José, 2 de Noviembre de 2017

Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

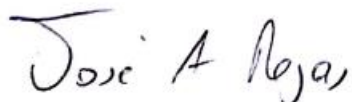
Estimado señor:

El estudiante **Alexander Montero Carmona**, cédula de residencia número **1-1390-0980**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **"Desarrollo del hardware y software para la recreación y automatización de pruebas de final de línea en la tarjeta de control super sentinel en Zollner Electronic Costa Rica Ltda en el primer semestre 2017"**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Electrónica.

He revisado y analizado el contenido, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el método teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre los datos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación.

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

Agradeciendo



Ingeniero Alejandro Rojas López

Cédula identidad 1 1079 0035

Colegio Profesional N°: IEL-15888

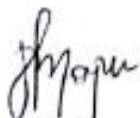
CARTA DEL FILÓLOGO

CARTA DEL FILÓLOGO

La suscrita, Jeannette Moya Mora, Licenciada en la Enseñanza del Castellano y la Literatura, hace constar que realizó la revisión filológica del proyecto de graduación, presentada por el señor **Alexander Montero Carmona**, con cédula de identidad **113900980**, proyecto titulado **Desarrollo del hardware y software para la recreación y automatización de pruebas de final de línea en la Tarjeta de Control Super Sentinel en Zollner Electronic Costa Rica Ltda.** para optar por el grado académico de Bachiller en Ingeniería Electrónica en la Universidad Hispanoamericana.

Se realizaron las correcciones del caso en el documento y se le hicieron a la postulante las observaciones que quedaron bajo su responsabilidad.

Se extiende esta certificación a los dos días del mes de diciembre del dos mil diecisiete.



Jeannette Moya Mora

Ced. 104410997

Lic. en la Enseñanza del Castellano y la Literatura

Carnet 6813

CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA EMPRESA



Costa Rica, Agosto 2017

Srs. Universidad Hispanoamericana
Área de Ingeniería de Electrónica

Por medio de la presente hago constar el excelente aporte y profesionalismo del señor Alexander Montero Carmona con cédula 1-1390-0980 que, durante los últimos meses ejecutó su proyecto de graduación en la Empresa Zollner Electronic CR LTDA y que finalizó exitosamente bajo el tema **“DESARROLLO DEL HARDWARE Y SOFTWARE PARA LA RECREACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE PRUEBAS DE FINAL DE LÍNEA EN LA TARJETA DE CONTROL SUPER SENTINEL EN ZOLLNER ELECTRONIC COSTA RICA LTDA EN EL PRIMER SEMESTRE 2017”**.

Las pruebas e implementación de la solución planteada fueron puestas en marcha y han impactado satisfactoriamente en el proceso de producción.

El proyecto fue relevante y contribuyó al plan de acuerdo a los intereses de la compañía que evidencian capacidad investigativa y técnica.

Manifiesto nuestra gratitud por el aporte brindado.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Pablo Chaves". The signature is stylized and includes a long horizontal stroke extending to the left.

Pablo Chaves Aguilar
Zollner Electronic CR LTDA
Ingeniería de Tecnología Global
Coordinador

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios por haberme permitido llegar a realizar este proyecto de graduación. También quiero agradecer a mi esposa por su apoyo, paciencia y comprensión en lo que conlleva estudiar una carrera que demanda mucho tiempo, dedicación y análisis.

También quiero agradecer a mis papás, porque si no fuera por ellos y la buena educación que me han dado, no sería lo que soy actualmente y no habría llegado hasta donde he llegado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARTA DEL TUTOR	i
DECLARACIÓN JURADA	ii
CARTA DEL LECTOR	iii
CARTA DEL FILÓLOGO	iv
CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA EMPRESA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xvii
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 ANTECEDENTES DEL CONTEXTO DE LA EMPRESA	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.5.1 Objetivo general.....	7
1.5.1 Objetivos específicos.....	7
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES	8
1.6.1 Alcances	8
1.6.2 Limitaciones	10

CAPÍTULO II	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.1.1 Componentes electrónicos activos	12
2.1.2 Componentes electrónicos pasivos	12
2.1.3 Diagrama eléctrico	12
2.1.4 BG5925.....	13
2.1.5 RS485	13
2.1.6 Sector de pruebas en producción	14
2.1.7 Tipos de pruebas.....	15
2.1.8 Adaptadores de prueba	17
2.1.9 Tipos de adaptadores.....	20
2.1.10 Ingun	22
2.1.11 National Instruments (NI)	23
2.1.12 TestStand	24
2.1.13 LabVIEW	25
2.1.14 NI 6501.....	28
2.1.15 Protocole Daten	29
2.1.16 MCP	30
2.1.17 EcoNet Tool.....	31
2.1.18 <i>IO Wiring</i>	31
2.1.19 <i>Four way relay card</i>	32
2.1.20 VIPRA.....	33
2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS.....	33
2.3 ESTADO DEL ARTE	34

2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS	35
CAPÍTULO III	38
MARCO METODOLÓGICO	38
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
3.1.1 Finalidad aplicada	39
3.1.2 Dimensión temporal	41
3.1.3 Marco	42
3.1.4 Naturaleza	42
3.1.5 Carácter	43
3.2 METODOLOGÍA PARA PROPUESTAS DE MEJORA	44
3.3 METODOLOGÍA PARA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO	46
CAPÍTULO IV	48
DIAGNÓSTICO	48
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	49
4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS	57
4.3 DESARROLLO DE PROTOTIPO	61
CAPÍTULO V	65
DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO	65
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	66
5.2 DISEÑO DEL DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL ADAPTADOR	66
5.2.1 Concepto básico del adaptador	67
5.2.2 Concepto de seguridad	68
5.2.3 Ambiente de la unidad a validar	71
5.2.3 Entradas del NI USB-6501	74
5.2.4 Salidas del NI USB-6501, IO wiring y 4 Way Relay card	75

5.2.5 Construcción del adaptador.....	77
5.2.6 Adaptador de pruebas ensamblado.....	78
5.3 ADQUISICIÓN DE COMANDOS POR MEDIO DEL ECONET TOOL	81
5.4 DESARROLLO DE LA SECUENCIA EN LABVIEW Y TESTSTAND.....	88
5.4.1 Process Setup	99
5.4.2 PreUUT	101
5.4.3 MainSequence	104
5.4.4 PostUUT:	117
5.4.5 ProcessCleanup	119
5.4.6 ErrorHandling	120
5.5 CREACIÓN DE PRUEBA EN PDM Y MCP.....	120
5.6 MSA Y LIBERACIÓN.....	123
5.7 ADAPTADOR ENSAMBLADO.....	124
5.8 COMUNICACIÓN CON INGENIERÍA DE PROCESOS.....	131
5.9 CAPACITACIÓN AL PERSONAL	131
5.10 COSTOS - BENEFICIO	132
CAPÍTULO VI.....	136
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
6.1 CONCLUSIONES.....	137
6.2 RECOMENDACIONES.....	140
BIBLIOGRAFÍA.....	143
ANEXOS	151
LISTA DE ANEXOS	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cobertor con soportes	17
Figura 2. Pylon block	20
Figura 3. Adaptadores de pruebas individuales.....	21
Figura 4. Equipo reemplazable.....	22
Figura 5. NI 6501	28
Figura 6. PDM.....	29
Figura 7. MCP	30
Figura 8. IO Wiring	31
Figura 9. Four way relay card	32
Figura 10. Adaptador actual de pruebas.....	50
Figura 11. Vista trasera Super Sentinel.....	51
Figura 12. RJ12 Super Sentinel.....	52
Figura 13. Comandos EcoNet Tool	53
Figura 14. Diagrama de Flujo proceso EOL actual.....	55
Figura 15. Diagrama de flujo proceso EOL a desarrollar.....	62
Figura 16. Concepto básico del adaptador	67
Figura 17. Concepto de seguridad 1	68
Figura 18. Concepto de seguridad 2	69
Figura 19. Concepto de seguridad 3	70
Figura 20. Ambiente de la unidad a validar	71
Figura 21. Ambiente de la unidad a validar 2	72
Figura 22. Ambiente de la unidad a validar 3	73

Figura 23. Entradas NI USB-6501	74
Figura 24. Salidas NI USB-6501	75
Figura 25. IO wiring	76
Figura 26. Adaptador ensamblado.....	78
Figura 27. Colocación de puente S33 y S34	79
Figura 28. Sensor magnético.....	80
Figura 29. USB del hub antes y despues	81
Figura 30. EcoNet tool.....	81
Figura 31. Lectura/escritura de comandos	82
Figura 32. Diagrama de flujo secuencia en TestSand para el EOL	88
Figura 33. Process Setup	99
Figura 34. Pasos GUI	100
Figura 35. Escaneo de PCBA.....	101
Figura 36. Pasos PreUUT	102
Figura 37. Pasos PreUUT 2	103
Figura 38. Mensaje cerrar cubierta.....	103
Figura 39. Pasos habilitar RS-485 y Software Version	104
Figura 40. Mensaje sobre pulsar pin 1	105
Figura 41. Pasos Key Back	105
Figura 42. Operador pulsando pin 1	105
Figura 43. Pasos sobre Key Down	107
Figura 44. Operador pulsando pin 2	107
Figura 45. Operador pulsando pin 3	109
Figura 46. Operador pulsando pin 4	109
Figura 47. Pasos LCD XXXX	110

Figura 48. Mensaje sobre display XXXX	110
Figura 49. PCBA display XXXX.....	111
Figura 50. Pasos LCD 8888	111
Figura 51. Mensaje sobre display 8888.....	112
Figura 52. PCBA display 8888.....	112
Figura 53. Pasos display todo activado	113
Figura 54. Mensaje sobre display todo activado	113
Figura 55. PCBA display todo activado.....	114
Figura 56. Pasos automáticos	116
Figura 57. Pasos resultado prueba.....	117
Figura 58. Pass PCBA.....	117
Figura 59. Pasos impresión etiqueta.....	118
Figura 60. Mensaje etiqueta	118
Figura 61. Mensaje abrir cubierta.....	119
Figura 62. Pasos ProcessCleanup.....	120
Figura 63. Creación MCP.....	120
Figura 64. Selección en MCP.....	121
Figura 65. Creación prueba PDM	122
Figura 66. Final de línea en PDM	123
Figura 67. Vista frontal adaptador	124
Figura 68. Vista lateral adaptador.....	124
Figura 69. Switch de emergencia y habilitación de voltaje y luz indicadora	125
Figura 70. Parte trasera adaptador, conector USB y alimentación	125
Figura 71. Sector donde se coloca la tarjeta.....	125
Figura 72. Soportes, sensor magnético y conector hacia RS-485	126

Figura 73. Vista interna adaptador	126
Figura 74. Vista sector de cargas y pines interior	127
Figura 75. HUB, RS-485 y USB NI-6501	127
Figura 76. IO Wiring y 4 Way Relay Card	127
Figura 77. Disyuntores de protección y fusibles	128
Figura 78. NI-6501.....	128
Figura 79. Convertidor 230Vca – 24Vcd.....	128
Figura 80. Pylon Block macho	129
Figura 81. Pylon Block hembra.....	129
Figura 82. Pines de verificación cobertor cerrado	129
Figura 83. Switch verificación de presencia de tarjeta	130
Figura 84. Circuito de cargas	130
Figura 85. Conexión interna con J3, J4 y J6.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comunicación RS-485.....	13
Tabla 2. Comandos EcoNet Tool	54
Tabla 3. Costos de diseño	132
Tabla 4. Costos de implementación.....	133
Tabla 5. Costos totales	133
Tabla 6. Ganancia Rheem.....	134
Tabla 7. Comparación de ganancias en Zollner durante una hora de pruebas	135

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultado de la encuesta pregunta #1	58
Gráfico 2. Resultado de la encuesta pregunta #2	58
Gráfico 3. Resultado de la encuesta pregunta #3	59
Gráfico 4. Resultado de la encuesta pregunta #4	59
Gráfico 5. Resultado de la encuesta pregunta #5	60
Gráfico 6. Tiempos de prueba actuales en el EOL	61

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A: Amperio

CAD: Computer Aided Design (Diseño asistido por ordenador).

CPU: Central Processing Unit (Unidad de procesamiento central).

DUT: Device under test (dispositivo bajo prueba).

EMO: Emergency stop (botón de parada de emergencia).

EMS: Electronic Manufacturing Services (Servicios de fabricación electrónica).

EOL: End of Line Test (prueba de final de línea).

ESD: Electrostatic discharge (Descarga electrostática).

FCT: Functional Test (Prueba funcional).

FPY: First Pass Yield (Rendimiento de primer paso).

GND: Ground (Tierra).

GUI: Graphical User Interface (Interfaz gráfica de usuario).

Hz: Hertz

IC: Integrated Circuit (Circuito integrado).

ICT: In Circuit Test (Prueba de circuito).

LCD: Liquid Crystal Display (Pantalla de cristal líquido).

LED: Light-Emitting Diode (diodo emisor de luz).

MCU: Microcontroller Unit (Unidad de microcontrolador).

MSA: Measurement System Analysis (Sistema de análisis de medidas).

PCBA: Printed Circuit Board Assembly (Ensamble de circuito impreso).

PDM: Protocole Daten (Protocolo de datos).

PIN: Personal Identification Number(Número de identificación personal).

PPAP: Production Part Approval Process (Proceso de aprobación de producción de partes).

SMT: Surface-mount technology (Tecnología de montaje superficial).

THT: Through-hole technology (Tecnología de orificios pasantes).

USB: Universal serial bus (Bus en serie universal).

V: Volt (Voltio).

Vca: Voltaje de corriente alterna.

Vcd: Voltaje de corriente directa.

VI: Virtual Instrument (Instrumento virtual).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCIÓN

Zollner Electronic desde sus inicios hace más de 50 años, se ha dedicado a la fabricación de tarjetas electrónicas, las cuales pasan por una serie de etapas de construcción, empezando en el área de etiquetado de códigos de trazabilidad en los paneles, luego el sector de ensamble de componentes, la inspección visual automática y finalizando en el área de pruebas, donde se encuentran los procesos de medición de circuitos, programación, prueba funcional y el final de línea, mediante los cuales se realiza la validación de todos los componentes electrónicos de la tarjeta, se programa el microcontrolador, se ejecutan pruebas de campo y se verifican dispositivos añadidos.

En Zollner Costa Rica se han estado produciendo tarjetas electrónicas desde hace 3 años, siguiendo la línea de producción realizada en la casa matriz, ensamblando PCBA para clientes en el sector automotriz y de electrónica. En esta última área, el cliente más antiguo y con mayor demanda de producción es Rheem, quienes se enfocan al sector de aires acondicionados industriales y de oficina, así como calentadores de agua y están ubicados en Estados Unidos, en sedes de desarrollo de nuevas aplicaciones, y en México, en la parte de ensamble y distribución de equipos.

Localmente, la producción de tarjetas para Rheem se ha enfocado en siete productos, los cuales son llamados Termostato, Super Sentinel, Dos etapas, VSODU, EcoNet, Enviracom y Controlador de aire. Para el caso de Super Sentinel, en el sector de pruebas, la tarjeta inicialmente se validaba en la Prueba del Circuito, luego se programaba y posteriormente pasaba por la prueba funcional. Debido a nuevos requerimientos del cliente, se ha estado realizando el proceso del final de línea. Sin

embargo, no se cuenta con un adaptador de pruebas adecuado para producción en alto volumen como en los tres primeros procesos.

La falta de un equipo eficiente en esta última etapa de las tarjetas ha generado grandes retrasos en la salida de producción. Por lo tanto, semanalmente las ventas han disminuido, provocando la gran necesidad de un equipo robusto para validar las tarjetas en la prueba de final de línea. Además, el adaptador que se ha estado utilizando trabaja con 230 voltios alternos y no tiene la protección adecuada para evitar algún daño físico al operario.

Debido a este faltante, se toma el reto de diseñar y desarrollar el hardware y el software de un adaptador para la tarjeta Super Sentinel en el proceso de final de línea, el cual ejecute con mayor eficiencia y seguridad la prueba. Además, será el primer adaptador diseñado en Zollner Costa Rica.

1.2 ANTECEDENTES DEL CONTEXTO DE LA EMPRESA

La empresa Zollner Electronic se fundó en el año 1965 por el actual Presidente del Consejo de Supervisión el señor Manfred Zollner y se encuentra en el rango de las mejores 15 compañías proveedoras de Servicios en Manufactura Electrónica o sus siglas en inglés *Electronic Manufacturing Services* (EMS). Tiene su sede principal en Zandt, Alemania. También están ubicados en Estados Unidos, Hong Kong, Turquía, China, Costa Rica, Rumania, Suiza, Hungría, con un total de 18 sedes alrededor del mundo. Actualmente, se encuentran laborando para esta compañía más de diez mil empleados.

Zollner se desarrolla como fabricante de componentes electrónicos y producción de PCBA. Además, brinda soluciones en desarrollo y servicios a diversos sectores como la electrónica industrial y en tecnología ferroviaria, mediciones, datos, automotriz, médica, aeroespacial, defensa, telecomunicaciones y electrónica de oficina. Se producen módulos, sistemas complejos, dispositivos y piezas individuales, así como la gestión del ciclo de vida de productos, servicio post - venta, gestiones de materiales y de la cadena de suministro. Como proveedor de EMS, Zollner no produce tarjetas electrónicas propias, sino que se enfoca en los productos de los clientes.

En Costa Rica se fundó en el año 2014 en la Zona Industrial Lima en Cartago, con la intención de crear un segundo centro de producción en América, estratégicamente ideado para los clientes en este continente. La producción de Zollner Electronic Cartago corresponde a productos del sector automotriz, fabricando controladores y tarjetas electrónicas de iluminación para vehículos. También se producen tarjetas electrónicas controladoras de sistemas de aire acondicionado, calentadores y del sector médico.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La aplicación de este proyecto se dirige hacia la etapa de final de línea del área de pruebas de Rheem en Zollner Cartago, para la tarjeta Super Sentinel. Esta idea de mejora surge a raíz de las dificultades enfrentadas en el proceso, ya que la prueba se ha estado realizando con un adaptador que no es apto para recibir producción de alto volumen. Esta situación ha ocasionado numerosos problemas en su hardware y el atraso de producción.

También la necesidad de tener un EOL confiable y validable, algunas quejas por parte del cliente y la ineficiencia del procedimiento de testeo al final de la línea. Por estas razones, la creación de adaptador adecuado impactará la confiabilidad del proceso, ya que el resultado de la prueba no dependerá del juicio del operador, sino del computador.

Además, se podría verificar por medio de una base de datos el resultado de cualquier tarjeta en específico. También se podrá obtener estadística del proceso para lograr una estabilidad y ejecutar requisitos del departamento de calidad, los cuales son métodos para validar el funcionamiento del adaptador.

Por otra parte, con la reducción en el tiempo de la prueba por unidad se exportarán más unidades en menor lapso por semana y se incrementarán de esta manera, los ingresos en ventas semanales. Los beneficiados con la realización de este proyecto serán el cliente, la empresa Zollner Electronic, los ingenieros y técnicos del área de pruebas y los operarios.

1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente no hay un adaptador de pruebas adecuado para realizar el proceso de EOL para una producción en serie, por lo tanto, se ha desarrollado con un pequeño adaptador brindado por el cliente Rheem, pero este es utilizado sólo para realizar los *Production Part Approval Process (PPAP)*, los cuales se generan para hacer una validación del producto cuando se desarrolla algún cambio en hardware o software

indicado por el cliente, pero no tiene la capacidad ni la resistencia para llevar a cabo la ejecución de pruebas para producciones de miles de tarjetas.

El proceso de final de línea ha causado ciertas quejas por parte de Rheem, por los retrasos causados en el envío de tarjetas, además solo se puede utilizar con un software brindado por el cliente, el cual únicamente muestra información sobre el estado del microcontrolador y es de difícil entendimiento para los operarios. De este modo, no hay manera de guardar los resultados de las tarjetas en una base de datos confiable, ni saber si pasaron la prueba o si realmente tuvieron parte en este proceso, lo que genera una desconfianza.

El adaptador actual no es eficiente y con el uso en producción presenta fallos en sus conectores y cables, debido a su manipulación. Además, hay un menor ingreso en ventas semanales, pues al ser el operador quien coloca los conectores y realiza todos los pasos manualmente se genera un mayor tiempo en la prueba.

Se plantea entonces, la pregunta: ¿Cuál será el mejor proceso para diseñar el hardware y software para la automatización del proceso de prueba de final de línea, para el producto Super Sentinel en Zollner Electronic Costa Rica LTDA, el cual permita el registro de datos, reducir los tiempos, minimizar la influencia del operario en la prueba y la creación de un sistema de prueba seguro y confiable, en el periodo de enero a junio, 2017?

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo general

Desarrollar el diagrama eléctrico y el software de un adaptador de pruebas, en el proceso de final de línea del producto Super Sentinel en Zollner Electronic Cartago, a través del cual se automatice la prueba y se reduzcan los tiempos invertidos por tarjeta electrónica, mediante el uso de herramientas de programación de National Instruments, en el primer semestre del 2017.

1.5.1 Objetivos específicos

- Realizar comunicación con departamentos internos de Zollner Cartago, involucrados con el cliente Rheem, acerca de los cambios en el proceso de prueba de final de línea.
- Seleccionar el tipo de adaptador a ensamblar, así como dispositivos electrónicos internos necesarios para su construcción y el funcionamiento deseado.
- Crear el diagrama eléctrico del adaptador de pruebas, para realizar su construcción por medio de un agente externo especializado en ensamble de este tipo de equipos.
- Obtener los comandos hexadecimales de requisitos y respuestas del microcontrolador de las funciones requeridas para la prueba, utilizando el software del cliente *EcoNet Tool*.

- Realizar una secuencia de programación basada en las herramientas de National Instruments: TestStand y LabVIEW, la cual permita la automatización del proceso de final de línea.
- Crear enlaces entre la secuencia de TestStand y los software de Zollner PDM y MCP, para poder utilizar la interfaz de operario y que los resultados queden registrados en la base de datos.
- Ejecutar un Measurement System Analysis, con el cual se obtiene la aprobación del departamento de calidad y se libere la prueba de final de línea como un proceso estable y formal.
- Modificar la instrucción de trabajo del operario existente, para tener una guía actualizada del proceso de prueba con el nuevo adaptador.
- Realizar capacitación a ingenieros de pruebas y técnicos, para la comprensión del funcionamiento y mantenimiento del adaptador, tanto en su hardware como en software.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.6.1 Alcances

Se pretende diseñar y desarrollar el hardware y software de un sistema de prueba de final de línea, de manera que se automatice el proceso, y asimismo el operario no tenga manipulación en la prueba más que el de escanear el código de trazabilidad al

colocar la tarjeta en el adaptador. La tarjeta electrónica se llama Super Sentinel del cliente Rheem y es utilizada como controladora de calentadores de agua.

Se impactará grandemente la confiabilidad del proceso, ya que el resultado de la prueba no dependerá del juicio del operario, sino del computador y del adaptador, donde se realiza la ejecución y verificación de comandos escritos y enviados al microcontrolador de la tarjeta a probar. Además, se podrá verificar por medio de una base de datos el resultado de la prueba de cualquier tarjeta en específico. También se podrá obtener estadística del proceso al obtener una mayor estabilidad.

El adaptador tendrá instalado un sistema de conexión del aire comprimido, el cual por medio de electroválvulas, acciona, 4 pines que irán direccionados a los botones frontales de la tarjeta y de esta manera, realizar la validación de la botonera. También se instalará un sistema de protección, que verificará si la unidad se encuentra dentro del adaptador o si el cobertor está abierto o cerrado y activa el voltaje en una situación segura.

Para la comprobación de la pantalla frontal, se utilizará un sistema de visión, que por medio de fotos registradas de una pantalla correcta, puede realizar una comparación y así verificar su esperado funcionamiento. Además, se instalará una impresora, de manera que, cuando el resultado de la tarjeta sea positivo, imprima una etiqueta referente al modelo del producto.

1.6.2 Limitaciones

La comunicación con el agente externo responsable de ensamblar el adaptador de pruebas es una gran dificultad, pues se encuentran en el continente europeo, por lo tanto, las horas no coinciden y el tiempo de respuestas es lento.

Los únicos softwares a utilizar para el diseño de la programación son TestStand, LabView y la herramienta del cliente EcoNet tool. Además, se debe seguir la línea de programación de Zollner, la cual tiene una interfaz de operador por defecto y las líneas de los pasos de prueba son un poco pequeñas lo cual genera un poco de dificultad al leer la descripción, así como algunos llamados al sistema de trazabilidades.

No fue posible añadir en el diseño del diagrama eléctrico el sistema de aire comprimido en cuatro pines direccionados a la botonera, activados con electroválvulas, al igual que el sistema de visión para la validación de la pantalla LCD. Esto se debe al alto costo de los materiales, y para esta solución de prueba, Rheem no estaba dispuesto a pagar estos costos, por lo tanto, las pruebas de verificación del LCD y la de los pulsadores se realizó manualmente, teniendo parte el operador en el proceso de prueba y de esta manera, realizar una automatización del proceso pero no en su totalidad, como se quería inicialmente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Para la realización de este proyecto, fue requisito el entendimiento y conocimiento de ingeniería electrónica, así como el de herramientas de programación de National Instruments, de los adaptadores de prueba y de distintos software propios de la compañía Zollner. A continuación, se presentan los conceptos teóricos de mayor relevancia.

2.1.1 Componentes electrónicos activos

Son capaces de controlar el flujo de corriente que circula en los circuitos electrónicos. Por lo general, pertenecen a este grupo los componentes semiconductores como el diodo, transistor, microprocesadores y microcontroladores y los que generan fuente eléctrica como una batería.

2.1.2 Componentes electrónicos pasivos

Son aquellos que no producen amplificación, se utilizan para controlar la electricidad colaborando en el funcionamiento de los elementos activos. Están compuestos de elementos de diversas clases. Los componentes pasivos son resistores, condensadores y bobinas o inductancias.

2.1.3 Diagrama eléctrico

Es conocido como esquemático, en él se visualizan los componentes y las fuentes de alimentación que conforman un circuito electrónico de una manera más sencilla y fácil de entender. En la actualidad, hay muchos programas que se utilizan para la creación de estos, en el caso de este proyecto se utilizó el Splan.

2.1.4 BG5925

Es un dispositivo relevador de seguridad, el cual permite el paso de la señal de voltaje. Posee tres switches y cada uno tiene conectado un LED indicador, por lo tanto, si algún switch está cerrado su LED estará encendido. También posee la capacidad de conectarle un sensor magnético de seguridad, utilizado por lo general en cerraduras. En proyectos anteriores de Zollner se han utilizado, por lo tanto, se hace la selección también en este.

2.1.5 RS485

También conocido como EIA-485, es un sistema de bus de transmisión multipunto diferencial, ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias. Es una mejora sobre el RS-422. Además, soporta los conectores como DB-9 y DB-37.

A continuación, se muestra una tabla con la especificación del bus de datos de dos hilos:

Tabla 1. Comunicación RS-485

Nombre	Función
TXD (+) / RXD (+)	Transmisión de datos (Salida +)
TXD (-) / RXD (-)	Transmisión de datos (Salida -)
Tierra	Referencia o punto en común

Fuente: Elaboración propia

Se utiliza una línea de transmisión balanceada bidireccional. También existen el de cuatro hilos, pero la ventaja de utilizar el de dos, reside en la capacidad multimaestro.

2.1.6 Sector de pruebas en producción

En el proceso de manufactura o fabricación de casi todos los equipos, sistemas, dispositivos o tarjetas electrónicas hay una área destinada a la aprobación, validación y verificación de la calidad, estado, funcionalidad de estos productos, la cual garantiza que el cliente final recibirá sus artículos en óptimas condiciones y con todos sus requerimientos.

En el caso de fabricación de tarjetas electrónicas, la prueba se encuentra al final de todas las etapas de manufactura y el ensamble por medio de líneas SMT o THT. A continuación se muestra un diagrama de bloques con las secciones presentes en la creación de una PCBA.

El área de pruebas está compuesta por varios pasos, el primero de ellos es el *In Circuit Test*, también hay procesos de programación de microcontroladores, FCT y EOL. Para validar una tarjeta en cada uno de ellos, se depende de los requisitos dados por el cliente y su previa negociación con el departamento de cotizaciones.

Por lo tanto, en algunas se harán verificaciones por completo, pero en otras puede que se realice solo unos cuantos pasos o se pueden ejecutar procesos de pruebas específicos según la información de pruebas brindada. Cada etapa o verificación que se establezca significará dinero ganado por parte de la empresa manufacturera.

2.1.7 Tipos de pruebas

In Circuit Test (ICT):

Es un sistema de prueba que utiliza puntas de contacto, las cuales permiten acceder a los nodos del circuito de la tarjeta, medir el rendimiento y valor de los componentes, de manera independiente de los otros componentes conectados a ellos.

Parámetros de resistencias, bobinas, capacitores, diodos, transistores, fusibles, reguladores de voltaje, presencia de corto circuitos o transformadores son componentes que se pueden verificar en este proceso, asegurando que la tarjeta ha sido correctamente fabricada y tiene alta probabilidad de un rendimiento efectivo.

La mayoría de problemas que aparecen en este paso es debido a cortos circuitos producidos por excesos de soldadura, circuitos abiertos, componentes incorrectos o faltantes. Cuando los circuitos integrados fallan, muchas veces es causado por el daño estático, los fallos en estos componentes también pueden ser detectados en el ICT.

La tarjeta se coloca en el ICT, el cual tiene comunicación con una torre de pruebas, donde se encuentra la computadora, fuentes de voltaje y dispositivos de medición. Por lo general, el adaptador es intercambiable, de este modo, se puede utilizar la torre para probar distintos tipos de tarjetas.

Functional Test (FCT):

En esta etapa se realizan pruebas de campo a la tarjeta, aplicando señales de voltaje directo o alterno a la entrada de alimentación, haciendo una simulación de

sensores aplicados y entradas recibidas en el dispositivo. Se valida la entrada y salida de información del microprocesador, así como el comportamiento de una tarjeta en su proceso final. Este proceso permite que la tarjeta pase a las siguientes fases con un alto grado de certeza de su funcionamiento según la especificación dada por el cliente.

Programación:

En este proceso, la tarjeta se coloca en un adaptador que tendrá comunicación con la tarjeta por medio de puntas de prueba. Al iniciar la secuencia, se enviarán comandos programados al microcontrolador de la tarjeta. Palacios, Remiro y López (2004) afirman que: “Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes necesarios para controlar el funcionamiento de una tarea determinada”. Sea cual sea la función que la tarjeta tenga, el componente principal será el microcontrolador pues es el cerebro de la PCBA. El dispositivo reduce grandemente el tamaño, peso y costo de los equipos electrónicos actualmente.

End of Line Test (EOL):

Es la etapa final del proceso en el área de pruebas. Aquí se prueba la funcionalidad de los productos en la última sección de fabricación. Se valida la funcionalidad del dispositivo al localizar cualquier defecto que requiera una reparación antes de ser enviado al cliente. Al igual que en los otros procesos el operador forma parte del proceso de prueba.

Alguna de las muchas aplicaciones de EOL son pruebas en módulos electrónicos, sistemas de dirección hidráulica, transmisiones PWM, bolsas de aire,

probadores de puertas, verificadores de software, eliminación de alertas o ruidos en el microprocesador causados por pruebas anteriores, verificación de soportes en tarjetas, ensambles finales de productos, etiquetas en carcazas, etc.

2.1.8 Adaptadores de prueba

Cada uno de los procesos de validación de PCBAs es realizado por medio de adaptadores, los cuales tienen comunicación con las torres de pruebas compuestas por el computador, fuentes de voltaje, sistemas de mediciones entre otros.

Están compuestos por una cama de pines llamadas *test probes*, los cuales permiten la alimentación y comunicación de la tarjeta electrónica, de esta manera, se pueden visualizar en el monitor datos adquiridos en la prueba. Pueden incluir también scanner, para que se lean automáticamente los códigos de trazabilidad de las tarjetas, relevadores, resistores, circuitos electrónicos, fibras ópticas, sistema de vacío, electroválvulas o neumática por medio de aire comprimido. Poseen soportes en su cubierta para mantener una estabilidad en la PCBA al cerrarlo para ejecutar la prueba.

Figura 1. Cobertor con soportes



Fuente: Página oficial de Ingun

Este diseño de soportes y pines de prueba es altamente preciso, pues se usan medidas de milímetros. Cada soporte va ubicado en un sector de la tarjeta donde no se encuentra ningún componente, pues puede crear un daño en el mismo, por lo tanto, se ubican en espacios sin componentes en la PCBA. Estos dan estabilidad a la tarjeta en el adaptador y se puede verificar que las puntas de prueba hagan un buen contacto.

La presencia de los pines es vital dentro de un adaptador de pruebas, pues ellos mantienen un contacto con la tarjeta cuando el sistema entra en modo de vacío o se cierra la cubierta. Hay muchos tipos de pines, diseñados para distintas aplicaciones y necesidades. Los pines están hechos de materiales conductivos, con una cobertura de oro. Siendo una parte fundamental en los adaptadores, se mostrarán las más utilizadas:

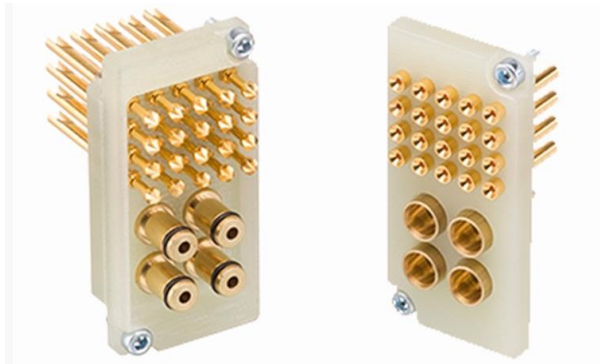
- *Beat Probe*: Utilizados para hacer contacto con la tarjeta en puntos de conexión donde no se necesita mucha agresividad de parte de la punta.
- *Rotating Test Probe*: Ellas pueden brindar una alternativa fiable si ocurren problemas de contacto. Un movimiento de rotación durante el proceso rasca la superficie a contactar, por lo que las capas aislantes van generando un buen contacto.
- *e-type*: Ellas tienen una precarga mayor en comparación con las estándar. Esta fuerza superior inicial garantiza un contacto seguro a la misma carga final.
- *Fine-pitch*: Se utilizan para contactar puntos de prueba muy pequeños .

- *Flying Probe*: se utilizan en este tipo de test FPT, puede constar de dos a 6 *pinos* de este tipo. *Metric Test Probe*: Se destacan por su estabilidad, robustez y presentar un collar pronunciado.
- *High-Current Test*: Consiste en puntas más gruesas y resistentes a pruebas de alto voltaje o alta corriente.
- *International standart test probes*: Disponible en dos versiones diferentes: carrera de trabajo estándar (4,3 mm) y carrera de trabajo más larga (9,3 mm) para pruebas de ICT y FCT.
- *Switching probes*: Utilizadas para pruebas de pulsadores o presencia de componentes.

Analizando las distintas puntas existentes y sus funciones, para este proyecto se eligieron los pines International Standart Test Probe debido a su tamaño de cabeza y forma, pues los pines de la tarjeta Super Sentinel son gruesos y requieren de pines que no sean angostos para un mejor contacto. Además, para validar la botonera frontal del producto se elige las puntas *Switching probes*, las cuales son esenciales para este tipo de aplicaciones.

Otra parte fundamental es el *pylon block*, por lo general se encuentran en el sector trasero del adaptador, son puertos de comunicación con el computador u otras interfaces como una impresora.

Figura 2. Pylon block



Fuente: Página oficial de Ingun

En la imagen se puede apreciar una serie de pines necesarios para realizar comunicaciones, los cuales calzan perfectamente con el *pylon block* de la torre de pruebas. Es notable en la figura cuatro pines más grandes con una silueta negra de hule, estos son dedicados únicamente para entrada de aire comprimido. Los demás, son usados para alimentación y datos.

2.1.9 Tipos de adaptadores

Dependiendo del tipo de prueba, se puede validar una tarjeta individualmente o hacerlo en paralelo, esto causa una reducción en el tiempo invertido y los costos. La prueba en paralelo como su palabra lo dice, cada una de las validaciones se realizarán al mismo tiempo, y terminarán al mismo tiempo también. Este método agiliza en gran manera el proceso, pues los tiempos se reducen mucho.

Sin embargo, muchas tarjetas son probadas individualmente, dependiendo del sistema con el que se cuente y la cantidad de información y señales que se desean

obtener por medio de él. A continuación, se muestra un ejemplo de un adaptador individual, en el que solo una tarjeta electrónica se puede colocar en su interior, la cual hace contacto con los pines de prueba:

Figura 3. Adaptadores de pruebas individuales



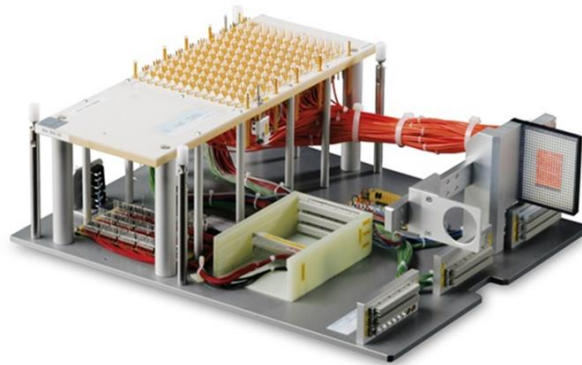
Fuente: Página oficial de Ingun

Este tipo de adaptadores como en el de la imagen, son procesos más lentos, pues solo una tarjeta se prueba a la vez, en algunas ocasiones el proceso puede tardar hasta 5 minutos dependiendo del producto. Sin embargo, esto no indica que sean ineficientes. Los adaptadores de pruebas de este tipo son por lo general más pequeños que los paralelos.

Para este proyecto, se escogió el adaptador de pruebas individual porque el costo del adaptador paralelo es mayor en fabricación y en la cantidad de dispositivos

internos. Además, el tamaño de las tarjetas de Super Sentinel es grande y un adaptador en paralelo habría abarcado mucho espacio en la estación.

Figura 4. Equipo reemplazable



Fuente: Página oficial de Ingun

Muchos de estos adaptadores tienen equipos reemplazables como el de la imagen, en ellos reposa la tarjeta electrónica. Estos reemplazos permiten usar una misma base de adaptador, pero solo se reemplazan las áreas específicas para cada tarjeta como una cubierta y el área donde se coloca. Para este proyecto se eligió un equipo reemplazable por su facilidad al hacer algún trabajo de soporte.

2.1.10 Ingun

Desde 1971 es una compañía innovadora en el campo de equipo y estrategias de prueba. Es una empresa alemana y sus productos se ensamblan y se crean en este país, donde se garantiza la más alta calidad y seguridad en productos para pruebas electrónicas.

Sus productos son altamente precisos y ofrecen una gran gama de sondas o pines de prueba, cerca de 20.000 versiones. Además proporcionan soluciones estandarizadas y personalizadas en cada requisito de prueba. Son muy cotizados en el área de la industria automotriz, telecomunicaciones, tecnología de información y aeroespacial, ingeniería mecánica, electrónica de consumo, proveedores de energía y tecnología médica.

Como lo dice su página oficial: “Gracias a los años de experiencia en el campo del equipo de prueba, INGUN tiene la respuesta adecuada a cada requisito de prueba”. Para todo tipo de proceso en validación o verificación de productos, esta empresa tiene múltiples equipos y dispositivos para realizar la tarea.

Se realiza la selección de esta empresa, debido a que anteriormente ha emsamblado adaptadores para Zollner, también por la facilidad que se encuentra entre los suplidores permitidos por la empresa y por la calidad que representa.

2.1.11 National Instruments (NI)

Fundada en 1976, es líder en sistemas de medición y automatización basados en computadora. Posee gran cantidad de productos los cuales pueden ser utilizados con un computador sencillo para agrupar o sustituir instrumentos de análisis, visualización de datos, adquisición y control de procesos. Los sistemas que ofrecen son utilizados por ingenieros, técnicos, investigadores en todo el mundo.

Se encargan de brindar soluciones a preguntas difíciles y a procesos complejos para acelerar la productividad y la innovación rápida. Cuentan con clientes en casi

todas las industrias, con oficinas en casi 50 países, aproximadamente 7.400 empleados, con más de 35.000 compañías servidas anualmente que utilizan una plataforma integrada de hardware y software.

2.1.12 TestStand

Es un software de National Instruments utilizado en la administración de pruebas de productos industriales, el cual ayuda en los procesos de validación, verificación, desarrollo e implementación de pruebas en un sentido más rápido. Además, contiene una máquina de secuencias que soporta distintos lenguajes de código de prueba, la agrupación de resultados en fáciles reportes y la posibilidad de ejecutar pruebas paralelas.

Alrededor del mundo muchos usuarios han escogido esta herramienta para desarrollar e implementar sistemas de pruebas personalizados automatizados, pues está diseñado para ser altamente flexible. También, para fomentar y fortalecer el conocimiento de este software, NI ofrece capacitaciones para formar y certificar a los interesados. Es utilizado por compañías que buscan una solución escalable, confiable y eficiente para automatizar las pruebas en diferentes tipos de industrias.

Se pueden desarrollar secuencias de pruebas que agrupan módulos en distintos lenguajes de programación y ser llamados en cualquier momento. Cada módulo de código realiza una prueba en el equipo o dispositivo bajo examinación y envía información valiosa de medición a TestStand, estos valores se registran en una base de datos de la empresa o en un reporte en una variedad de formatos como ATML, XML HTML y texto. También existe la posibilidad de conectividad con otros sistemas

empresariales, especificación de flujo de ejecución y administración de requerimientos y de datos.

TestStand ayuda a la visualización proporcionando interfaces simples para los operadores para que puedan ejecutar el sistema de pruebas en producción y reducir errores causados por el operador. Estas interfaces de operador pueden ser personalizadas.

Otra característica de esta herramienta es la opción de probar múltiples dispositivos en paralelo y realizar múltiples pruebas en el mismo equipo o dispositivo simultáneamente, creando de esta manera, un crecimiento en el rendimiento en el proceso y disminuyendo el costo de equipo de pruebas adicionales.

Como lo dice National Instruments en su página oficial: “Desde proporcionar la fiabilidad necesaria para probar los últimos audífonos y marcapasos hasta optimizar el rendimiento de pruebas para fabricación de teléfonos celulares y televisión, TestStand ha probado ser el estándar en la industria para automatización de pruebas”. Las empresas pueden utilizar este software como canal de validación y verificación para múltiples tipos de dispositivos electrónicos y en muchas áreas de ingeniería.

2.1.13 LabVIEW

Es un entorno de desarrollo integrado y diseñado para ingenieros y científicos. Es la piedra angular de la plataforma de desarrollo de sistemas de NI. Su estilo de programación es gráfica con el modelo de flujo de datos en lugar de líneas secuenciales de código de texto, permitiendo escribir el código por medio de un diseño

visual, lo cual ayuda al desarrollador, puesto que no se enfoca en sintáxis de programación , sino en la resolución de problemas.

Es muy útil para reducir tiempos en pruebas y brindar análisis de negocio basado en recolección de datos. Además, su diseño permite la incorporación con otro software, ya sea por plataformas de fuente abierta o métodos alternativos de desarrollo, para poder utilizar todas las herramientas requeridas. Posee una arquitectura abierta a la integración de cualquier dispositivo de hardware.

Además NI posee un servicio de soporte por teléfono y correo electrónico con ingenieros certificados, actualizaciones y acceso a formación y capacitación. Según la página oficial de NI: “LabVIEW es el software que usted necesita para desarrollar la solución óptima que puede cumplir con sus requerimientos personalizados y resolver sus retos”. Sin duda alguna, esta herramienta es de sumo valor, calidad y eficacia a la hora de diseñar nuevos procesos de pruebas de una manera confiable y rápida.

Al programar en un entorno unificado, no se invierte tiempo en adquirir experiencia en una variedad de herramientas para lograr el objetivo, ya que se tiene la complejidad de bajo nivel y se integra toda la tecnología que se requiere. Al invertir en un enfoque de plataforma brinda la habilidad de escalar la aplicación para cumplir con los requerimientos, aunque estos sean cambiantes

Se puede conectar con instrumentos autónomos, dispositivos de adquisición de datos, instrumentos de laboratorio, instrumentos modulares y FPGA, hasta con plataformas modulares para adquirir, analizar y presentar datos. Esta herramienta se

integra con casi cualquier hardware de cualquier proveedor en un solo entorno. Además, incluye controladores para todo el hardware de NI y 10.000 controladores de instrumentos para conectarse con dispositivos de otras marcas, interactuando con sus bibliotecas

Por medio de LabVIEW se pueden desarrollar interfaces de usuario amigables para visualizar datos, resultados y comandos de una manera rápida y sencilla. Esto es un requerimiento en todos los sistemas de medidas, pruebas o control. Para ejecutarla se utilizan una extensa serie de controles e indicadores, con las cuales hacen una interfaz flexible y personalizada.

Además, hay una interoperabilidad con código Python, ANSI, C o NET, se integra en un entorno gráfico, de esta manera, crean aplicaciones de control con herramientas especializadas en simulación y modelado. Sin duda alguna, LabVIEW es una herramienta muy apropiada en diseño de pruebas y en producción en serie.

Posee una habilidad para aplicaciones de hilos múltiples, un código escrito en LabVIEW se puede ejecutar en múltiples núcleos al migrar al CPU multinúcleo y esto lo ejecuta sin hacer ningún cambio en el código y sin asignación de hilos manualmente. También se puede usar en paralelo con otro hardware incluyendo FPGAs, GPUs e incluso nubes de cómputo.

Los resultados de las pruebas o mediciones se guardan en cualquier tipo de archivo o formato. Son realmente importantes, para muchas aplicaciones los datos son la inversión, son elementos clave para decisiones de diseño y producción. Recopilan

medidas de vibración, imagen, luz, voltaje, corriente, presión, temperatura, señales de radio frecuencia, sonido, magnetismo, etc.

2.1.14 NI 6501

Es un dispositivo de entradas/salidas de datos, alimentado por USB, el cual brinda una adquisición y control de datos de una manera fiable y económica. Posee protección contra sobretensiones, bajo tensiones o sobre corrientes en cada una de sus entradas y salidas digitales y su contador de 32 bits.

Figura 5. NI 6501



Fuente: Página oficial de National Instruments

Como se muestra en la imagen a los lados del dispositivo están los conectores y consisten en 3 puertos cada uno con 7 líneas, según se necesite se configuran individualmente como entrada o salida, además en el 3 puerto la última línea puede actuar como un contador. La salida de voltaje es de 5V en alto y la referencia para las señales digitales y la alimentación es la tierra (GND).

Por defecto, la configuración de los puertos es en colector abierto, permitiendo 5V de operación, con una resistencia de *pull-up* de 4.7KOhm. Se puede utilizar un resistor externo de *pull-up* para aumentar el manejo de corriente a 8.5mA por línea.

2.1.15 Protocole Daten

También conocido por sus siglas PDM, es un software utilizado en Zollner Electronics como base de datos de resultados. Es una herramienta estadística, muestra tendencias y porcentajes de fallos en producciones o componentes en específico.

Cada tarjeta que pasa por algún proceso de test al ser escaneada, se direcciona con el servidor de trazabilidades y este comunica con el PDM, registrando datos obtenidos en las pruebas.

Figura 6. PDM



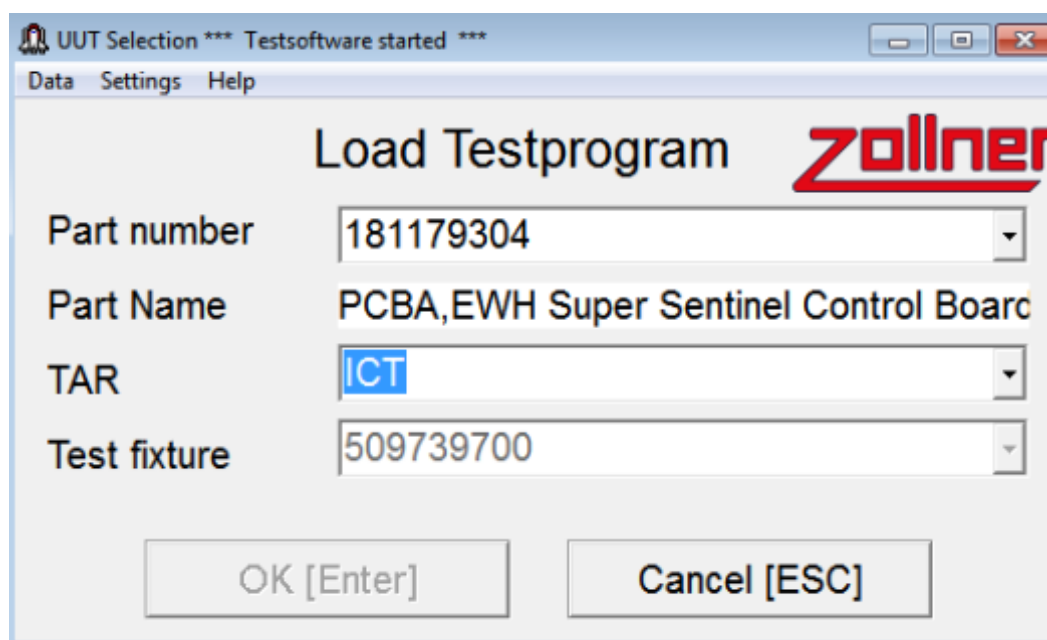
Fuente: Elaboración propia

En la imagen se muestra el panel inicial del programa. A través de él también se pueden hacer validaciones de calidad y en caso de tener alguna queja de parte de cliente, se puede observar al introducir el número de trazabilidad si la tarjeta electrónica pasó exitosamente todos los procesos de pruebas, si alguno no se realizó o si falló.

2.1.16 MCP

La herramienta MCP está destinada al uso de los operadores, para ayudarles en la selección del producto a probar y el proceso a realizarse. Este programa muestra todas las secuencias de prueba disponible, agrupado por cliente y familia del producto.

Figura 7. MCP



Field	Value
Part number	181179304
Part Name	PCBA,EWH Super Sentinel Control Board
TAR	ICT
Test fixture	509739700

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la imagen, en la primer casilla se realiza la selección del número de parte o número SAP, en el segundo espacio aparece el nombre del

producto seleccionado, en la tercera opción se selecciona el proceso a ejecutar y en la última casilla el número del adaptador. Al presionar OK, se descarga del servidor la secuencia elegida y la guarda localmente.

2.1.17 EcoNet Tool

Esta es una herramienta propia del cliente, es un software con el cual se puede tener comunicación con cualquier tarjeta electrónica de Rheem, por medio de ella se pueden enviar comandos al microcontrolador en manera de escritura o lectura, por motivos de confidencialidad no se mostrará una imagen del software.

2.1.18 IO Wiring

Esta es una tarjeta creada por Zollner, en algunas ocasiones se colocan en adaptadores dependiendo de su necesidad. A continuación se muestra una imagen de ella:

Figura 8. IO Wiring



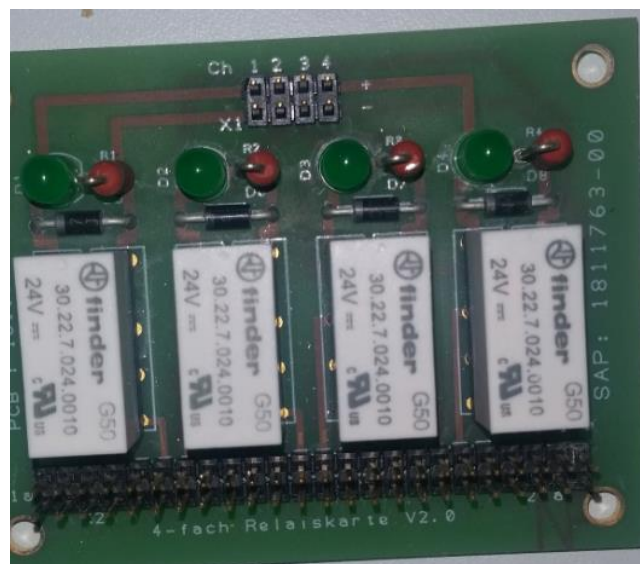
Fuente: Elaboración propia

Esta PCBA se alimenta con 24 Vcd, la terminal de entrada desde P1.0 hasta 1.7 son capaces de recibir una señal de 5Vcd, cuando un voltaje de estos es habilitado en alguno de estos puertos se activará el puerto correspondiente de salida desde IO1 hasta IO8 entregando 24Vcd.

2.1.19 *Four way relay card*

Otra de las tarjetas creadas por Zollner es esta, consta de 4 LEDs que se utilizan como indicadores, con 4 diodos de protección y 4 relevadores. En la siguiente imagen se muestra una de estas PCBA:

Figura 9. Four way relay card



Fuente: Elaboración propia

La función de esta tarjeta es puentear los pines de los relevadores a las terminales del bloque X2. Entonces cuando X1 recibe 24Vcd en algunos de sus

canales (1-4) se activará el relevador correspondiente. Esta PCBA es muy útil para simulación de cargas en un circuito.

2.1.20 VIPRA

Es un software propio de Zollner utilizado en todas las áreas de producción, su función está basada en registrar fallos o problemas en la tarjetas, ya sea debido a mal ensamble, problemas con soldadura, componentes no presentes, etc.

2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Para el proceso de planeamiento se establecerá contactos requeridos para la elaboración del adaptador, así como internamente en Zollner. Se identificarán los costos para la implementación del sistema de prueba y los recursos necesarios para su completa confección.

En la etapa de desarrollo, se realizará la secuencia programada en las herramientas de *National Instruments*, así como la obtención de los comandos del microcontrolador de la tarjeta, además del diseño del diagrama eléctrico del adaptador de pruebas el cual se enviará al agente externo Ingun.

En la implementación se pondrá a prueba el diseño realizado, las conexiones establecidas y la ejecución de la secuencia en TestStand y LabVIEW, por medio de tarjetas Super Sentinel realizando el proceso de prueba completo para la tarjeta electrónica.

Para el proceso de control y evaluación se realizará el MSA estudio 1 como método confiable de validación del adaptador antes de pasar tarjetas de producción en él.

También se comprenderá el análisis de fallos por medio de la herramienta PDM, de esta manera se podrán localizar fallos ya sea en la tarjeta, en el adaptador de pruebas, en el computador o en la secuencia. Se generarán las acciones correctivas o preventivas, dándole un seguimiento hasta su cierre.

Para mantener informado al Departamento de Ingeniería de Pruebas se realizarán por semana los análisis del *First Pass Yield* como reporte cuantitativo del rendimiento del adaptador y las tarjetas en prueba, incluyendo un reporte de acciones tomadas para mejorar el proceso.

2.3 ESTADO DEL ARTE

Los últimos 20 años la tecnología ha avanzado grandemente, y en cuanto al área de PCB, diseños, sensores y pruebas no ha sido la excepción.

Por medio de sensores, es posible tomar medidas del mundo físico y convertirlos al lenguaje digital, luego se procesan las señales y se muestran resultados. En el artículo escrito por Weber (2017) menciona: "Si bien, la tecnología CCD fue la mejor opción para sensores de imagen en aplicaciones de *broadcast* durante muchos años, las últimas generaciones de sensores de imagen CMOS ofrecen ahora una serie de ventajas con respecto a los CCD". Este es un ejemplo de cómo los avances tecnológicos siempre se mantienen en movimiento, lo que hace un año se convirtió en

lo más eficiente y rápido, hoy no lo es, pues las exigencias actuales en ciencia son cada vez mayores.

El artículo publicado por National Instruments [NI] (2016) afirma: “El digitalizador PXI-5124 de alta resolución es un componente clave en el sistema de pruebas de funcionamiento del controlador Xbox360”. Este se hizo por medio de un sistema de pruebas automatizadas basado en Microsoft XP, Microsoft SQL Server, LabVIEW e instrumentos modulares para probar su rendimiento.

Un artículo de National Instruments [NI] (2008) declara: “La instrumentación virtual combina hardware de medición y control de propósito general (o instrumentos modulares) con un software de aplicación definido por el usuario y software controlador (o drivers) para realiza la función de un instrumento tradicional”. Con el avance de la tecnología se requieren sistemas de pruebas cada vez más inteligentes y capaces de validar productos de última tecnología.

2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS

Un proyecto realizado por la empresa Panasonic en mejora de calidad de su computadora portátil fue desarrollado con LabVIEW y PXI. Takeuti Isao [2007] “Reducir el tiempo de prueba de los nuevos lanzamientos de la PC portátil Panasonic *Toughbook*, reducción de la cantidad de consumo de energía y emisiones de dióxido de carbono de la planta de producción”. Este era el reto del proyecto, crear un sistema de prueba más eficiente.

Anteriormente se tenía un sistema de prueba que inspeccionaba tarjetas electrónicas trazando parámetros individuales a instrumentos de caja separados. Conforme seguían desarrollando nuevos parámetros, necesitaban nuevos instrumentos de caja. Esto consumía mucho tiempo, energía y esfuerzo.

En el 2007, utilizaron un sistema propuesto por NI que se adaptaba a las necesidades presentes y futuras. Por ello, desarrollaron un sistema de prueba basado en TestStand, LabVIEW e instrumentación modular PXI.

Este nuevo sistema redujo el tiempo de desarrollo y creó una respuesta detallada a la inspección. El uso de LabVIEW y PXI, ayudó a entender la programación de cada instrumento.

Afirma que: Takeuti Isao [2007]: “La clave para escoger los productos de NI por parte de Panasonic, fue el sistema compacto que incluía todo en uno, con combinación de módulos, la opción de agregar fácilmente características dependiendo de nuestras necesidades y la habilidad de desarrollar un programa que tuviera una interface gráfica intuitiva”. Sin duda, las herramientas que proporciona NI son de gran ayuda en la implementación de sistemas de prueba.

Otro proyecto es el realizado por Ramírez & García-Mochales (2013), donde el objetivo del trabajo era crear un sistema automático de medida, para obtener un gran número de resultados, así como la elección de sus tipos y permitir al usuario la modificación de distintas configuraciones.

Como conclusión a su proyecto declaran: Ramírez & García-Mochales (2013) “La dificultad en esta fase fue la integración de los VIs y que todas las comunicaciones, así como los mensajes se gestionasen correctamente”. Al igual que ellos, en este proyecto sobre un proceso de automatización de pruebas utilizando LabVIEW en el EOL, se logra entender que la herramienta tiene su dificultad y solo con la práctica y la experiencia se obtiene una buena comprensión de ella.

Al igual que otro proyecto, el cual menciona en sus conclusiones: López & Moyón (2011) “Es prescindible que el estudiante tenga un conocimiento básico sobre la programación en lenguaje de desarrollo gráfico (LabVIEW) para que tenga mayor posibilidad de acceder al equipo y poder descubrir la infinidad de aplicaciones que este ofrece”. Ellos desarrollaron un sistema scada para la medición de temperatura con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica.

En todos estos proyectos es requerido cierto nivel de conocimiento, por lo cual se está de acuerdo con las deducciones realizadas por estos autores, que utilizaron el mismo software que el del presente proyecto.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se define como “un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010); hay distintas maneras de realizar su clasificación de acuerdo con su finalidad, dimensión temporal, su naturaleza, marco o su carácter. A continuación, se especifica cada una de estas categorías para este proyecto.

3.1.1 Finalidad aplicada

Muñoz afirma que una investigación teórica es:

Trabajos cuyo método de investigación se concentra exclusivamente en la recopilación de datos de fuentes documentales, ya sea de libros, textos, sitios Web o cualquier otro tipo de documentos gráficos, iconográficos y electrónicos. Su único propósito es obtener antecedentes documentales para profundizar en teorías, leyes, conceptos y aportaciones ya existentes y asentadas en documentos sobre el tema que es objeto de estudio, para luego complementar, refutar o derivar, en su caso, nuevos conocimientos (Muñoz C., 2011).

Con respecto a lo anteriormente planteado, la investigación teórica se encuentra basada en la agrupación de material escrito físico o digital, para tener antecedentes de algún tema y así complementar u obtener nueva información.

También Muñoz explica la investigación de campo o práctica de esta manera:

Son las investigaciones cuya recopilación de información se realiza dentro del ambiente específico donde se presenta el hecho o fenómeno de estudio. En la realización de estas tesis, se utilizan los métodos de investigación específicos

para la disciplina de estudios y también se diseñan ciertas técnicas e instrumentos para recabar información en el medio donde interactúa el fenómeno bajo estudio. Para la tabulación y el análisis de la información obtenida, se utilizan métodos y técnicas estadístico matemáticos que ayudan a concentrar, interpretar y obtener conclusiones formales, científicamente comprobadas (Muñoz C., 2011).

Estas investigaciones prácticas como se menciona se realizan en ambientes determinados por el tema en desarrollo, para su estudio se utilizan instrumentos o herramientas especiales para obtener información la cual se tabula y se analiza matemáticamente para obtener conclusiones.

El tercer tipo de investigación es la mezcla entre la investigación documental y la de campo, donde Muñoz afirma:

Son tesis en cuyo método de recopilación y análisis de datos se conjunta la investigación documental con la de campo, con la finalidad de profundizar en el estudio del tema propuesto para tratar de cubrir todos los posibles ángulos de una exploración. Al aplicar ambos métodos se pretende consolidar los datos y los resultados obtenidos. Así, en este caso, se parte de la recopilación de información documental para fundamentar los antecedentes del fenómeno en estudio, y con base en ellos, se diseñan los métodos de investigación e instrumentos de recopilación que se aplicarán directamente en el campo donde se presenta el hecho a investigar. En la tabulación y el análisis de información se utilizan métodos estadísticos matemáticos que coadyuvan a fundamentar el análisis y las conclusiones obtenidas (Muñoz C., 2011).

Como se menciona anteriormente, se parte de documentos existentes como fundamento de los antecedentes del tema en desarrollo, y a partir de este, se realizan las herramientas e instrumentos para aplicarlos en el fenómeno estudiado, luego la información se tabula.

Dados los tres tipos de investigaciones, se concluye que esta tesis pertenece a la combinación de la investigación tipo documental con la de tipo práctica, pues primeramente se realizará una recopilación de información obtenida en el proceso de prueba del final de línea, luego se ideará un instrumento con el cual se mejore esta etapa de producción.

3.1.2 Dimensión temporal

Esta investigación tiene una dimensión temporal de carácter transversal. Pazos & Gutiérrez (2011) afirman: “Los diseños de investigación transaccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede”.

En este proyecto, esa fotografía de la cual hablan Pazos y Gutiérrez se refiere al análisis de la producción utilizando un método de prueba de Final de Línea poco confiable e inadecuado, provocando problemas de calidad, tiempos de pruebas altos y daños en el adaptador de prueba.

3.1.3 Marco

- Micro: el desarrollo de este proyecto es dirigido a los estudiantes de electrónica, para que aumente su conocimiento en esta rama de ingeniería relacionada con pruebas de tarjetas electrónicas.
- Macro: se dirige a la empresa Zollner ubicada en Costa Rica, y a los empleados relacionados con la producción del cliente Rheem.
- Mega: la implementación de este proyecto será de beneficio a las otras sedes de Zollner ubicadas en Estados Unidos, Asia y Europa, pues se puede tomar este diseño como base para desarrollo de pruebas de tarjetas electrónicas semejantes a Super Sentinel.

3.1.4 Naturaleza

Con respecto a la naturaleza de una investigación Pazos y Gutiérrez afirman:

La ciencia ha desarrollado la investigación desde diferentes corrientes y enfoques, sin embargo, los que prevalecen desde inicios del siglo XX son el cuantitativo y el cualitativo, los cuales tienen características particulares y funcionan de modos diferentes. Ha habido también quienes los han considerado irreconocibles, no obstante, ha quedado demostrado que pueden ser complementarios en algunos estudios.

1. El enfoque cuantitativo: este tipo de investigación se halla relacionado con los experimentos, las encuestas de preguntas cerradas, la recolección de datos y la medición estandarizada. El investigador, en este caso, establece la hipótesis,

mide las características o condiciones analizadas con técnicas estadísticas. Se le considera absolutamente objetivo.

2. El enfoque cualitativo: este enfoque ha sido muy utilizado en investigaciones relacionadas con las disciplinas sociales, pues se halla impregnado del matiz de subjetividad de los participantes considerando que los datos estarán influenciados por su experiencia y prioridades. Se basa en la observación de los actores de una situación y la descripción como recolección de datos sin medición numérica, pues tiene la finalidad de conocer la realidad, para realizar un análisis bajo ciertas reglas lógicas, partiendo del “patrón cultural”; es decir, hay una sola manera de entender los hechos. Se suele recoger los datos por medio de entrevistas abiertas, discusión de grupos, interacción con comunidades en ambientes naturales; también, introspección, evaluación de experiencias personales, inspección de historias de vida, análisis de discursos, etc.” (Pazos & Gutiérrez, 2011).

Dada la explicación anterior se puede definir este proyecto como una investigación de tipo cuantitativo, pues todo su análisis está basado en cantidades numéricas y estadísticas, desde costos, tiempos y cantidades de tarjetas. Así como los fallos presentes en las tarjetas de producción, mostrarán resultados numéricos en sus respuestas.

3.1.5 Carácter

Referente a las investigaciones descriptivas Hernández menciona:

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (Hernández, 2010).

Según el concepto citado anteriormente, el proyecto es de tipo descriptivo pues se describe el funcionamiento de lo que la prueba de final de línea realiza y se analiza el contexto con el que se está desarrollando la prueba y actividades ejecutadas por el departamento de pruebas. Además, describe elementos técnicos que sustentarán la creación del diseño.

También en cuanto a la investigación experimental Muñoz afirma “El objetivo de estas tesis es reproducir un fenómeno dentro de un ambiente específico de pruebas e ir modificando diferentes elementos para observar qué sucede con el fenómeno” (Muñoz Razo, 2011). Por lo tanto, este proyecto es de carácter experimental y de esta manera mixto, pues se realiza la implementación de un sistema automatizado de pruebas que disminuye los tiempos del proceso de final de línea. Asimismo, luego se realizará el diseño, la programación y las pruebas del sistema.

3.2 METODOLOGÍA PARA PROPUESTAS DE MEJORA

El desarrollo de esta sección constituye el respaldo metodológico principal de la propuesta de implementación de este proyecto. El fundamento primordial para el éxito de cualquier proyecto estriba en diseñar una estrategia eficaz que permita alcanzar los

objetivos generales y específicos, por lo que este estudio se realizó a partir de conocer el proceso dado a la tarjeta Super Sentinel, específicamente en la etapa de EOL.

La población serán las tarjetas Super Sentinel en el proceso de final de línea. Pazos & Gutiérrez (2011) afirman: “Una población constituye el universo total sobre el cual se hace la investigación y puede estar conformada por comunidades, grupos, personas, situaciones, organizaciones, etc.” Esto implica que la población es el “todo”, sobre lo cual se apunta en recolección de datos.

La muestra es tomada de manera probabilística, pues todas las PCBA que conforman el subgrupo tienen la misma posibilidad de ser escogidas y es esencial porque se recogen los datos para analizarlos estadísticamente. El procedimiento para llevar a cabo la selección se hará por medio de números alternativos.

Los instrumentos para la recolección de datos serán dos, será una tabla indicando número de trazabilidad y tiempo de duración al ejecutarse la prueba para una tarjeta en el EOL, se tomarán muestras de los 3 distintos turnos de trabajo en Zollner, así como a distintas personas que ejecuten la prueba. Luego que el proyecto esté realizado la muestra se tomará por medio del software PDM, con el cual se podrá ver estadística y tiempos del proceso de EOL.

Para implementar la propuesta de este proyecto se realizarán 3 etapas, las cuales son la realización de un diagrama eléctrico del adaptador de pruebas, la creación de la secuencia basada en las herramientas de National Instruments TestStand y LabVIEW y la fase de pruebas donde se realiza la validación de la

construcción del adaptador y la secuencia elaborada para el cual se ejecutará una prueba piloto con una tarjeta de Super Sentinel, simulando el proceso de EOL a ejecutarse en producción. Esta PCBA es llamada *Golden Sample* y es utilizada para validaciones del adaptador y realizar pruebas de calidad. También se realizará la prueba de MSA para validar la estabilidad y repetición del final de línea.

3.3 METODOLOGÍA PARA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO

El proceso de verificación y validación se realizará por medio de un MSA, el cual constará de una parte: el estudio uno. Este es un requerimiento por parte del departamento de calidad.

El estudio uno está formado de 50 pruebas del EOL a una misma tarjeta, la cual será la PCBA *Golden Sample*, esta cantidad de resultados los cuales se registran en archivos .txt, se recolectan por medio de PDM, de esta manera, si el resultado es positivo son enviados al correo del ingeniero de calidad para que proceda los datos a analizar de la misma manera si el resultado es positivo, se libera la prueba para que pueda pasar producción en ella.

Este proyecto será utilizado a lo largo del tiempo, ya que es uno de los pasos más importantes en la manufactura del producto. Las personas responsables en Zollner Costa Rica para que esta solución propuesta permanezca a lo largo del tiempo son los técnicos del área de soporte, pues cuando la tarjeta electrónica de Super Sentinel se produzca, ellos son los responsables de colocar el adaptador de pruebas en la estación del EOL, y si no lo hicieran el producto no podrá ser exportado. Los ingenieros de

prueba en el área de soporte también son responsables de que el proceso se esté llevando adecuadamente por medio del adaptador de pruebas.

Como método de seguimiento, se aplicará un proceso existente en Zollner para cada adaptador de prueba, el cual consiste en una estadística por medio de la herramienta PDM, la cual muestra el porcentaje de FPY, el cual es un indicador de cuántas tarjetas pasaron la prueba exitosamente a la primera vez de ser probadas. El grupo de tarjetas que fallen, se podrán analizar y verificar si el problema son las PCBA o el adaptador de prueba.

Para mantener la propuesta de mejora y que no se frustre a lo largo del tiempo, es necesario un buen uso del adaptador, un buen manejo de la secuencia por parte de los ingenieros y que periódicamente el adaptador reciba un adecuado mantenimiento.

CAPÍTULO IV.

DIAGNÓSTICO

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A continuación, se involucran los hechos ordenados sistemáticamente que permiten juzgar mejor qué es lo que está pasando, para evaluar la naturaleza de la situación y qué consecuencias puede conllevar.

Las tarjetas electrónicas Super Sentinel al ser ensambladas en la línea de producción SMT y en THT, pasan a las etapas de pruebas de ICT, programación, FCT y el final de línea. En esta última, el proceso se ha realizado informalmente por previas cotizaciones entre Zollner y el cliente, las cuales no incluían la prueba de EOL. Por lo tanto, no existía un adaptador de pruebas para validar producción en alto volumen.

A continuación, se describen los pasos realizados actualmente para la prueba de final de línea para las tarjetas Super Sentinel:

1. El técnico abre el programa EcoNet tool, el operador toma una PCBA de la caja de producto entrante, en una casilla de una hoja de Excel referente a unidades probadas se escanea el código de trazabilidad indicando que la tarjeta se probó por el EOL.
2. Se le coloca una lámina plástica blanca al producto en su parte trasera, la cual es parte del ensamble del producto y protege en cierta manera al operador.
3. Se realizan las conexiones. Actualmente se utiliza un sistema muy sencillo, como se puede apreciar en la imagen siguiente, solo requiere de

un cable AC de alimentación que se conecta a 230Vac de la estación de trabajo, y en sus salidas tiene cables con conectores que se colocan en la tarjeta de Super Sentinel. Además, la tarjeta de color rojo tiene algunas resistencias de carga.

Figura 10. Adaptador actual de pruebas



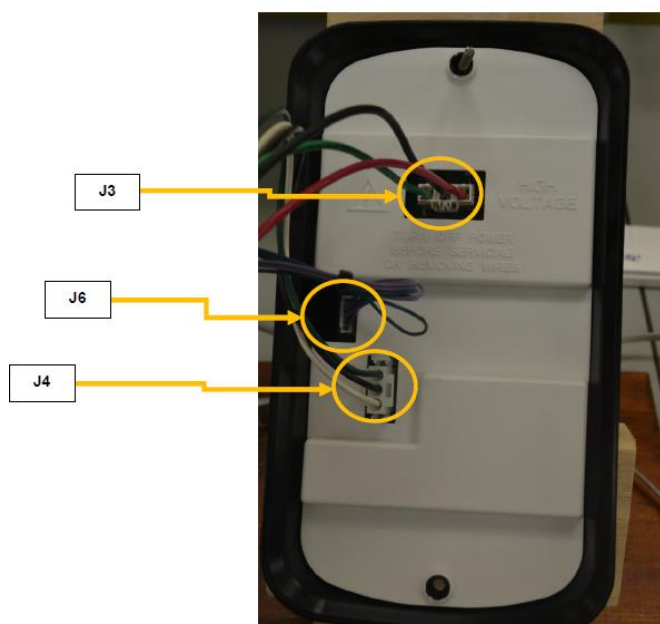
Fuente: Zollner Electronic

Como se observa en la imagen anterior, es evidente el peligro que corre el operador, pues el sistema se alimenta con 230Vac y no se encuentra bien protegido, es solo un prototipo con el cual sólo se deberían realizar pruebas iniciales de depuración ejecutadas por ingenieros.

La conexión hacia la PCBA se hace en la parte trasera, se realiza por medio de los conectores J3, J4 y J6. Este último en especial consta

de 6 cables finos y en el momento de desconectarlo no se tiene un buen agarre del conector, por lo que en ocasiones se necesita jalar los cables para desenchufarlo, este proceso de conexión y desconexión se debe hacer para todas las tarjetas de producción, lo cual ocasiona daños en los conectores.

Figura 11. Vista trasera Super Sentinel



Fuente: Zollner Electronic

Como se puede observar en la figura anterior, los conectores J3 y J4 son líneas de alimentación hacia la tarjeta electrónica y el conector J6 tiene conexión con resistencias que simulan sensores y otros dispositivos que se conectarán en un ensamble final junto con la tarjeta Super Sentinel.

En el lado derecho de la PCBA, se realiza la conexión con el conector RJ12, el cual se utiliza para comunicar la tarjeta con la computadora por medio de un convertidor USB-RS485. A continuación se muestra el lugar de conexión con este conector:

Figura 12. RJ12 Super Sentinel



Fuente: Zollner Electronic

4. Ejecución manual de la prueba. Luego de realizar todas las conexiones, el operador utiliza una guía en forma de cuadro donde se muestran los comandos que se deben ejecutar en manera de escritura o de lectura, para ejecutar esta prueba manual, también utilizan el software del cliente EcoNet Tool, sin embargo, es una tarea complicada para el operario que no está relacionado con este software y la cantidad de comandos que se

deben comunicar en esta prueba es de un número considerable. A continuación se muestra parte de la herramienta EcoNet Tool:

Figura 13. Comandos EcoNet Tool

Name	Description	Value
LCD_SEGS	LCD Segment Cmd String	*OFF
LCDALLON	LCD Segment - All On	No
LCD_PWM	LCD Backlight Intensity	25%
KEY_UP	Key Up Pressed?	No
KEY_DOWN	Key Down Pressed?	No
KEY_MODE	Key Mode Pressed?	No
KEY_BACK	Key Back Pressed?	No

LCD_SEGS	LCDALLON	LCD_PWM	SAFETTMP	Upload All
KEY_UP	KEY_DOWN	KEY_MODE		Load List
KEY_BACK	HEATCTRL			Save List
				Data Logging
				Remove Selected
				Clear Object Names List

Fuente: Elaboración propia

Como lo indica la figura anterior, en la primera columna se presentan los nombres de los comandos, la segunda columna presenta la descripción, la tercera columna el valor, es ahí donde se lee o se escribe al microcontrolador el valor deseado y donde los operadores verifican valores. Como se puede apreciar a simple vista, es complicado y es un proceso en el que se depende a 100% de la persona que realiza la prueba y además técnico, no tanto como el trabajo que debe realizar un operador, pues se deben tener conocimientos en electrónica.

A continuación se muestra la tabla con la que el operador se guía a la hora de realizar la prueba manual, la columna izquierda muestra el comando que se comunica con el microcontrolador y en el lado derecho lo que se desea realizar ya sea leer o escribir algún dato.

Tabla 2. Comandos EcoNet Tool

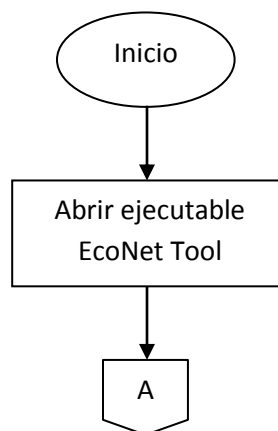
Comando	Ejecución
SW_VERSN	Verificar la versión de software WH-ELEC-E3-01-38
KEY_BACK	Comprobar que al pulsar el boton Back el estado “No” cambie a “Yes”
KEY_DOWN	Comprobar que al pulsar el boton Down el estado “No” cambie a “Yes”
KEY_UP	Comprobar que al pulsar el boton Up el estado “No” cambie a “Yes”
KEY_MODE	Comprobar que al pulsar el boton Mode el estado “No” cambie a “Yes”
LED_SEGS	Escribir en el espacio indicado del comando “XXXX”, pulsar Write y comprobarlo en el display de la PCBA
LED_SEGS	Escribir en el espacio indicado del comando “8888”, pulsar Write y comprobarlo en el display de la PCBA
LCDALLON	Cambiar la opción “No” por “Yes” y luego pulsar Write
DEFAULTS	Cambiar la opción “No” por “Yes” y luego pulsar Write
RESETDEV	Cambiar la opción “No” por “Yes” y luego pulsar Write
AVERAGE	Verificar el valor en “128”
WHTRENAB	Verificar estado en “Disabled”
WHRSETP	Verificar lectura en “120F”
OFF_TIME	Verificar lectura en “30sec”
DRY_FIRE	Verificar lectura en “Yes”
HIGHTEMP	Verificar estado en “No”
FORCEOVR	Verificar estado en “No”
ALRMALRT	Verificar valor en “0”
ALARMH01	Verificar espacio vacío

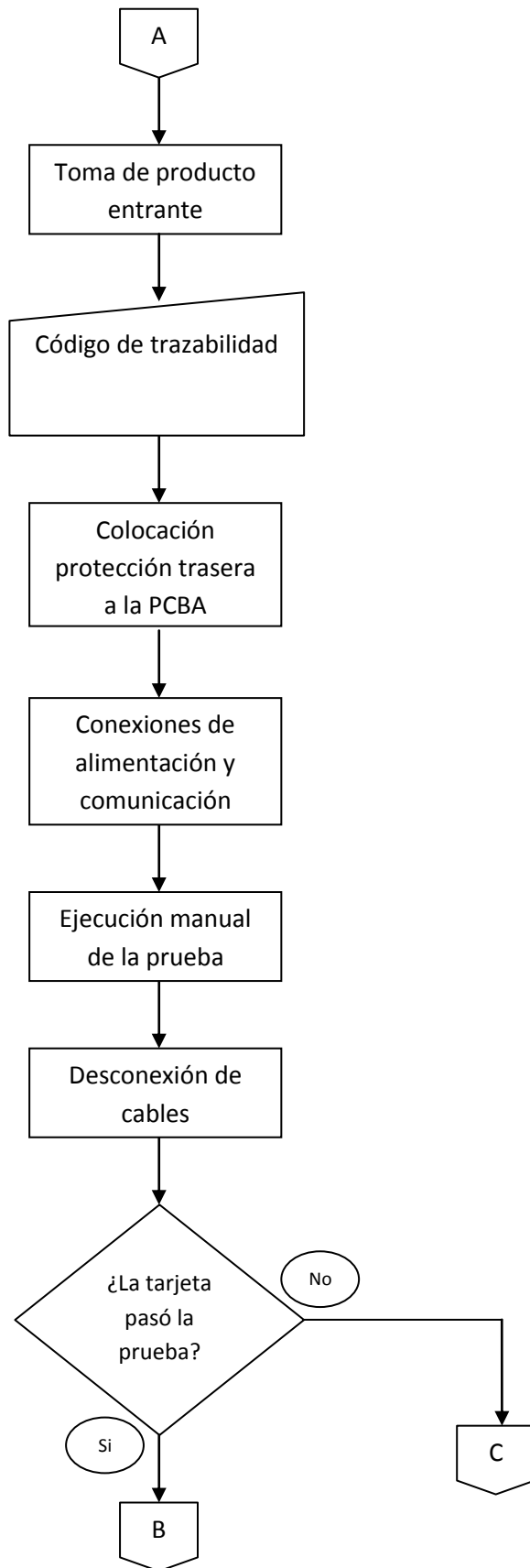
Fuente: Elaboración propia

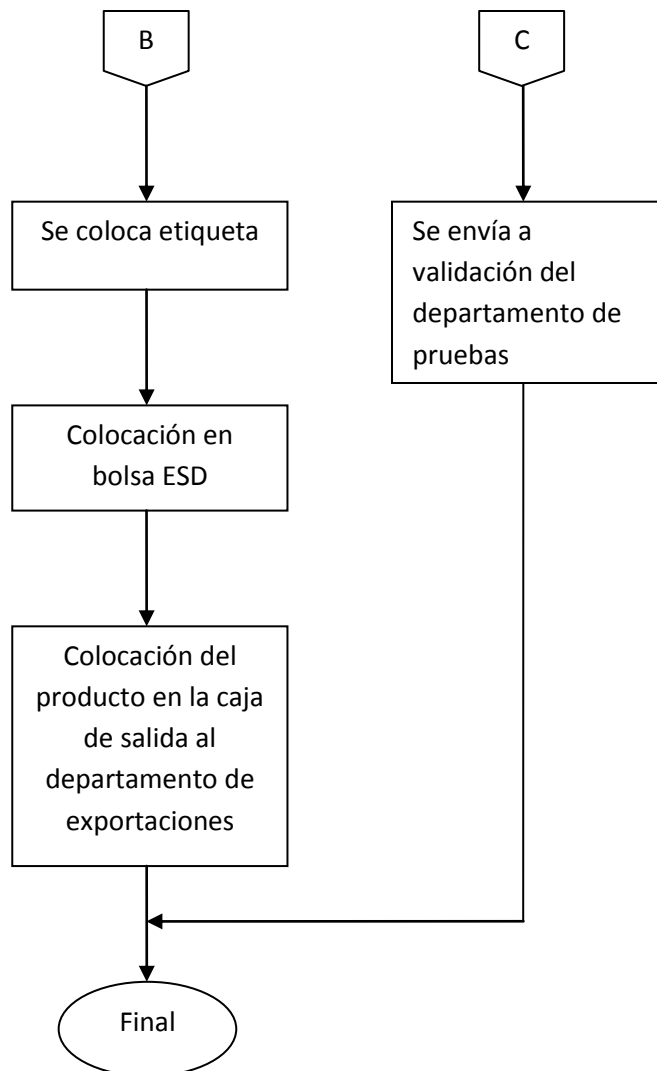
5. Desconexión de los cables de alimentación y comunicación que están pegados a la tarjeta Super Sentinel.
6. Si la tarjeta pasó la prueba exitosamente, se coloca una etiqueta que pertenece a un rollo anteriormente impresas y la unidad de Super Sentinel se envuelve en una bolsa ESD y se coloca en una caja de unidades listas para importarse. Si la PCBA falla el test, se coloca en una caja para validación por parte de ingeniería y técnicos.

El siguiente diagrama de flujo representa el proceso actual desde que el operario toma una tarjeta Super Sentinel de la caja ESD de entrada al proceso, hasta que se concluye la prueba de EOL y se destina el producto a una caja de salida o a validación.

Figura 14. Diagrama de Flujo proceso EOL actual







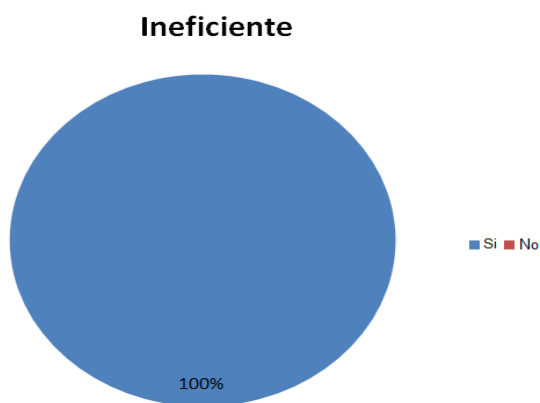
Fuente: Elaboración propia

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

Debido a la problemática presente en el proceso de final de línea para Super Sentinel, se optó por una entrevista como medio para la recolección de datos. Las personas entrevistadas fueron 3 ingenieros y 4 técnicos del departamento de pruebas en Zollner Electronic Costa Rica, ellos son los que se encargan de dar soporte a la producción de Rheem en el área de pruebas. Como instrumento se utiliza el cuestionario conformado por 5 preguntas cerradas.

1. ¿Considera usted que el proceso de final de línea de Super Sentinel, es ineficiente?

Gráfico 1. Resultado de la encuesta pregunta #1



Fuente: Elaboración propia

2. ¿Cree que el proceso actual es correcto para validar producción en altos volúmenes?

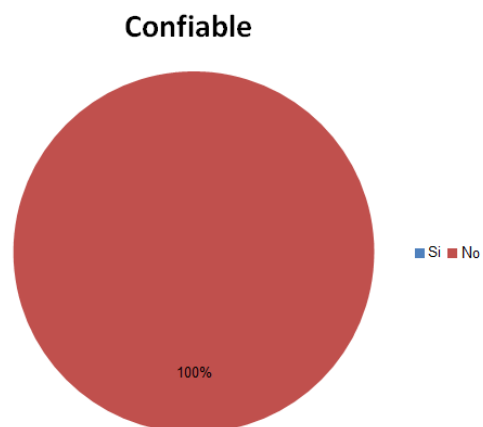
Gráfico 2. Resultado de la encuesta pregunta #2



Fuente: Elaboración propia

3. ¿Cree que actualmente es un proceso confiable?

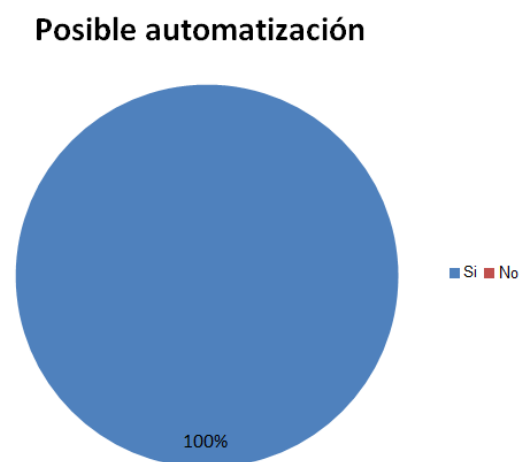
Gráfico 3. Resultado de la encuesta pregunta #3



Fuente: Elaboración propia

4. ¿Se podría automatizar la prueba?

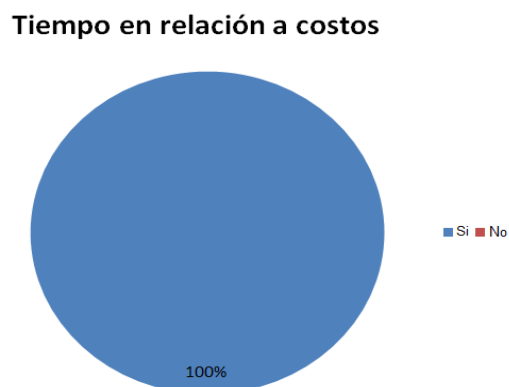
Gráfico 4. Resultado de la encuesta pregunta #4



Fuente: Elaboración propia

5. ¿Entiende la importancia del tiempo de prueba en relación con los costos?

Gráfico 5. Resultado de la encuesta pregunta #5

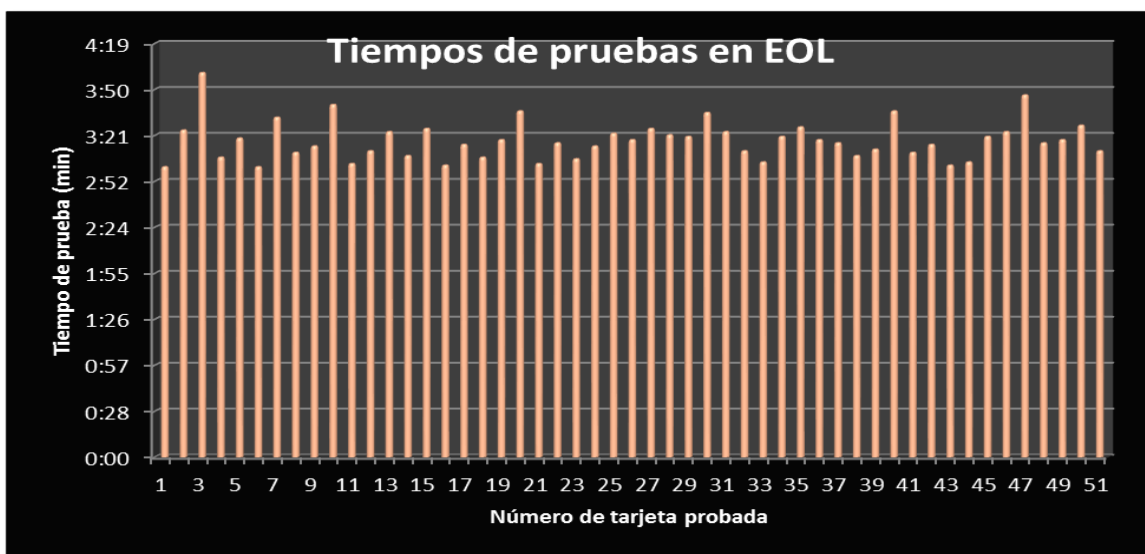


Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuestionario anterior, la respuesta de los ingenieros y los técnicos fue la misma, esto evidencia la problemática existente en el área. Se encuentra un sentimiento mutuo, que el adaptador actual no es eficiente ni tiene la capacidad para validar tarjetas de Super Sentinel en altos volúmenes, además que no es confiable y que es un proceso el cual se podría automatizar. También todos tienen la conciencia que el tiempo de prueba consiste en dinero que el cliente tiene que pagar, por lo tanto, entre menos se le cobre al cliente por el proceso hace que Zollner sea más atractivo ante la competencia. La hoja del cuestionario es adjuntada en el anexo 1 (Encuesta de valoración.pdf).

Además, también se hace una recolección del tiempo total por tarjeta testeada en el proceso de EOL, la información completa se encuentra en el anexo 2 (Tiempos de prueba.pdf). A continuación, se muestra un gráfico con la información obtenida.

Gráfico 6. Tiempos de prueba actuales en el EOL



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica anterior se puede comprobar que, con la muestra obtenida, el tiempo de prueba ronda entre los 3:00 min y los 3:15min. Este tiempo consta de los 6 pasos que abarca el proceso. Es un tiempo bastante considerable, además hay algunas tarjetas que por dificultad a la hora de realizar conexiones se extiende un poco más como es el caso de la PCBA #3, que abarcó un tiempo de 4:01min. De esta muestra el proceso más rápido fue el de la tarjeta número 6, el cual duró 3:02 minutos.

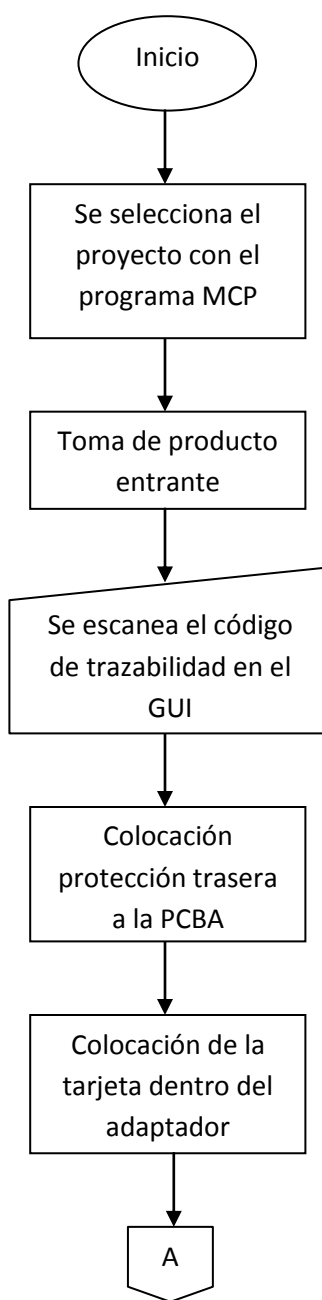
4.3 DESARROLLO DE PROTOTIPO

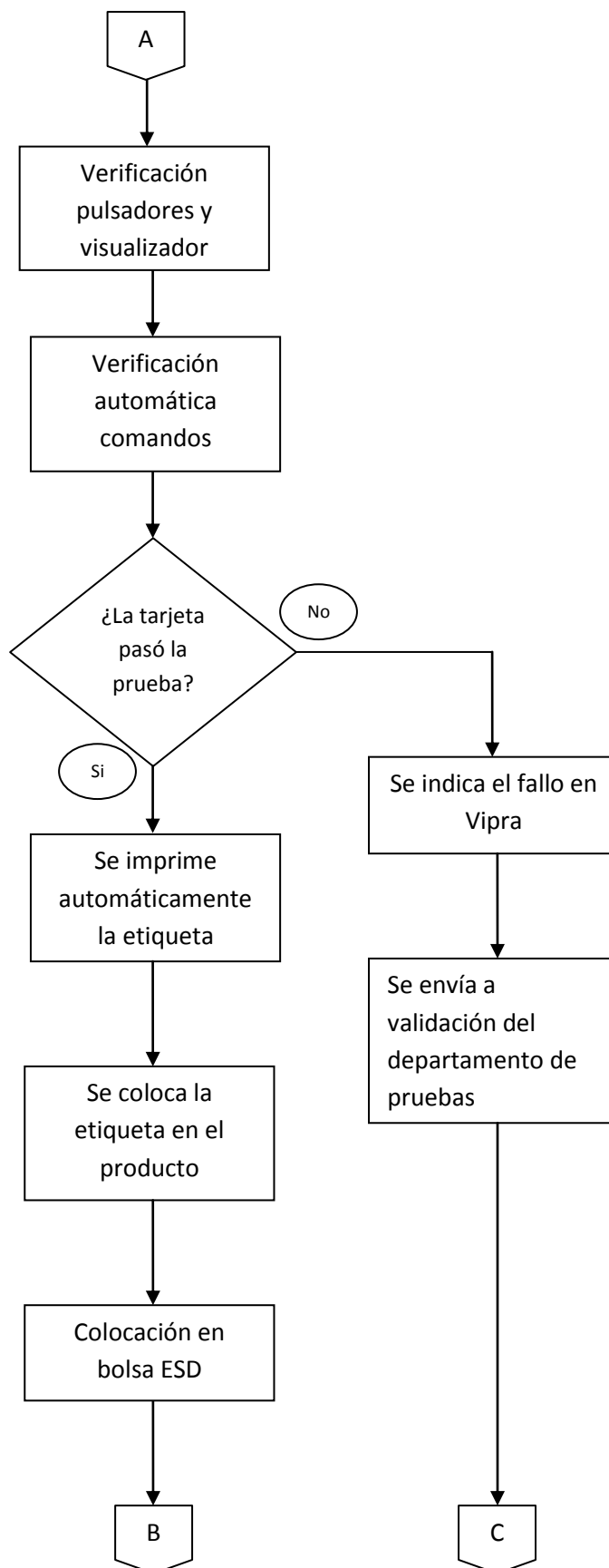
Por medio de un adaptador de pruebas adecuado, el proceso de EOL se realizará de una manera más segura, eficiente y sencilla para el operario. Además se seguirán los estándares de prueba requeridos por el cliente y realizados por Zollner. Se guardarán los datos en una base de datos llamada PDM, la prueba se reducirá en gran manera por medio de la automatización de las herramientas de National Instruments, el

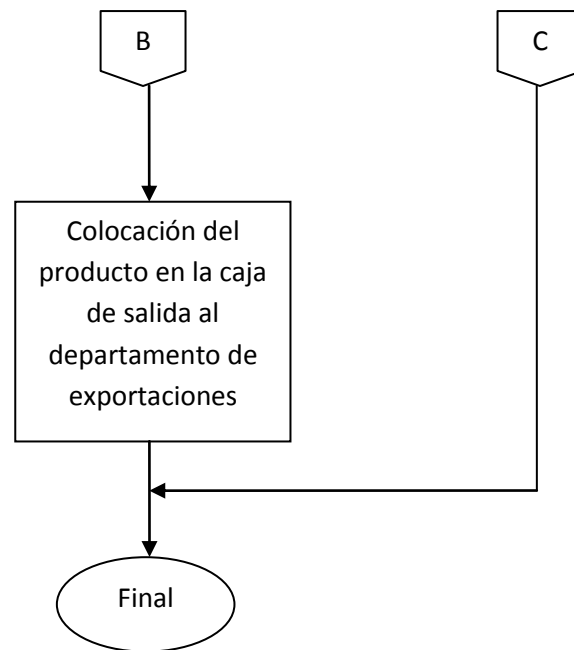
operador ya no conectaría ningún cable y trabajaría con una interfaz para operarios basada en LabVIEW.

A continuación se muestra un diagrama de flujo con el nuevo proceso a desarrollar:

Figura 15. Diagrama de flujo proceso EOL a desarrollar







Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el diagrama anterior la prueba se automatiza, el operario no tendrá que colocar conectores y la etiqueta se imprime automáticamente si la tarjeta pasa la prueba. Además los resultados quedan guardados en PDM, por lo tanto si la PCBA falla la prueba se registra el error en el software VIPRA para que los técnicos analicen los fallos y se realicen cambios de componentes. También el tiempo de prueba se reduce, ya que hay menor manipulación del operario.

CAPÍTULO V

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

En este capítulo se desarrolla el diseño y la implementación del proyecto, se explica cada una de sus fases, a partir de la teoría y la información documentada en los capítulos anteriores.

Primeramente, se muestra el diseño del circuito eléctrico del adaptador, con la explicación de cada funcionamiento de sus componentes, seguidamente el desarrollo de la secuencia en TestStand y LabVIEW, además de la toma de comandos con la herramienta EcoNet Tool. Luego el tema de pruebas realizadas con este nuevo adaptador, validando su funcionamiento y verificando que los valores obtenidos sean los correctos.

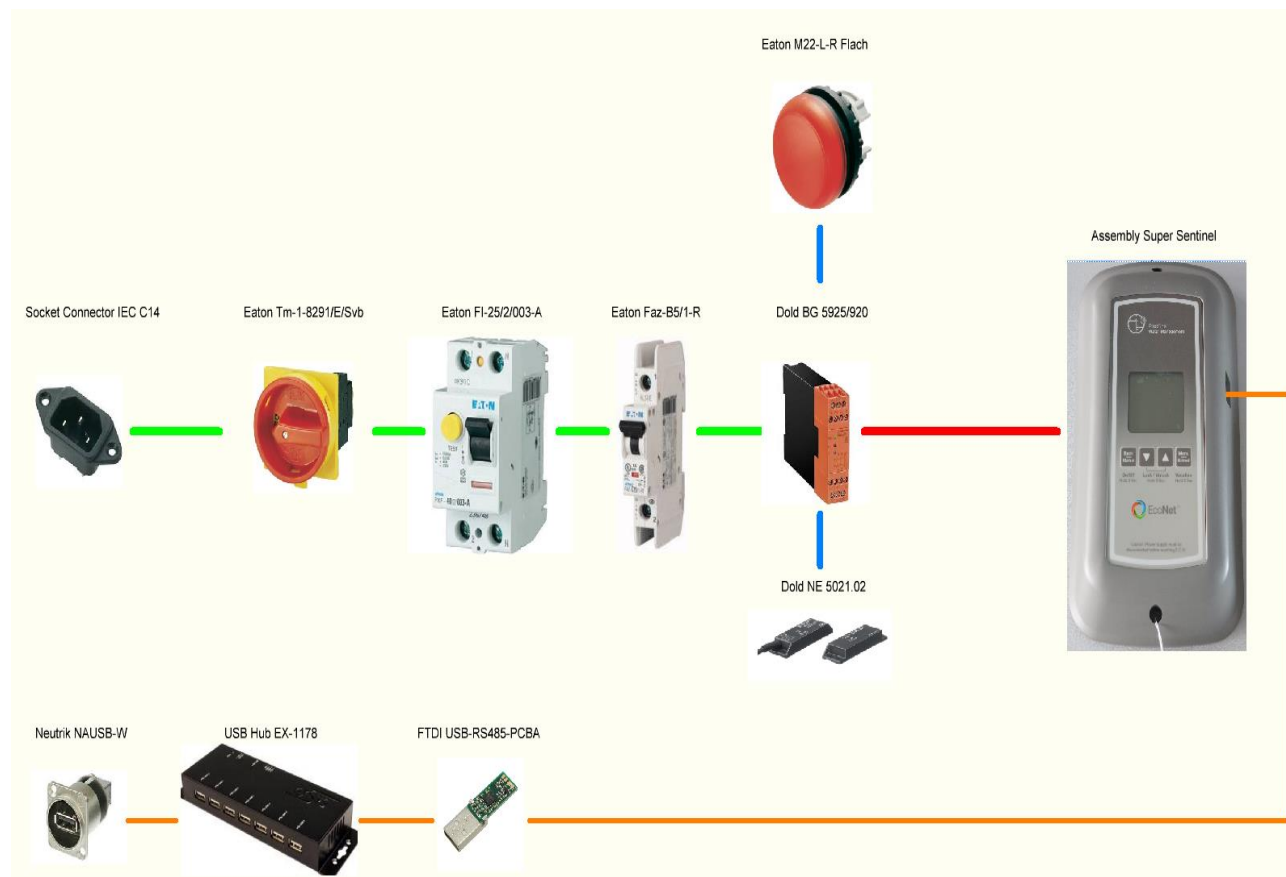
Finalmente, se muestra un análisis del costo-beneficio del proyecto, en el cual se va a demostrar si el desarrollo de este nuevo sistema es factible desde el punto de vista económico para Zollner y el cliente Rheem.

5.2 DISEÑO DEL DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL ADAPTADOR

En esta sección, se explica a detalle las distintas partes que conforman del diseño del nuevo sistema de pruebas para el final de línea para la tarjeta Super Sentinel, se muestran imágenes del diagrama y de los dispositivos reales, este adaptador fue diseñado con el software de diseño Splan. Por motivos de que el diagrama es muy extenso, se muestran sectores del circuito eléctrico con su debida explicación, pero el diagrama completo se encuentra en el anexo 3 (Diagrama Eléctrico.pdf).

5.2.1 Concepto básico del adaptador

Figura 16. Concepto básico del adaptador

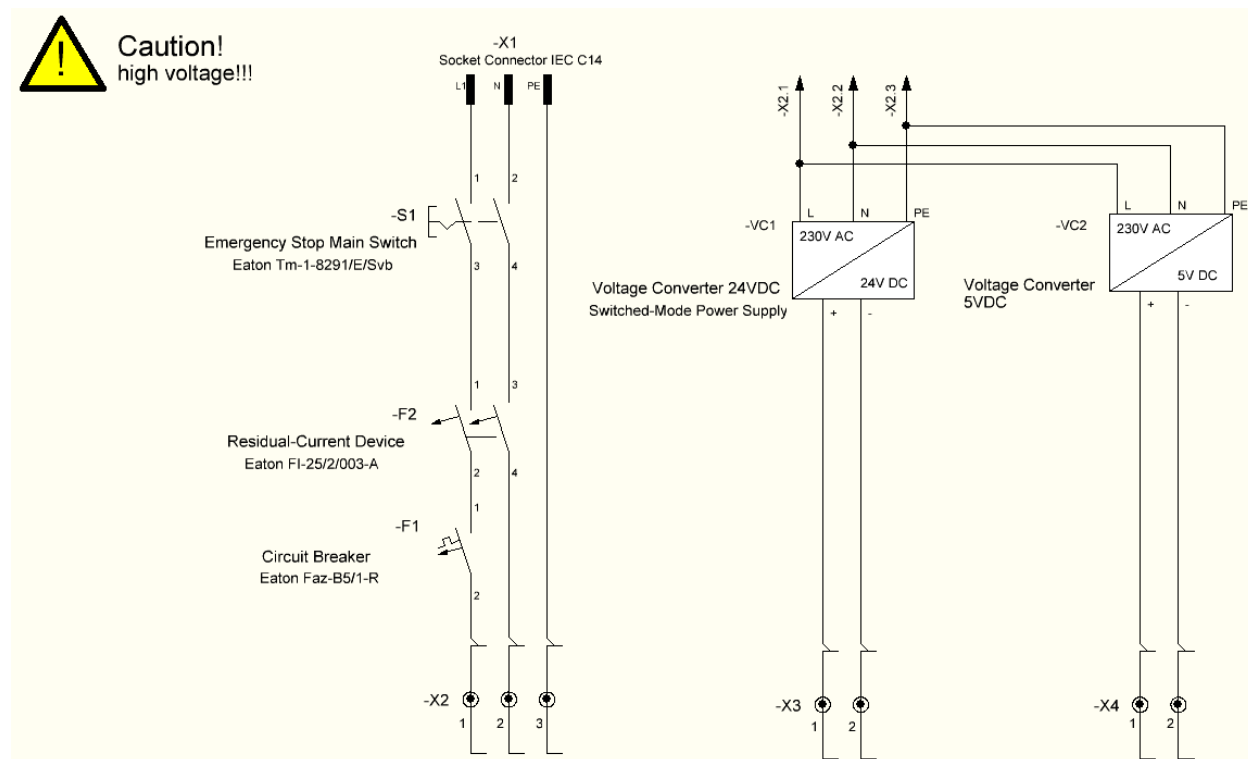


Fuente: Elaboración propia

Esta es una referencia de cómo el adaptador funciona, desde que recibe su voltaje de alimentación, pasando por dispositivos de seguridad, luego cuando la tensión llega a la PCBA para encenderla y por último la comunicación desde la unidad a testear hasta un USB que ayuda a comunicar el equipo con la PC. Esta es una vista muy general, pero a continuación se explica con detalle cada uno de estos mecanismos y su conexión.

5.2.2 Concepto de seguridad

Figura 17. Concepto de seguridad 1

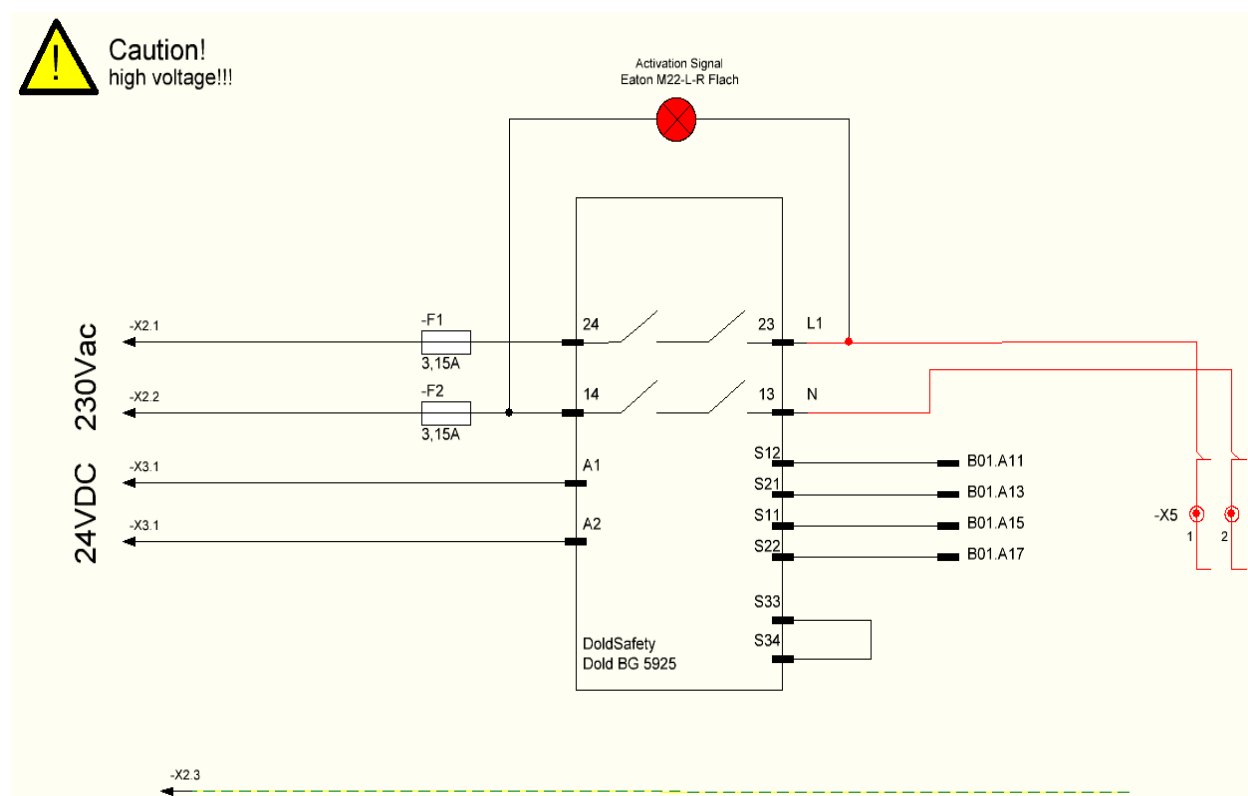


Fuente: Elaboración propia

El adaptador de pruebas funciona recibiendo 230Vca a 60Hz de la acometida (L1-N-PE), por lo tanto, en el diseño se incluyen instrumentos de protección contra cortos circuitos o altos picos de corriente como el S1 (Botón principal de parada de emergencia), el F2 (dispositivo de corriente residual) y el F1 (disyuntor). Luego que la tensión pasa por estos 3 dispositivos de seguridad se llega a la zona nombrada como X2 aquí el voltaje se envía a dos convertidores de voltaje llamados VC1 y VC2, los cuales convierten el voltaje alterno en directo en valores de 24Vcd y 5Vcd, estos se

utilizan para alimentar otros dispositivos internos en el adaptador como es el Hub y el relevador de seguridad.

Figura 18. Concepto de seguridad 2



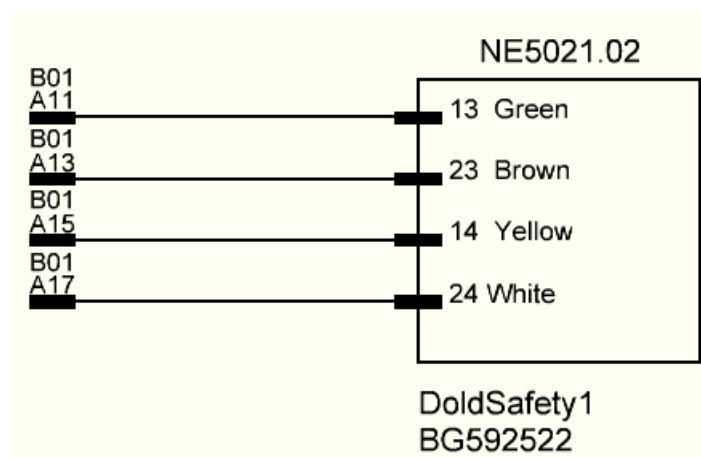
Fuente: Elaboración propia

De la Sección X2 también se toma tensión para enviarla a los *switches* de entrada del relevador de seguridad Dold. Para energizarse recibe en A1 y A2 24Vcd del convertidor VC1, en las entradas (24 y 14) toma los 230Vac que antes pasan por medio de dos fusibles de 3.15A, se eligen estos amperajes porque la tarjeta consume menos de esto según la especificación del cliente y estos fusibles los tiene el adaptador de Rheem con el que se hacían las pruebas anteriormente. Se incluye un indicador rojo

entre la entrada 14 y la salida 23 para mostrar de manera sencilla y rápida si los 230Vca están siendo enviados a la PCBA.

Como se observa en la imagen anterior, la salida del relevador de seguridad es dirigida a 23 y 13, los cuales envían la tensión a la zona llamada X5 (solo por referencia). S33 y S34 se unen en un puente, estos son utilizados en otras aplicaciones con botoneras, pero no es el caso para el uso de este proyecto. S12, S21, S11 y S22 reciben las señales del *pylon block* que vienen del sensor magnético, el cual indica si la cubierta del adaptador ha sido cerrada o continúa abierta, en el caso que estuviera abierta, los dos *switches* internos del dispositivo Dold se mantendrían deshabilitados y no permitiría el paso de voltaje.

Figura 19. Concepto de seguridad 3



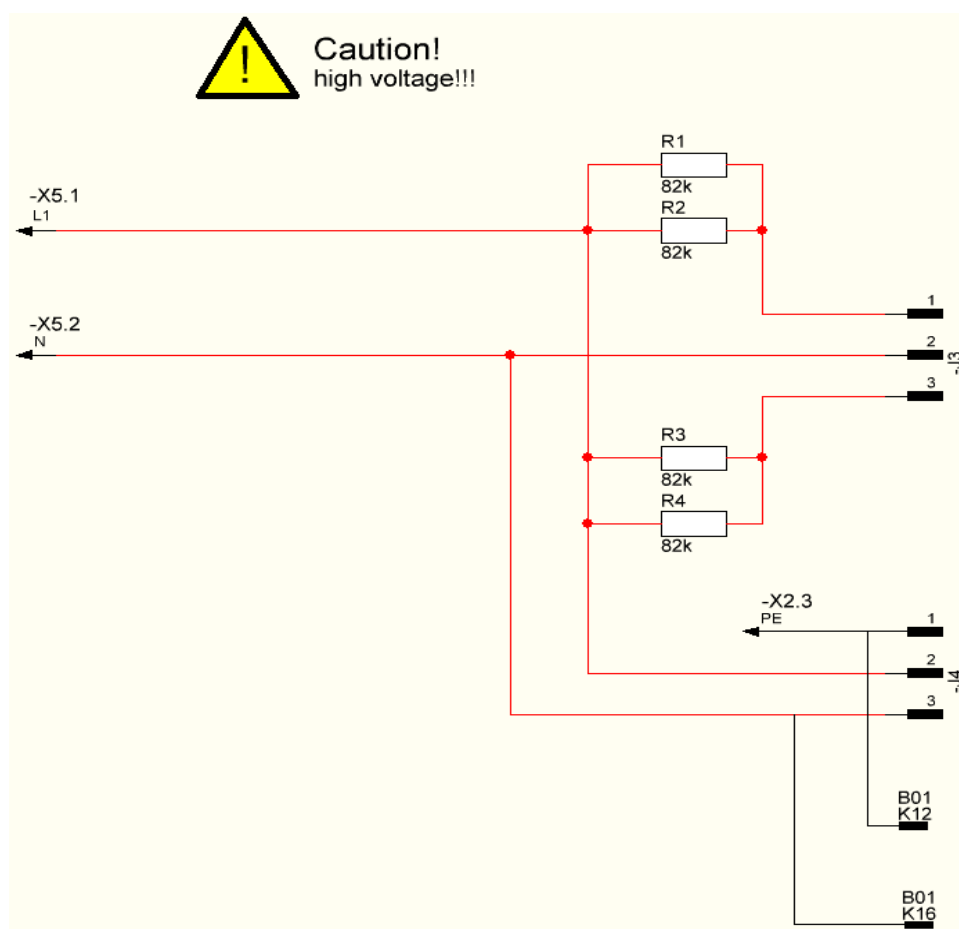
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se muestra del lado izquierdo las conexiones con el bloque B01 del *pylon block* y a su lado derecho el dispositivo Dold sensor magnético según el color de cables y el número de patilla. Este al estar comunicado con el relevador de

seguridad Dold, recibe 24Vcd de este al estar cerrado el cobertor del adaptador, de esta manera habilitando los *switches* del *relay* de seguridad y dejando pasar los 230Vca.

5.2.3 Ambiente de la unidad a validar

Figura 20. Ambiente de la unidad a validar

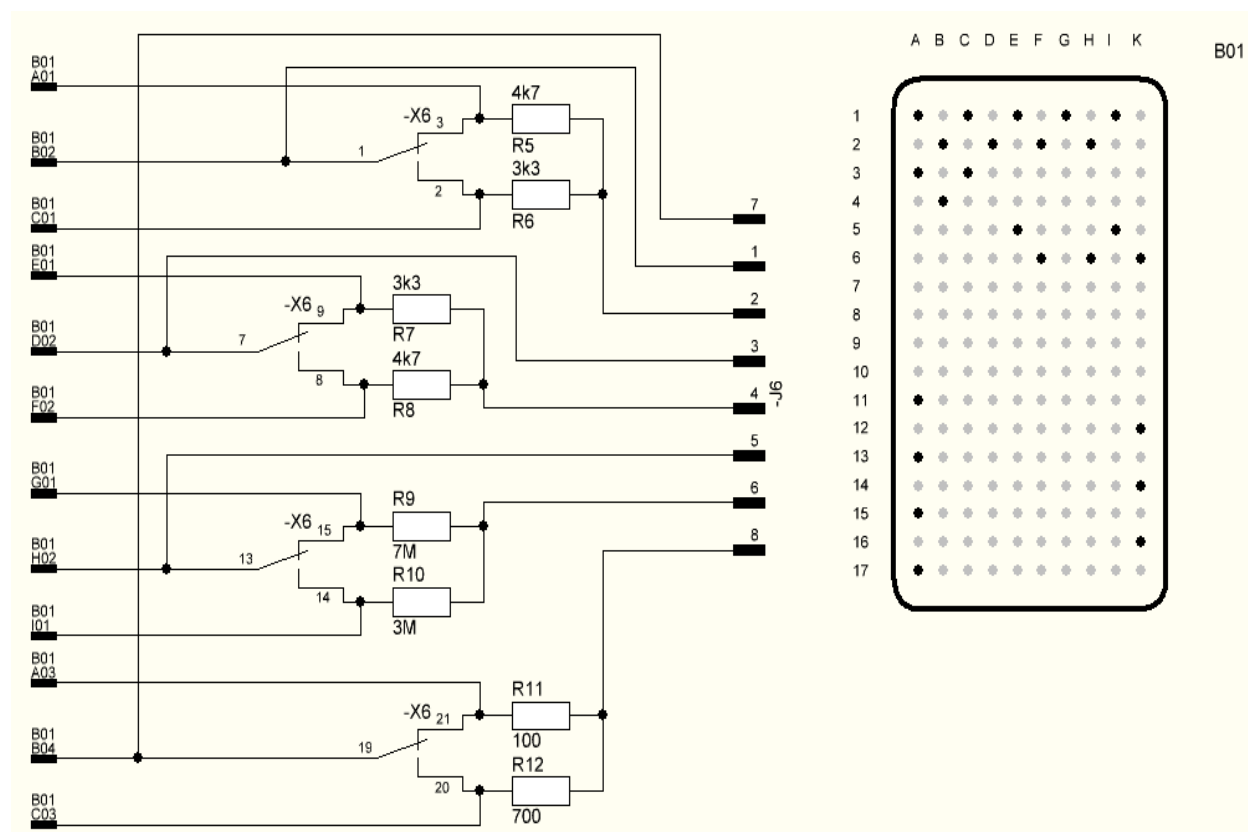


Fuente: Elaboración propia

El cable neutro que sale del relevador de seguridad Dold por X5.2, entra a la PCBA en los conectores J3 pin 2 y J4 pin 3. En cuanto a la línea L1 que viene de X5.1, entra en el conector J4 pin 2 es recibida por el pin 2. En el conector J3, antes pasa por

dos paralelos de resistencias de 82Kohm y enlaza con los pines 1 y 3, estos resistores fueron seleccionados por el ingeniero de pruebas de Rheem. En el conector J4, el neutro (pin 3) y tierra (pin 1) son puenteados al *pylon block* a la ubicación K16 y K12 respectivamente.

Figura 21. Ambiente de la unidad a validar 2

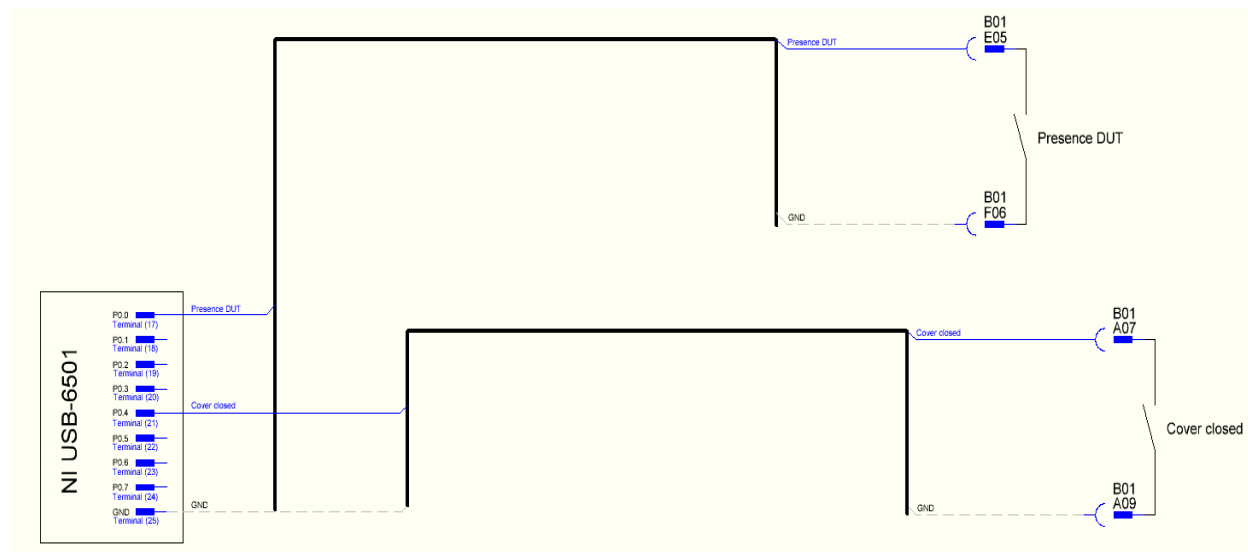


Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura anterior, al lado derecho se muestra el *pylon block* ubicado en el interior del adaptador, los números del 1 al 17 y las letras de la A a la K son las referencias para ubicar señales de distintas partes del circuito interno del adaptador, los puntos negros son los nodos donde hay una conexión, los puntos grises no están en uso.

5.2.3 Entradas del NI USB-6501

Figura 23. Entradas NI USB-6501



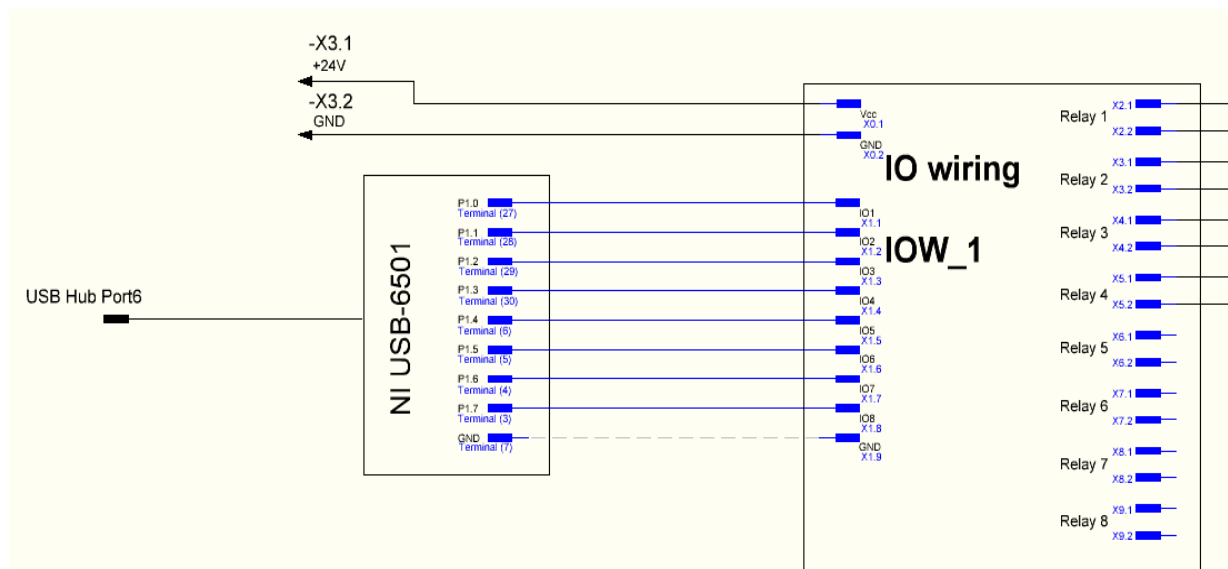
Fuente: Elaboración propia

En la imagen anterior se puede observar las entradas del NI USB-6501, se verifica la presencia de una tarjeta electrónica dentro del adaptador por medio de un pin de presencia donde tiene conectada la terminal 17 o P0.0 del USB-6501 y la tierra en la terminal 25, entonces al estar presente la PCBA el pin estará estripado, de esta manera hace un puente entre las terminales.

También hay un pin que indica si la cubierta está cerrada del todo y actúa de la misma manera que el pin de presencia, sólo que se utilizan las terminales 21 o P0.4 y tierra del NI USB-6501 en la terminal 25. Estos pines de presencia de tarjeta y del cobertor envían la señal al 6501 y por medio de estas señales que se reciben, se realiza la programación por medio de VIs, los cuales al detectar estas señales permiten continuar el proceso.

5.2.4 Salidas del NI USB-6501, IO wiring y 4 Way Relay card

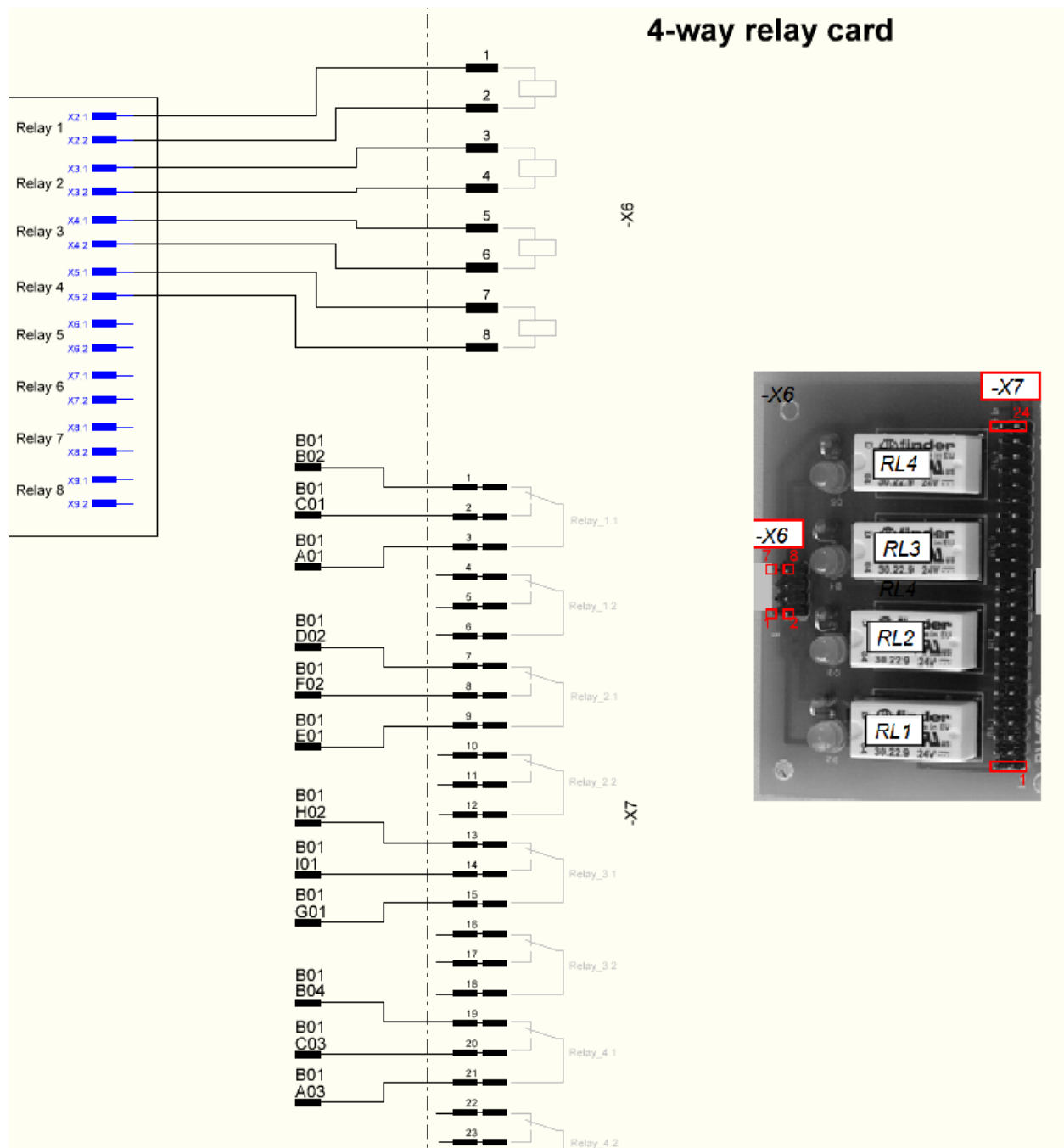
Figura 24. Salidas NI USB-6501



Fuente: Elaboración propia

El NI USB-6501 se alimenta y se comunica por medio de un puerto del Hub, a través de un cable USB y con la programación de VIs se activan en su determinado momento las salidas que son de 5Vcd, las cuales están directamente conectadas con la tarjeta del IO *Wiring* la cual es creación de Zollner Electronic, esta se alimenta de 24Vcd que provienen del convertidor VC1 (X3.1 y X3.2) y según sea las señales en los puertos del IO1 al IO8 que se reciban del USB-6501, se activará su salida con 24Vdc en cualquiera de los Relays del 1 al 4, al mismo tiempo se utiliza el IO *Wiring* para proteger el dispositivo NI.

Figura 25. IO wiring



Fuente: Elaboración propia

Las salidas de la IO wiring las cuales como se mencionó anteriormente son de 24Vcd, se activan al recibir los 5 voltios de distintas señales del USB-6501. Estas salidas de la IO wiring como se puede apreciar en la imagen anterior, se dirigen al bloque X6 de la *4-way Relay Card*, esta al recibir los 24Vcd activará alguno de los cuatro relevadores o varios al mismo tiempo.

Los polos de estos relevadores están conectados al bloque de pines X7, que es donde están conectadas las cargas que van al conector J6 de la PCBA como se observó previamente en la figura 18, al abrirse o cerrarse estos relevadores (RL1-RL4) puede que habilite o deshabilite según se requiera.

5.2.5 Construcción del adaptador

Como se mencionó en el capítulo del marco teórico, la empresa Ingun es especialista en la creación de adaptadores de prueba, en algunas ocasiones cuando la manufactura de adaptadores en Alemania tiene una alta demanda, se contrata a Ingun para el ensamble de estos equipos. Por lo tanto, el jefe del departamento de desarrollo de pruebas en Zollner Costa Rica, realiza las conversaciones con esta empresa de ensamble, por medio de correos y llamadas.

Se les entrega el archivo CAD de la tarjeta electrónica Super Sentinel, su diagrama eléctrico y el diseño del diagrama eléctrico del adaptador. Además, se les envían las tarjetas *IO Wiring*, *4-war Relay Card*, el NI USB-6501, y una tarjeta Super Sentinel como ejemplo. La construcción de este adaptador de pruebas toma alrededor de dos meses, mientras en Ingun lo están ensamblando con el diseño desarrollado en este proyecto, se trabaja las otras áreas importantes según se ha planeado, las cuales

son la toma de respuestas del microcontrolador de la tarjeta Super Sentinel y la secuencia en TestStand y LabVIEW.

5.2.6 Adaptador de pruebas ensamblado

A continuación, se muestra una imagen del adaptador de pruebas ensamblado por parte de Ingun:

Figura 26. Adaptador ensamblado



Fuente: Elaboración propia

El primer paso a realizar con este adaptador fue el verificar que estuviera en buenas condiciones, que no se encontrara algo mal colocado o quebrado, luego se comprueba que todos los componentes pedidos estuvieran presentes. Posteriormente,

se valida con un multímetro y el diagrama del adaptador desarrollado en este proyecto para verificar que las conexiones estuvieran en lo correcto.

Se observaron tres áreas donde la conexión no era la correcta:

- El relevador de seguridad Dold no presenciaba el puente entre las terminales S33 y S34, esto ocasionaba que nunca se cerraran los switches internos que envían la tensión de 230Vca. Por lo tanto, se incluye este puente.

Figura 27. Colocación de puente S33 y S34



Fuente: Elaboración propia

- El sensor magnético no estaba conectado en la posición correcta, por lo tanto, al cerrar el cobertor nunca se magnetizaba, y esto no permitía que se enviara la señal al relevador de seguridad Dold y que no se habilitara la señal de tensión

alterna 230Vca. Se arregló colocando de manera adecuada este sensor magnético con su receptor.

Figura 28. Sensor magnético

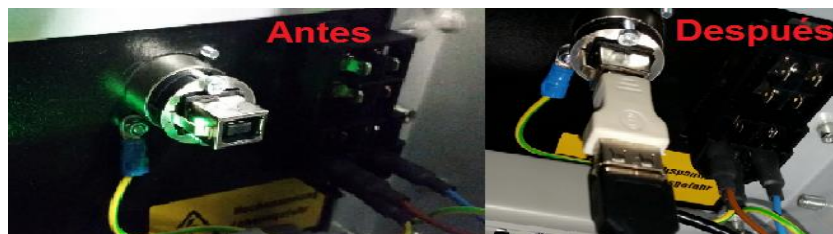


Fuente: Elaboración propia

- El hub tenía el cable USB de comunicación mal colocado, pues en vez de tenerlo en el conector del adaptador con el cual se puede comunicar a la computadora lo tenía conectado a uno de sus puertos de entrada.

Para arreglar esto se coloca el conector USB tipo B en el puerto de comunicación del Hub con la computadora y el conector tipo A, se coloca en un pequeño convertidor de USBs que los transforma de tipo A a tipo B, como se puede apreciar en la imagen siguiente:

Figura 29. USB del hub antes y despues

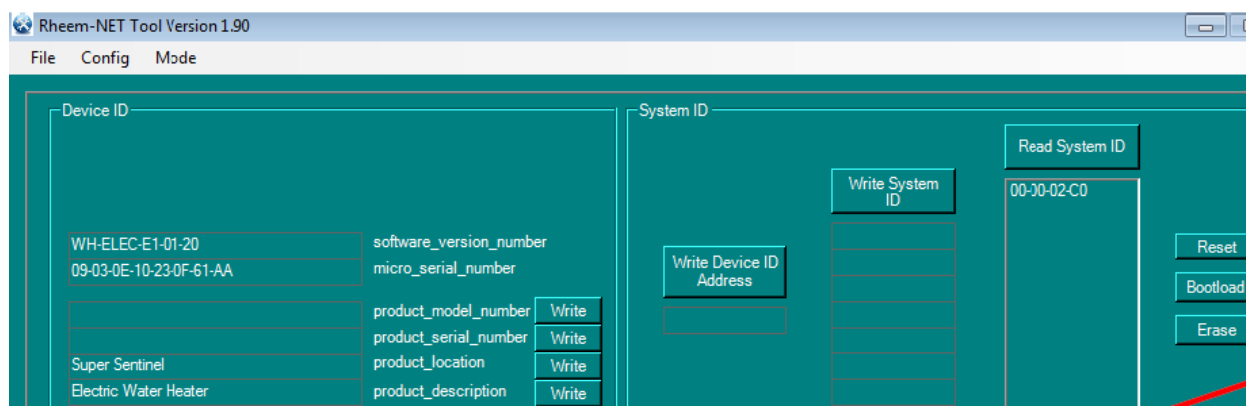


Fuente: Elaboración propia

5.3 ADQUISICIÓN DE COMANDOS POR MEDIO DEL ECONET TOOL

Por medio de la herramienta EcoNet tool que el cliente brinda, se puede comunicar la computadora con la PCBA de Super Sentinel utilizando una USB-RS485 y de esta manera verificar datos que fueron programados en el microcontrolador de la tarjeta.

Figura 30. EcoNet tool



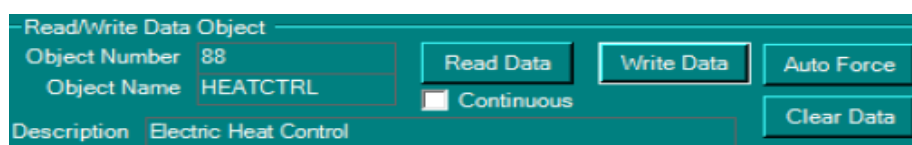
Fuente: Elaboración propia

Por razones de privacidad no se puede visualizar el software completo. Sin embargo, como se muestra en la imagen anterior, esta es la ventana principal del EcoNet Tool, en el cuadro izquierdo que dice *Device ID* se pueden observar algunos datos acerca de la tarjeta Super Sentinel conectada, se puede apreciar la versión de

software con la que fue programada, el número serial del microcontrolador, el nombre del producto y su descripción. En esta sección también se puede resetear la tarjeta para que inicialice de nuevo.

Para leer o escribir algún dato del microcontrolador, se escribe el comando previamente programado en el MCU, en el espacio que dice *Object Name* como se muestra en la siguiente figura.

Figura 31. Lectura/escritura de comandos



Fuente: Elaboración propia

Para escribir y leer al mismo tiempo se deben seguir los pasos anteriores, pero abriendo dos ventanas del EcoNet Tool y utilizando 2 USB-RS485 conectadas en paralelo para que en una se encuentren los comandos que vamos a escribir o leer y en otra ventana llamada *Message Monitor* se puedan observar en valores hexadecimales el requisito del comando que se le envía y también la respuesta.

A continuación, se muestra el requisito y la respuesta obtenidos de los comandos que el cliente solicita que se validen en la tarjeta cuando pasa por la prueba de EOL:

- SW_VERSN: Verificar la versión de software WH-ELEC-E3-01-43.

SW_VERSNReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0200 001E 0801 6115

SW_VERSNRes=8000 00C0 0080 0002 C000 9800 0006 5748 2D45 4C45
4533 2D30 312D 3338

- KEY_BACK: Comprobar que al pulsar el boton Back el estado “No” cambie a “Yes”.

KEY_BACKReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 4B45 595F
4241 434B C087

KEY_BACKRes=8000 00C0 0080 0002 C000 3A00 0006 8200 3F4B 4559 5F42
4143 4B4B 6579 2042 6163 6B20 5072 6573 7365 643F 2020 2020 2020 2082

- KEY_DOWN: Comprobar que al pulsar el boton Down el estado “No” cambie a “Yes”.

KEY_DOWNReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 4B45
595F 444F 574E 6ECF

KEY_DOWNRes=8000 00C0 0080 0002 C000 3A00 0006 8200 3D4B 4559
5F44 4F57 4E4B 6579 2044 6F77 6E20 5072 6573 7365 643F 2020 2020 2020

- KEY_UP: Comprobar que al pulsar el boton Up el estado “No” cambie a “Yes”.

KEY_UPReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 4B45 595F
5550 0000 E431

KEY_UPRes=8000 00C0 0080 0002 C000 3A00 0006 8200 3C4B 4559 5F55
5000 004B 6579 2055 7020 5072 6573 7365 643F 2020 2020 2020 2020 2082

- KEY_MODE: Comprobar que al pulsar el boton Mode el estado “No” cambie a “Yes”.

KEY_MODEReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 4B45 595F
4D4F 4445 21A4

KEY_MODERes=8000 00C0 0080 0002 C000 3A00 0006 8200 3E4B 4559
5F4D 4F44 454B 6579 204D 6F64 6520 5072 6573 7365 643F 2020 2020 2020

- LCD_SEGSX: Escribir en el espacio indicado del comando “XXXX”, pulsar Write y comprobarlo en el display de la PCBA.

LCD_SEGSXReq=8000 02C0 0080 0000 C000 1300 001F 0101 0107 0000
4C43 445F 5345 4753 5858 5858 0040 FD

LCD_SEGSXRes=8000 00C0 0080 0002 C000 0100 0006 013A BC

- LCD_SEGS8: Escribir en el espacio indicado del comando “8888”, pulsar Write y comprobarlo en el display de la PCBA.

LCD_SEGS8Req=8000 02C0 0080 0000 C000 1300 001F 0101 0107 0000
4C43 445F 5345 4753 3838 3838 00F6 EB

LCD_SEGS8Res=8000 00C0 0080 0002 C000 0100 0006 013A BC

- LCDALLON: Cambiar la opción “No” por “Yes” y luego pulsar Write.

LCDALLONReq=8000 02C0 0080 0000 C000 1200 001F 0101 0207 0000 4C43
4441 4C4C 4F4E 3F80 0000 D32F

LCDALLONRes=8000 00C0 0080 0002 C000 0100 0006 013A BC

- DEFAULTS: Cambiar la opción “No” por “Yes” y luego pulsar Write.

DEFAULTSReq=8000 02C0 0080 0000 C000 1200 001F 0101 0207 0000 4445
4641 554C 5453 3F80 0000 A33D

DEFAULTSRes=8000 00C0 0080 0002 C000 0100 0006 013A BC

- RESETDEV: Cambiar la opción “No” por “Yes” y luego pulsar Write.

RESETDEVReq=8000 02C0 0080 0000 C000 1200 001F 0101 0207 0000 5245
5345 5444 4556 3F80 0000 CEC2

RESETDEVRes=8000 00C0 0080 0002 C000 1200

- AVERAGE: Verificar el valor en “128”.

AVERAGEReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 4156 4552
4147 4500 EE76

AVERAGERes=8000 00C0 0080 0002 C000 3600 0006 8000 0A41 5645 5241
4745 0041 3244 2077 6569 6768 7469 6E67 3A20 2020 2020 2020 2080

- WHTRENAB: Verificar estado en “Disabled”.

WHTRENABReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 5748 5452
454E 4142 C1D3

WHTRENABRes=8000 00C0 0080 0002 C000 4400 0006 8200 1257 4854 5245
4E41 4245 6C65 632E 5761 7465 7220 4865 6174 6572 2045 6E61 626C 6582

- WHTRSETP: Verificar lectura en “120F”.

WHTRSETPReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 5748 5452
5345 5450 3AC4

WHTRSETPRes=8000 00C0 0080 0002 C000 3600 0006 8000 1457 4854 5253
4554 5057 6174 6572 2048 6561 7465 7220 5365 7470 6F69 6E74 2020 2080

- OFF_TIME: Verificar lectura en “30sec”.

OFF_TIMEReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 4F46 465F
5449 4D45 F035

OFF_TIMERes=8000 00C0 0080 0002 C000 3600 0006 8000 154F 4646 5F54
494D 454D 696E 696D 756D 2068 6561 742D 6F66 6620 7469 6D65 2020 2080

- DRY_FIRE: Verificar lectura en “Yes”.

DRY_FIREReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 4452 595F
4649 5245 EAA0

DRY_FIRERes=8000 00C0 0080 0002 C000 3A00 0006 8200 1844 5259 5F46
4952 4544 7279 2046 6972 6520 5072 6F74 6563 7469 6F6E 2020 2020 2082

- HIGHTEMP: Verificar estado en “No”.

HIGHTEMPRReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 4849 4748
5445 4D50 3ACD

HIGHTEMPRRes=8000 00C0 0080 0002 C000 3A00 0006 8200 3548 4947 4854
454D 5048 6967 6820 5465 6D70 2041 646A 7573 7420 456E 6162 6C65 2082

- FORCEOVR: Verificar estado en “No”.

FORCEOVRReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 464F 5243
454F 5652 D44A

FORCEOVRRes=8000 00C0 0080 0002 C000 3A00 0006 8200 7346 4F52 4345
4F56 5246 6F72 6365 2063 6F6E 7374 7261 696E 206F 7665 7272 6964 6582

- ALRMALRT: Verificar valor en “0”.

ALRMALRTReq=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 414C 524D
414C 5254 BC9F

ALRMALRTRes=8000 00C0 0080 0002 C000 3600 0006 8000 8941 4C52 4D41
4C52 5443 7572 7265 6E74 2041 6C61 726D 7320 2620 416C 6572 7473 2080

- ALARMH01: Verificar espacio vacío.

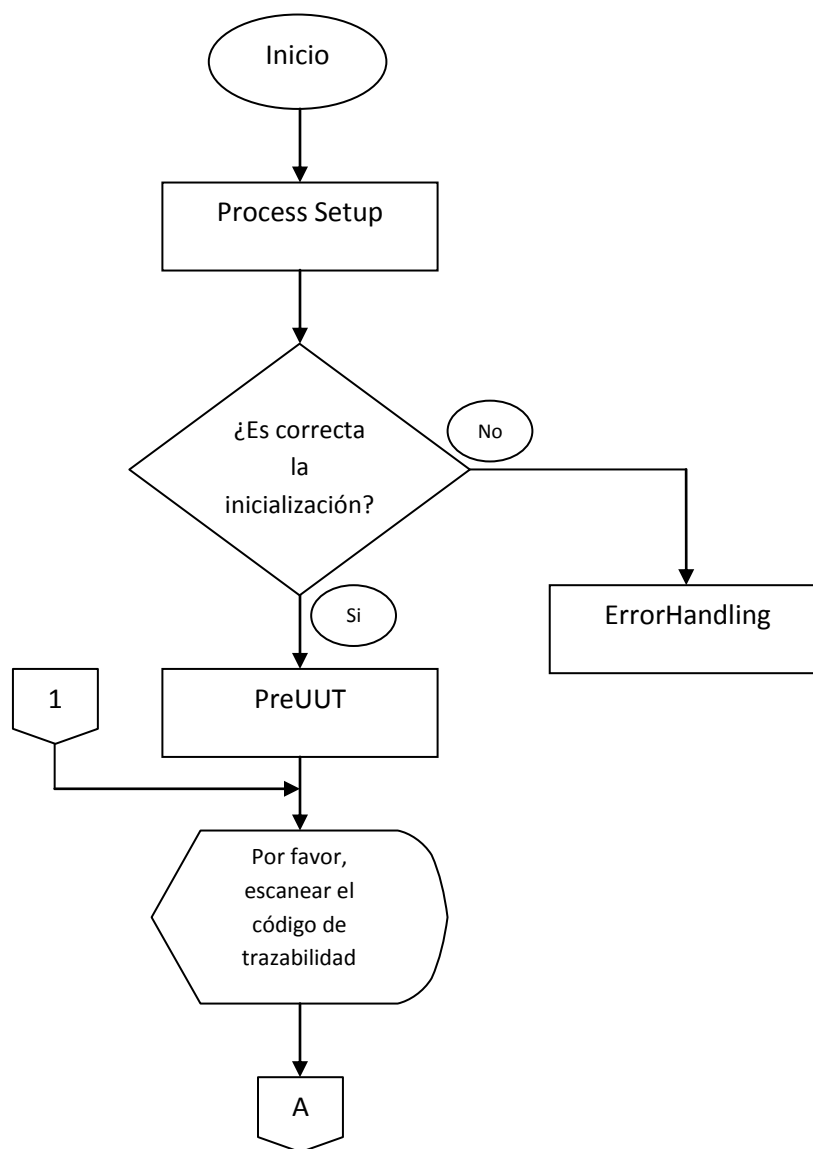
ALARMH01Req=8000 02C0 0080 0000 C000 0C00 001E 0100 0000 414C 4152
4D48 3031 8024

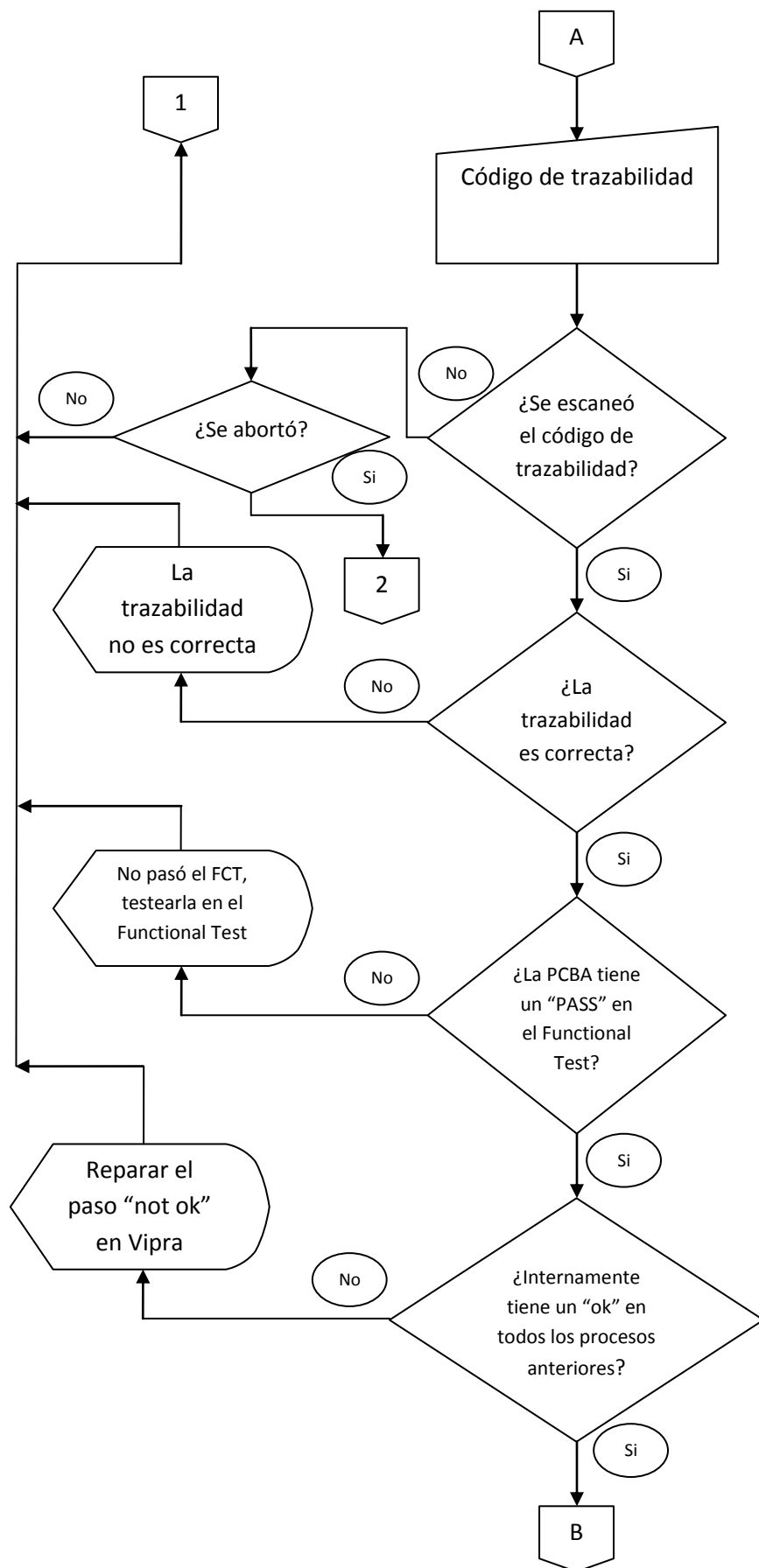
ALARMH01Res=8000 00C0 0080 0002 C000 7500 0006 8100 A841 4C41 524D
4830 3141 6C61 726D 2048 6973 746F 7279 2020 2020 2020 2020 2020 2081

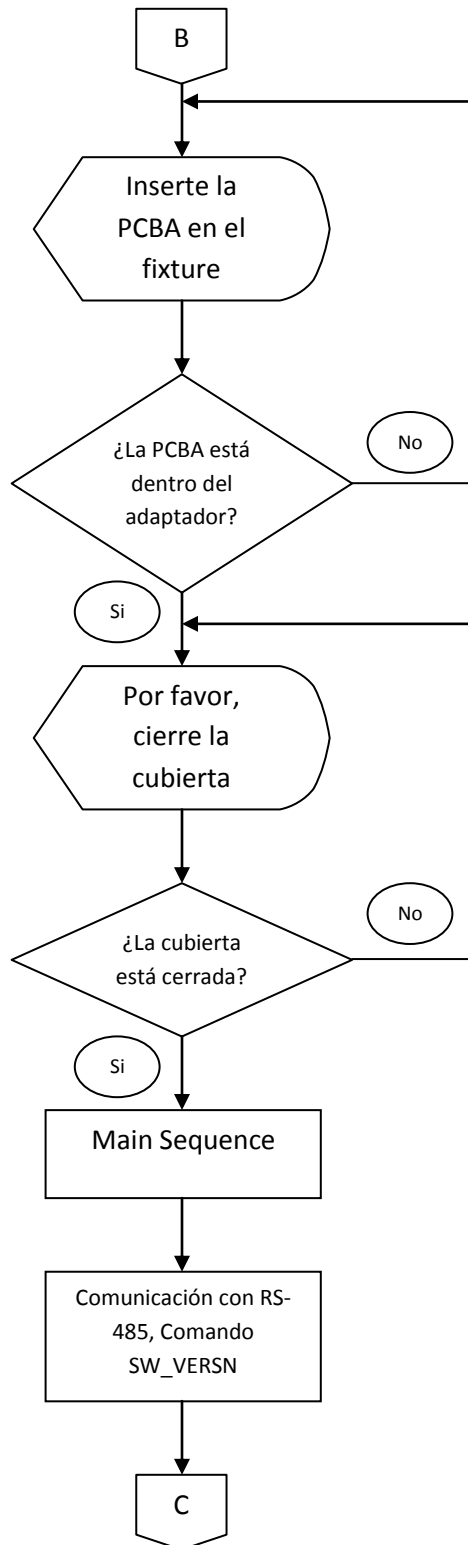
5.4 DESARROLLO DE LA SECUENCIA EN LABVIEW Y TESTSTAND

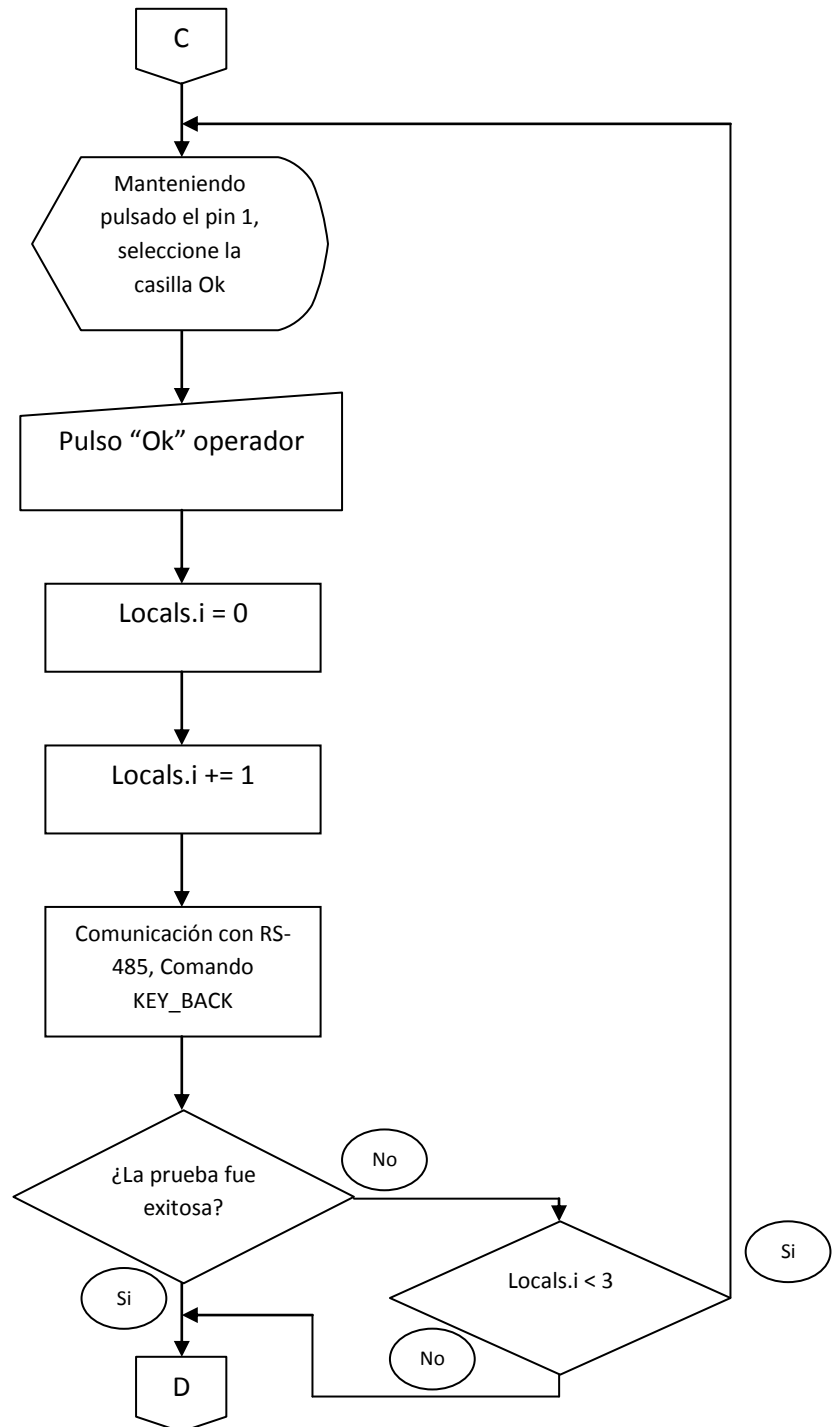
En esta etapa, se utiliza LabVIEW con VIs que hacen llamados a puertos y realizan ciertas programaciones. En TestStand se hacen llamados de los VIs, se distribuye la secuencia, se añaden tiempos de atrasos, se elaboran inicializaciones y se comunica con servidores. A continuación, se muestra un diagrama de flujo de la secuencia total desarrollada seguida de una explicación de cada una de las fases.

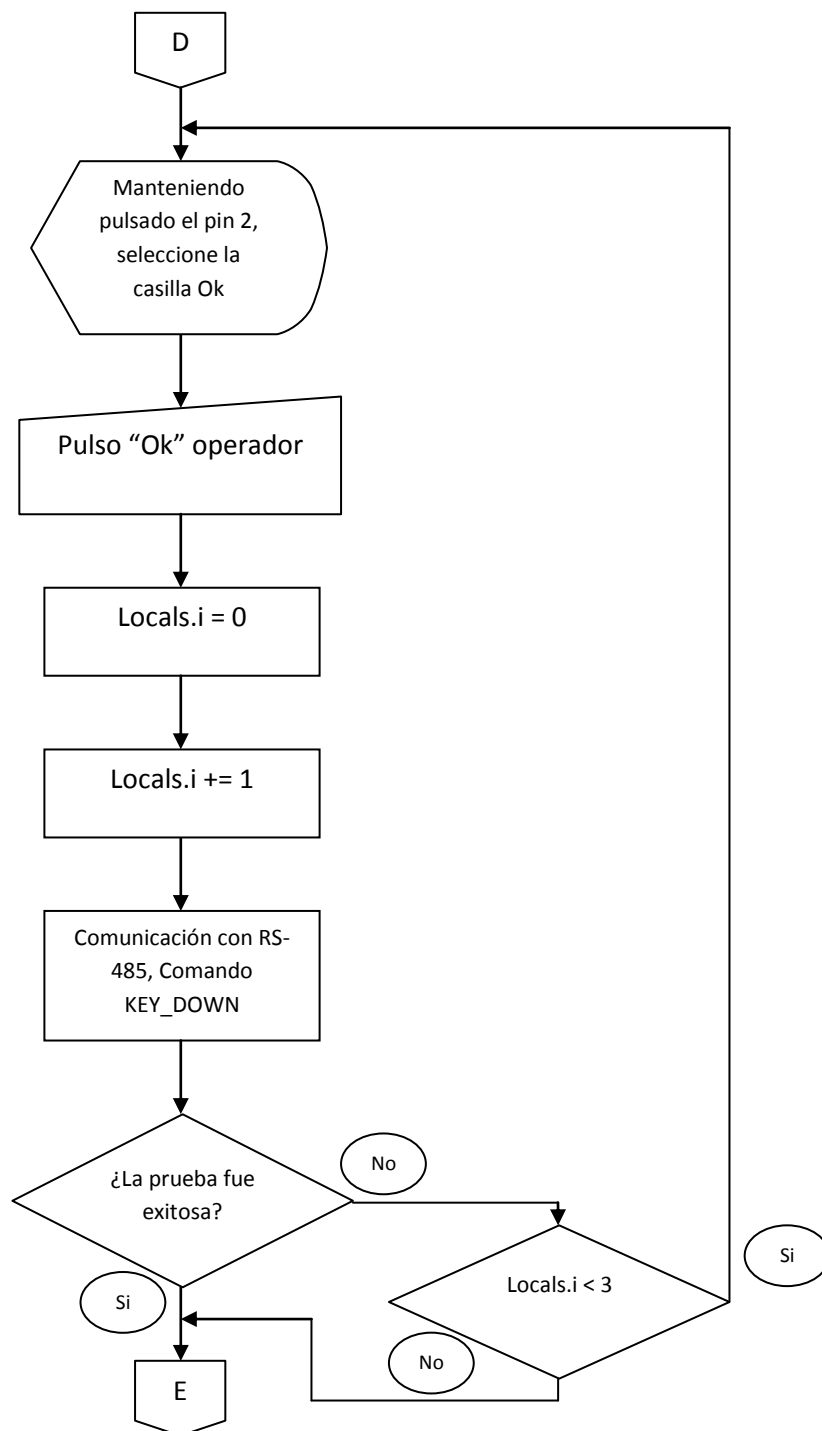
Figura 32. Diagrama de flujo secuencia en TestSand para el EOL

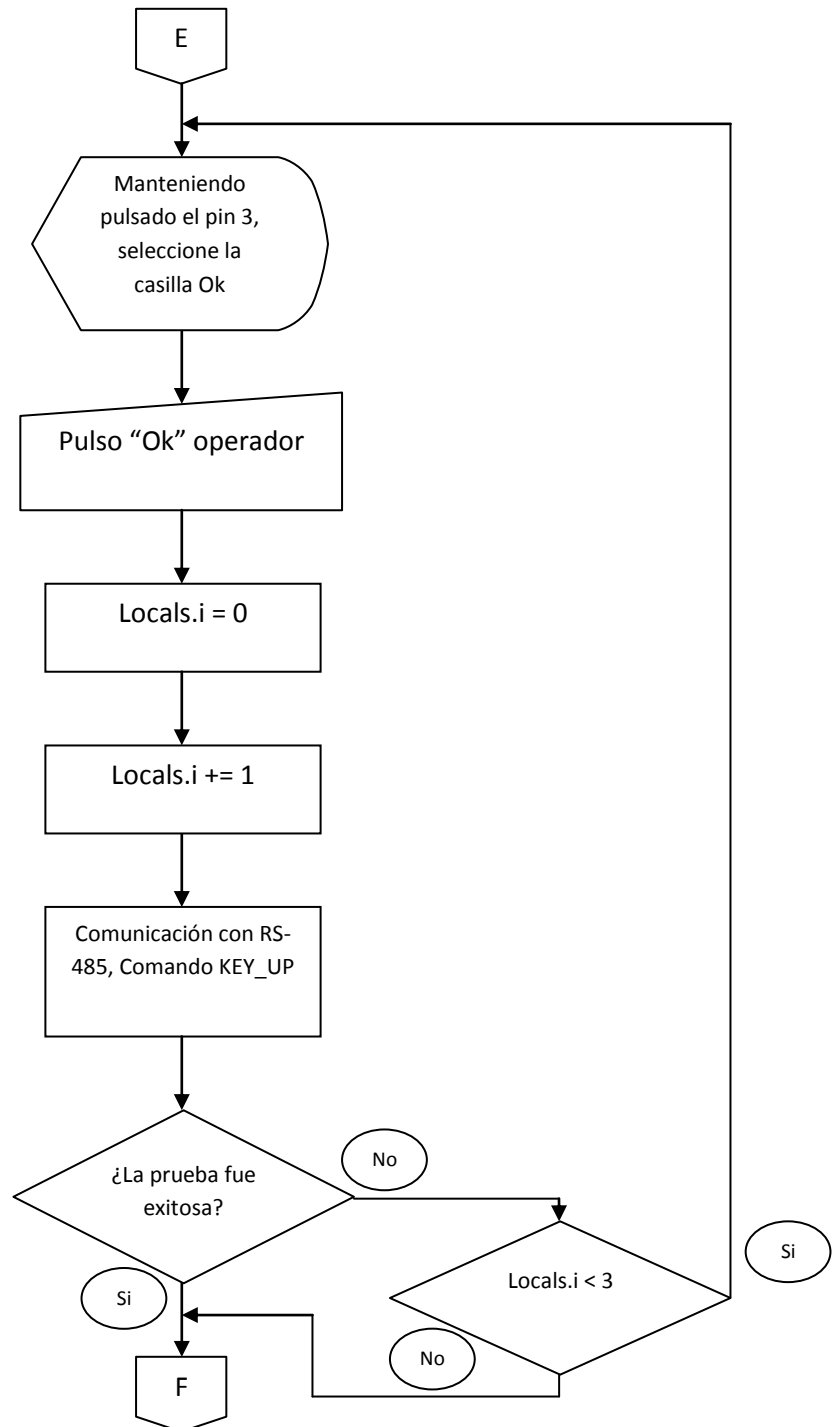


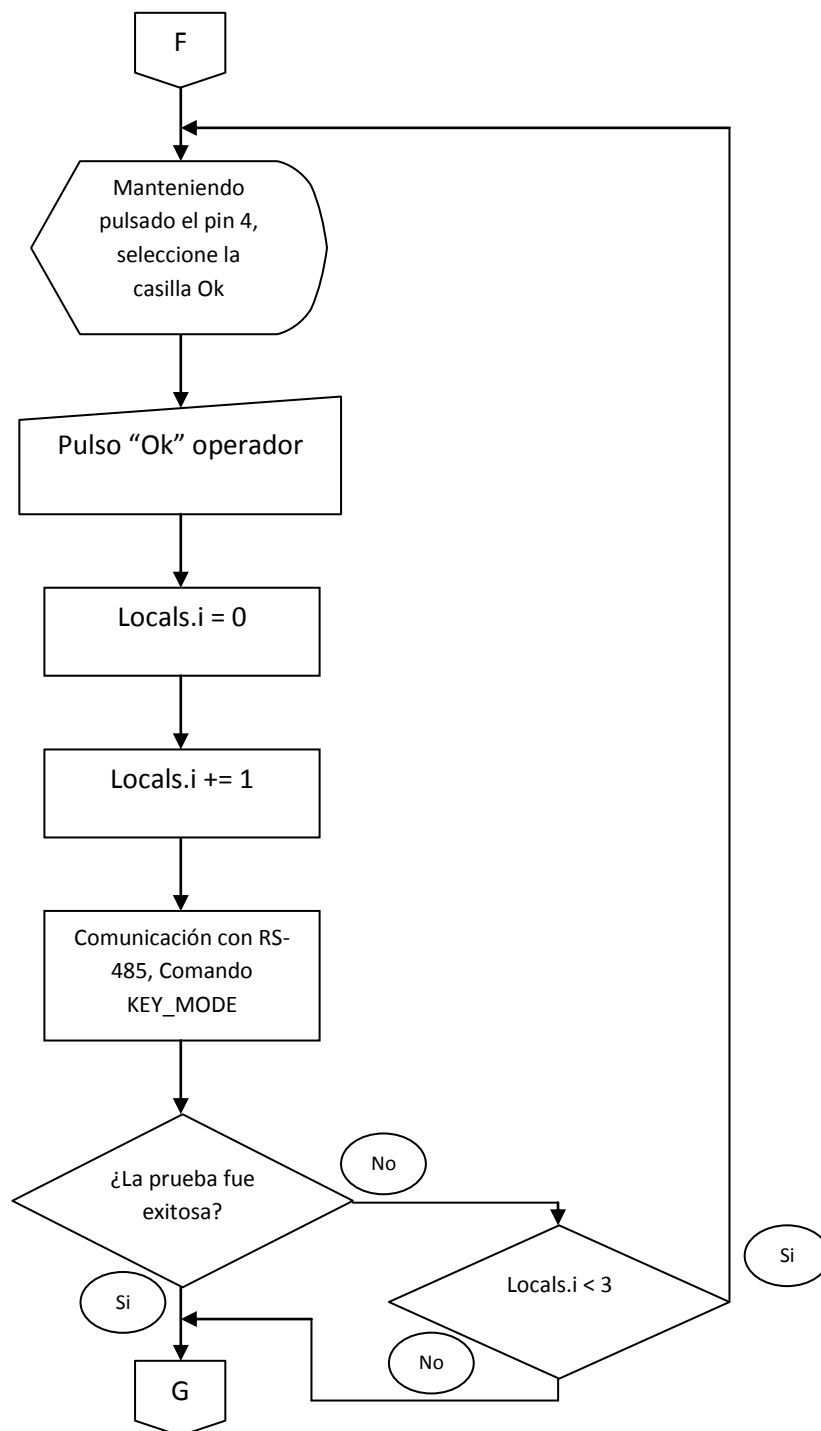


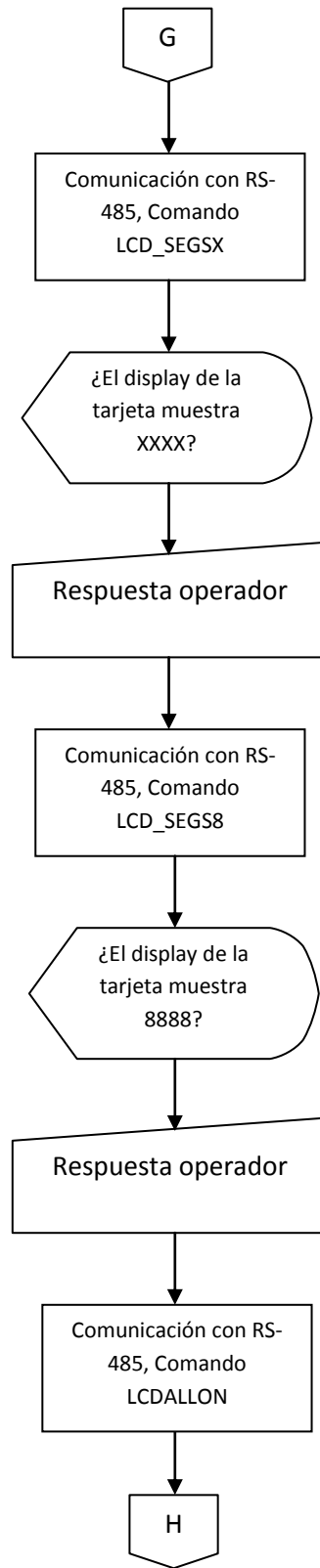


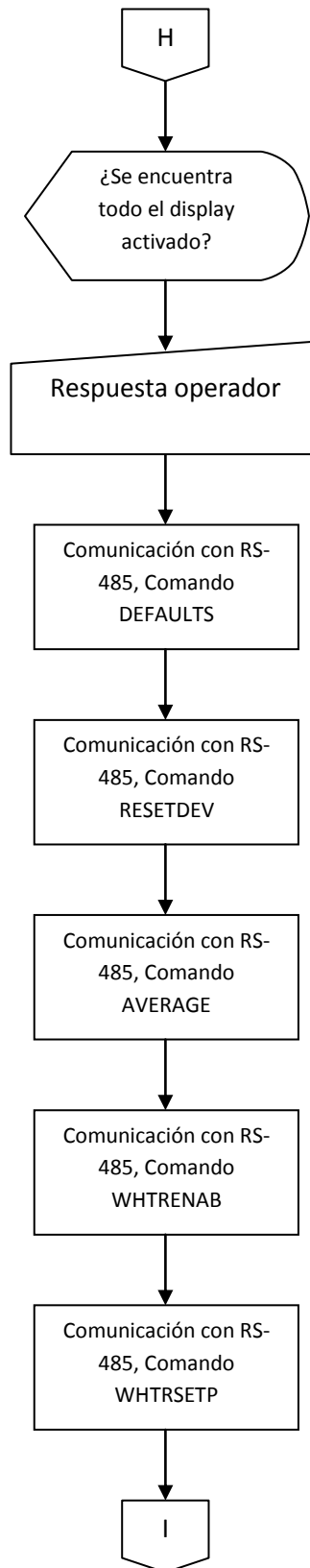


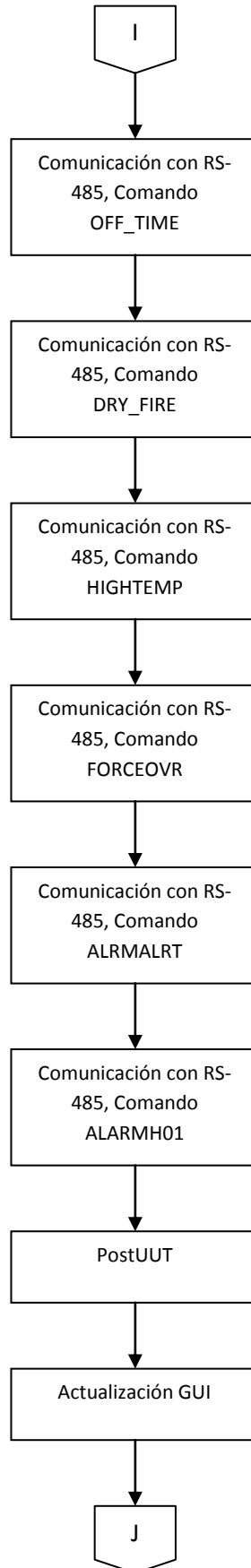


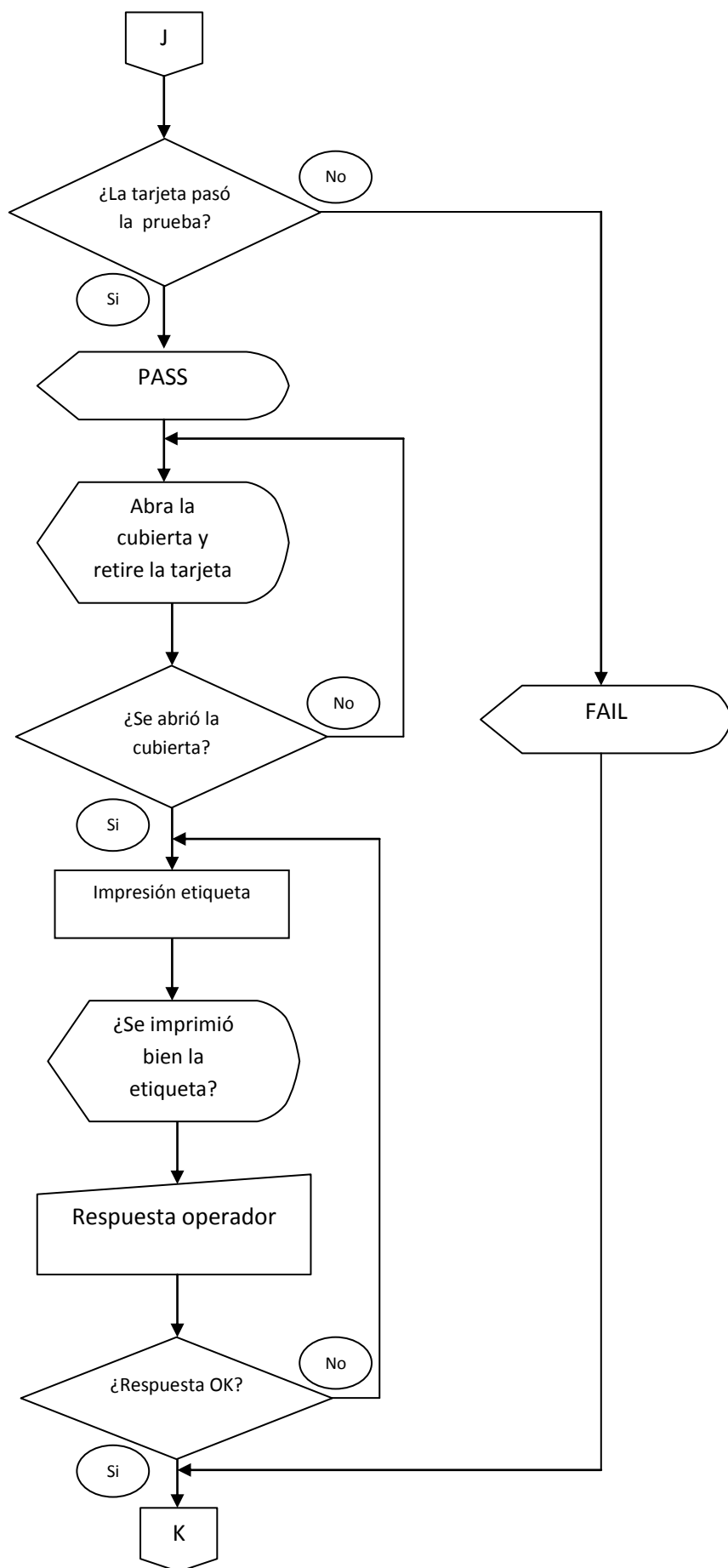


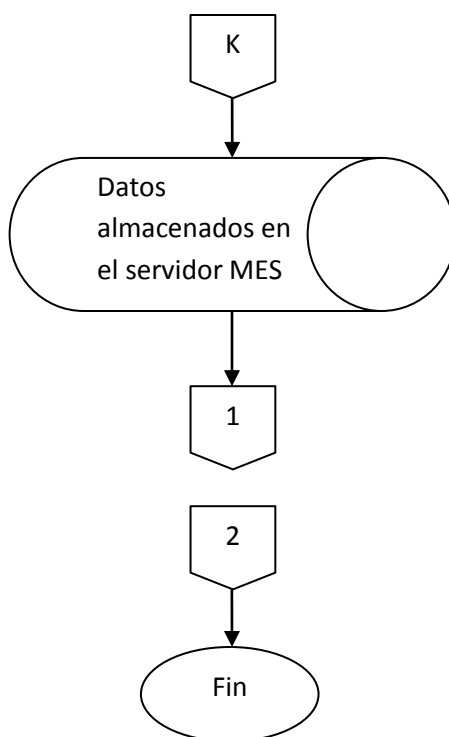












Fuente: Elaboración propia

5.4.1 Process Setup

En esta primera etapa se realiza la inicialización de los dispositivos y recursos necesarios para testear la tarjeta. Se indica que tipo de prueba es la que se va realizar, el número de la estación de prueba, se inicializa la interfaz de operador o GUI y se prepara la USB-RS485 y el digital I/O (NI6501) con sus respectivos puertos.

Figura 33. Process Setup

Load Ini-Data Boolean [GENERAL]	
Enable TestSocket0	Action, FileIOTools.Ivproj, ReadValueFro...
Equipment_BC	Action, FileIOTools.Ivproj, ReadValueFro...
RepairStation_BC	Action, FileIOTools.Ivproj, ReadValueFro...
TAR_Socket0	Action, FileIOTools.Ivproj, ReadValueFro...
Load Ini-Data IOSettings String [GENERAL]	
RS485ComPort	Action, FileIOTools.Ivproj, ReadValueFro...
Load Ini-Data IOSettings String [GENERAL]	
Presence	Action, FileIOTools.Ivproj, ReadValueFro...
Cover	Action, FileIOTools.Ivproj, ReadValueFro...
InitRelays	
PowerSupply relay Left	Call Sub_PowerSupply relay in <Current Fil...

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la imagen anterior, los primeros cuatro VIs corresponden al reconocimiento del proceso el cual solo necesita una tarjeta por prueba, se selecciona la computadora y el número de estación de trabajo y la tarea por realizar, en este caso EOL. Seguidamente, se configura el puerto de la USB-RS485 y se configuran los puertos digitales del NI USB-6501 con respecto a los pines de presencia de la tarjeta y se verifica si el cobertor se encuentra cerrado.

Figura 34. Pasos GUI

➔ Settings	//Insert the number of TestSockets Locals...
🔍 Get SubSequencenames for Socket0	Call GetSubSequenceName in <Current Fil...
Please insert Sequence names for singlestep execution for each Socket	
➔ Sub Sequence Settings	//Configuration for TestSocket 0 //StationGl...
general settings	
➔ Settings_2	//StationGlobals.ZGlobals.BreakOnFailure ...
GUI initialize	
!!! please insert no Teststeps before !!!	
🔍 GUI initialize	Call InitGUI in <Current File>
update ParameterView TestSockets	
UIMsg_UserMessageBase + 81	
🔍 UIMessage (Update ListBox ParameterVie... Action, Call Thread.PostUIMessageEx	

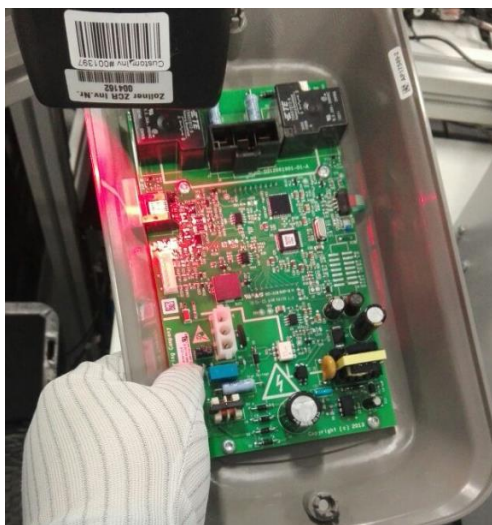
Fuente: Elaboración propia

En la imagen anterior, se muestra unas subsecuencias que hacen llamados a VIs los cuales se utilizan para elaborar la interfaz del operario. Estos pasos se utilizan por defecto, ya que todos los GUIs deben ser iguales en todos los procesos de Zollner Electronic.

5.4.2 PreUUT

En esta sección se realizan ciertas interacciones con el operador, en primer lugar se le indica que escanee el código de trazabilidad de la tarjeta. La siguiente imagen muestra cómo el operador procede a escanear la PCBA.

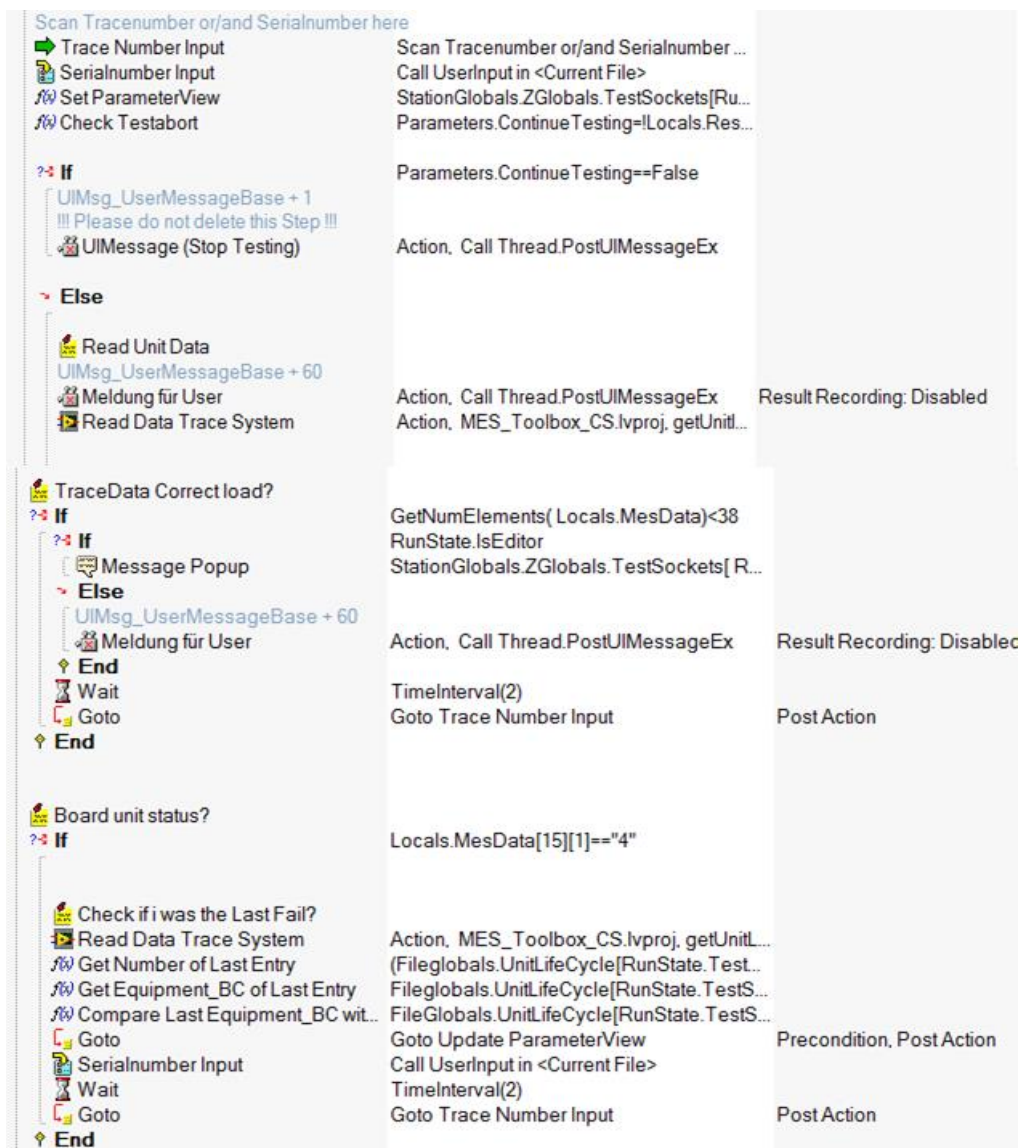
Figura 35. Escaneo de PCBA



Fuente: Elaboración propia

En la secuencia de TestStand se hace el llamado a escritura indicado en la subsecuencia *Serialnumber Input*, luego de que se escanea la PCBA se realiza un enlace con el servidor de trazabilidad MES, después se realiza una comparación con la secuencia de producto seleccionada y el producto que se escaneó en los pasos acerca de *TraceData Correct load?*. Luego se ejecutan los pasos de *Board unit status* los cuales hacen una verificación de que los pasos previos al EOL hayan tenido un “ok” en su proceso, si tuvieran un “not ok” significaría que en alguna etapa hubo un problema. Entonces hasta tanto no se repare ese daño en Vipra, no se podrá probar la PCBA en el EOL.

Figura 36. Pasos PreUUT



Fuente: Elaboración propia

Cuando todos esos filtros dieron resultado correcto, se le indica al operario que cierre el cobertor del adaptador, como se muestra en la imagen siguiente hay una subsecuencia llamada *Check Cover closed*, la cual verifica si ya se cerró el cobertor por medio de la comunicación con el NI-6501 y los pines de presencia. Si aún sigue abierto se encicla hasta que se cierre la cubierta.

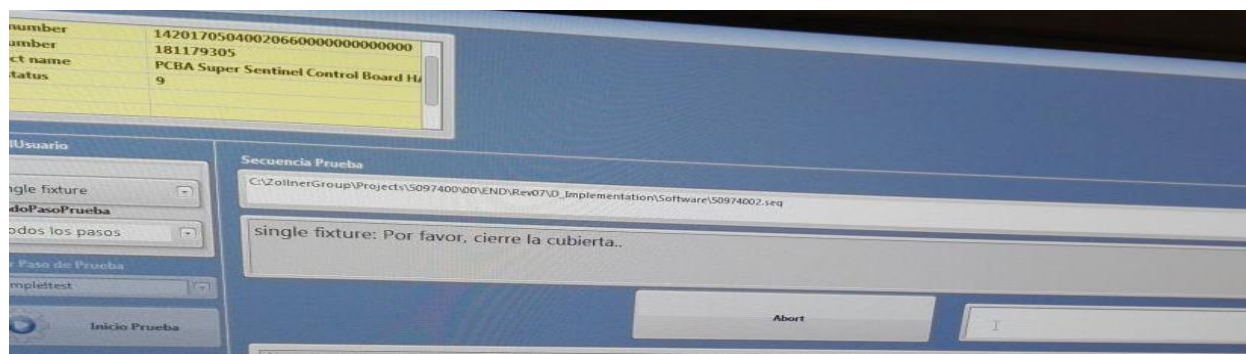
Figura 37. Pasos PreUUT 2

Check Presence		
UIMsg_UserMessageBase + 60		
Meldung für User	Action. Call Thread.PostUIMessageEx	Result Recording: Disabled
Check Cover closed?	Call ReadDigLine_DAQmx in <Current File>	
Statement	Locals.IOResult=Locals.IOResult	
Goto	Goto Check abort GUI	Precondition, Post Action
Wait	TimeInterval(1.5)	

Fuente: Elaboración propia

Quando se cierra el cobertor, entra en acción el sensor magnético, en el cual el actuador genera un campo magnético y activa el receptor, de esta manera el relevador de seguridad cierra los dos *switches* de los cuales contienen las líneas de tensión, la secuencia no avanzará si no hay una tarjeta dentro del *fixture* o en caso que se haya cerrado el cobertor, pues se verifica con los pines de presencia de tarjeta, en caso contrario que el cobertor esté cerrado y que esté la PCBA adentro, se habilitará el voltaje hacia la tarjeta para continuar con la secuencia. En la imagen siguiente, se puede observar el GUI y el mensaje que le indica al operador que cierre la cubierta del adaptador. La secuencia continuará hasta que el operario acate esta instrucción.

Figura 38. Mensaje cerrar cubierta

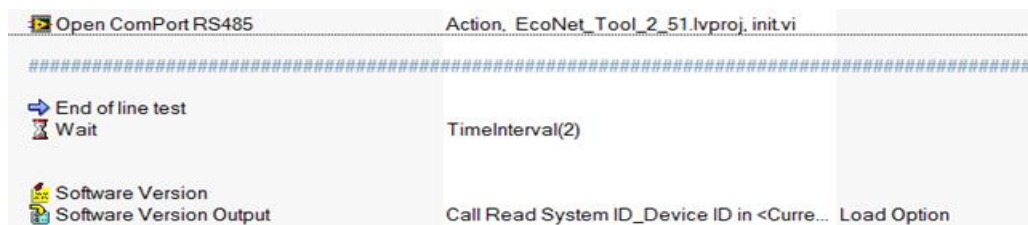


Fuente: Elaboración propia

5.4.3 MainSequence

Este es el proceso principal de la secuencia, inicialmente se verifica el puerto de la RS-485 y se habilita su comunicación, luego se hace un tiempo de espera para que inicialice la tarjeta y se procede a realizar la prueba de cada uno de los pasos requeridos por el cliente en el orden en que se mencionó los comandos en la manera como se ejecutaba la prueba anteriormente, en el EcoNet Tool se muestra los datos en hexadecimal como se pudo observar en el punto 5.3 del proyecto, pero los VIs de la secuencia los debe leer en decimal, por lo tanto, se convierte a decimal cada requerimiento y cada respuesta de los comandos.

Figura 39. Pasos habilitar RS-485 y Software Version



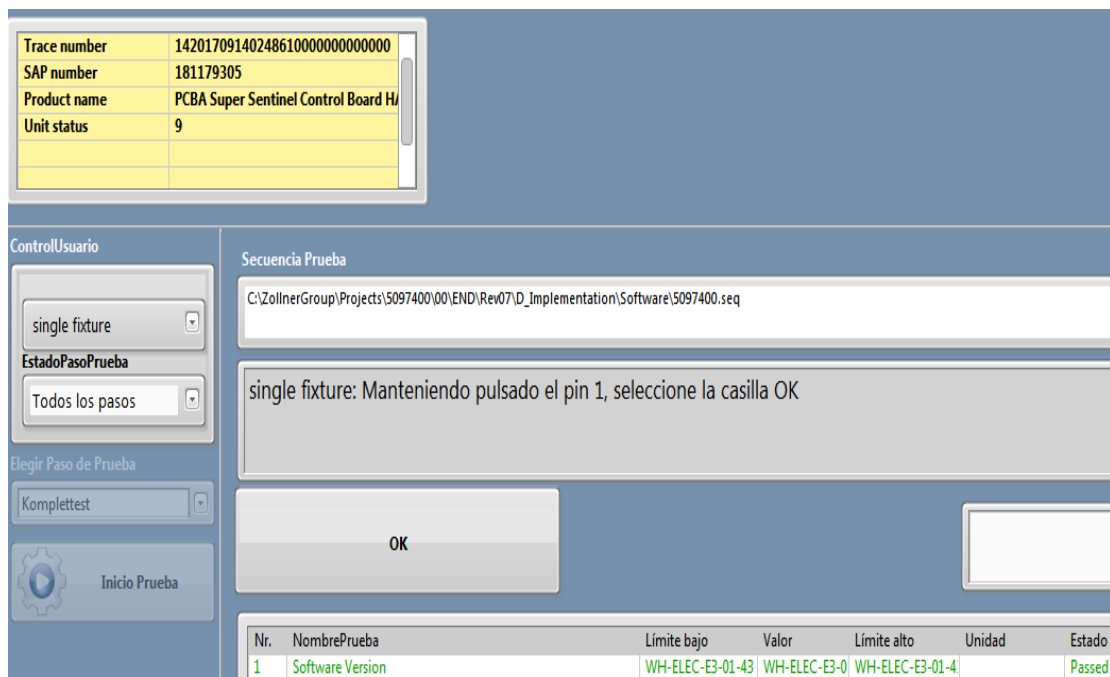
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la imagen anterior, para el paso *Software Version Output*, por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador y este envía una respuesta, la cual en seguida se compara con la respuesta que se obtuvo con el software EcoNet Tool y que se incluyó en la secuencia. Esta respuesta debe ser igual a WH-ELEC-E3-01-43.mot que es la versión de software actual de la tarjeta

En el paso *KEY_BACK*, primeramente, en el GUI se le indica al operario que mantenga presionado el pin indicado con el número 1 en la parte superior del

adaptador, y luego presione la tecla *enter* del teclado o con el mouse seleccione la casilla *ok* de la interfaz del operador. Este mensaje se puede apreciar en la siguiente imagen.

Figura 40. Mensaje sobre pulsar pin 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 41. Pasos Key Back

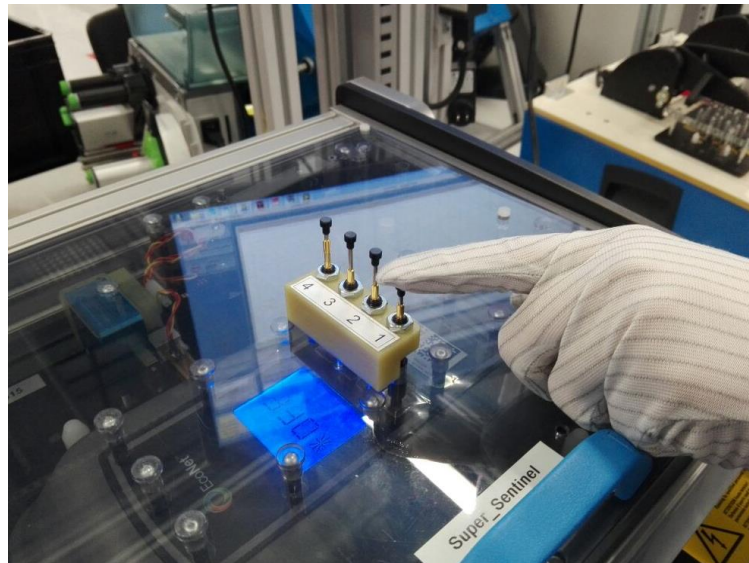


Fuente: Elaboración propia

Después de que se envía el mensaje al GUI, se procede la comunicación con el microcontrolador con respecto a este comando, se verifica que la respuesta

hexadecimal sea la indicada cuando se estripa el botón de *Back* en la parte frontal del producto. En caso de que la respuesta no sea la correcta, la secuencia cuenta con un control de flujo *for* que repetirá la prueba 2 veces más, por lo tanto, ya sea que a la hora de ensamblar la tarjeta no se conectó bien el *flex* de los pulsadores a la PCBA, que el *flex* esté dañado, que el operario no pulsó bien el pin o no lo hizo del todo, se volverá a realizar la prueba. La siguiente figura muestra al operario ejecutando la prueba.

Figura 42. Operador pulsando pin 1

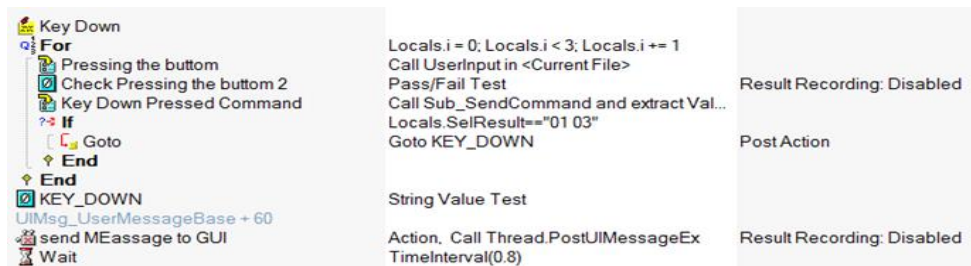


Fuente: Elaboración propia

Para el paso *KEY_DOWN*, se le indica al operario que mantenga presionado el pin indicado con el número 2 en la parte superior del adaptador, y luego presione la tecla *enter* del teclado o con el mouse seleccione la casilla *ok* de la interfaz del

operador. A continuación, se muestran los pasos de secuencia relacionados con este paso.

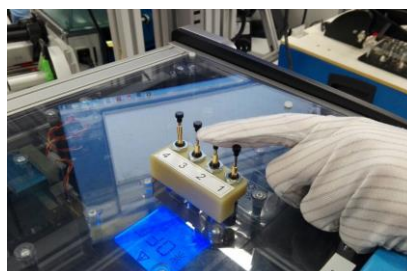
Figura 43. Pasos sobre Key Down



Fuente: Elaboración propia

Luego se procede a la comunicación con el microcontrolador con respecto a este comando, verificando que la respuesta hexadecimal sea la indicada cuando se estripa el botón de *Down* en la parte frontal del producto. En caso de que la respuesta no sea la correcta, la secuencia cuenta con un control de flujo *for* que repetirá la prueba 2 veces más, por lo tanto, ya sea que a la hora de ensamblar la tarjeta no se conectó bien el *flex* de los pulsadores a la PCBA, que el *flex* este dañado, que el operario no pulsó bien el pin o no lo hizo del todo, se volverá a realizar la prueba.

Figura 44. Operador pulsando pin 2

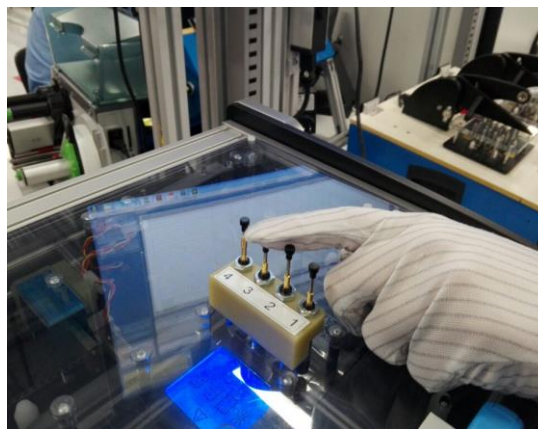


Fuente: Elaboración propia

Para el paso de verificación de *KEY_UP*, se le indica al operario que mantenga presionado el pin indicado con el número 3 en la parte superior del adaptador, y luego presione la tecla *enter* del teclado o con el mouse seleccione la casilla *ok* de la interfaz del operador. Los pasos son similares al de *KEY_BACK* donde se procede a la comunicación con el microcontrolador con respecto a este comando, verificando que la respuesta hexadecimal sea la indicada cuando se estripa el botón de *Up* en la parte frontal del producto.

En caso de que la respuesta no sea la correcta, la secuencia cuenta con un control de flujo *for* que repetirá la prueba 2 veces más, por lo tanto, ya sea que a la hora de ensamblar la tarjeta no se conectó bien el *flex* de los pulsadores a la PCBA, que el *flex* este dañado, que el operario no pulsó bien el pin o no lo hizo del todo, se volverá a realizar la prueba.

Figura 45. Operador pulsando pin 3

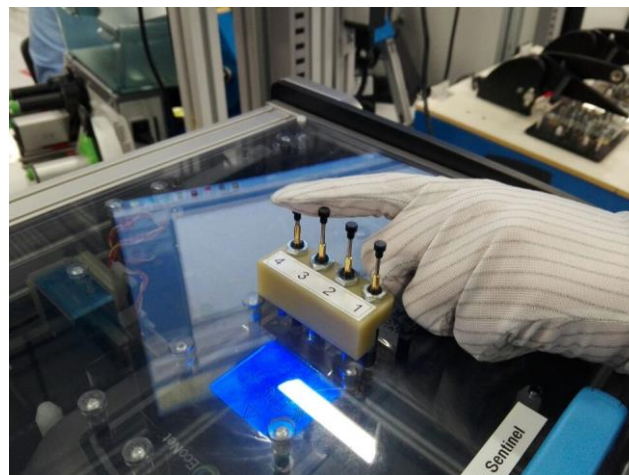


Fuente: Elaboración propia

Para el paso de *KEY_MODE*, se le indica al operario que mantenga presionado el pin indicado con el número 4 en la parte superior del adaptador, y luego presione la tecla *enter* del teclado o con el mouse seleccione la casilla *ok* de la interfaz del operador. Los pasos son similares al de *KEY_BACK*, donde se procede a la comunicación con el microcontrolador con respecto a este comando, verificando que la respuesta hexadecimal sea la indicada cuando se estripa el botón de *Mode* en la parte frontal del producto.

En caso de que la respuesta no sea la correcta, la secuencia cuenta con un control de flujo *for* que repetirá la prueba 2 veces más, por lo tanto, ya sea que a la hora de ensamblar la tarjeta no se conectó bien el *flex* de los pulsadores a la PCBA, que el *flex* este dañado, que el operario no pulsó bien el pin o no lo hizo del todo, se volverá a realizar la prueba.

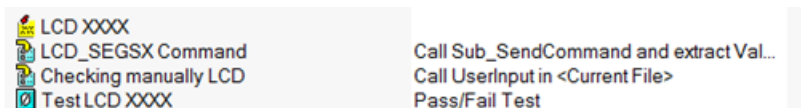
Figura 46. Operador pulsando pin 4



Fuente: Elaboración propia

Para el paso de LCD_SEGSX, se envía comando decimal al microcontrolador en manera de escritura para que en el *display* se muestre: XXXX. Luego se le indica al operario que verifique la pantalla LCD que muestre las cuatro X.

Figura 47. Pasos LCD XXXX



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se muestra la interfaz de operador con el mensaje solicitado sobre XXXX.

Figura 48. Mensaje sobre display XXXX

Secuencia Prueba

C:\ZollnerGroup\Projects\5097400\00\END\Rev07\D_Implementation\Software\5097400.seq

single fixture: El display de la tarjeta muestra XXXX?

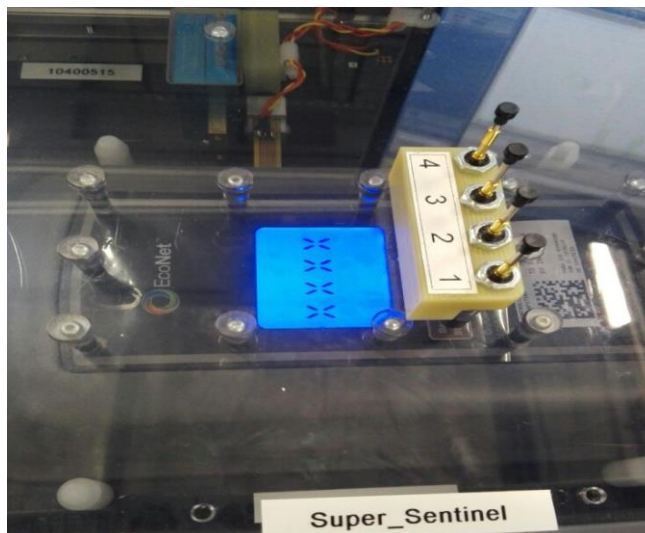
YES NO

Nr.	NombrePrueba	Límite bajo	Valor	Límite alto	Unidad	Estado
1	Software Version	WH-ELEC-E3-01-43	WH-ELEC-E3-0	WH-ELEC-E3-01-4		Passed
2	KEY_BACK	01 03	01 03	01 03		Passed
3	KEY_DOWN	01 03	01 03	01 03		Passed
4	KEY_UP	01 03	01 03	01 03		Passed
5	KEY_MODE	01 03	01 03	01 03		Passed

Fuente: Elaboración propia

Si se visualiza debe pulsar la opción *YES* en la interfaz del operador, en caso contrario elegir la opción *NO*. Se guardan los datos y se procede con la prueba. A continuación, se muestra una imagen de cómo se debe ver la pantalla con las XXXX.

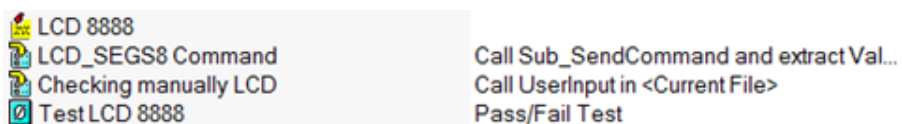
Figura 49. PCBA display XXXX



Fuente: Elaboración propia

En el paso de prueba de LCD_SEGS8, se envía comando decimal al microcontrolador en manera de escritura para que en el *display* se muestre: 8888. Luego se le indica al operario que verifique la pantalla LCD que muestre los cuatro ochos. A continuación, se muestran los pasos en la secuencia de TestStand.

Figura 50. Pasos LCD 8888



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se muestra la interfaz de operador con el mensaje solicitado sobre XXXX.

Figura 51. Mensaje sobre display 8888

Secuencia Prueba

C:\ZollnerGroup\Projects\5097400\00\END\Rev07\D_Implementation\Software\5097400.seq

single fixture: El display de la tarjeta muestra 8888?

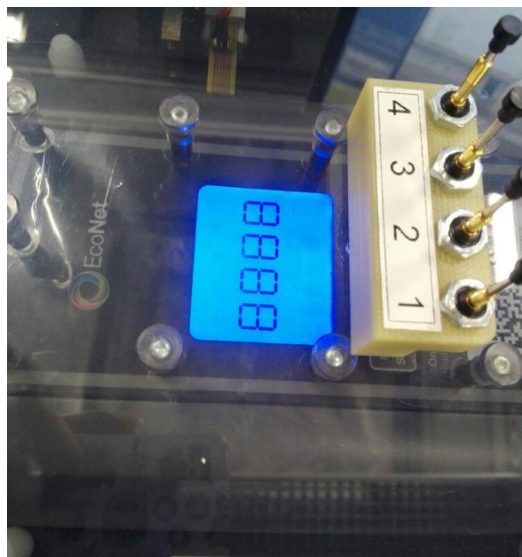
YES NO

Nr.	NombrePrueba	Límite bajo	Valor	Límite alto	Unidad	Estado
1	Software Version	WH-ELEC-E3-01-43	WH-ELEC-E3-0	WH-ELEC-E3-01-4		Passed
2	KEY_BACK	01 03	01 03	01 03		Passed
3	KEY_DOWN	01 03	01 03	01 03		Passed
4	KEY_UP	01 03	01 03	01 03		Passed
5	KEY_MODE	01 03	01 03	01 03		Passed
6	Test LCD XXXX		Passed			Passed

Fuente: Elaboración propia

Si se visualiza debe pulsar la opción **YES** en la interfaz del operador, en caso contrario elegir la opción **NO**. Se guardan los datos y se procede con la prueba. A continuación, se muestra una imagen de cómo se debe ver la pantalla con los 8888.

Figura 52. PCBA display 8888



Fuente: Elaboración propia

Para el paso LCDALLON, se envía comando decimal al microcontrolador en manera de escritura para que el *display* se muestre encendido en su totalidad. Luego se le indica al operario que verifique la pantalla se encuentre toda activada.

Figura 53. Pasos display todo activado



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente imagen se muestra la interfaz de operador con el mensaje solicitado sobre el encendido de toda la pantalla.

Figura 54. Mensaje sobre display todo activado

single fixture: Se encuentra todo el display activado?

YES NO

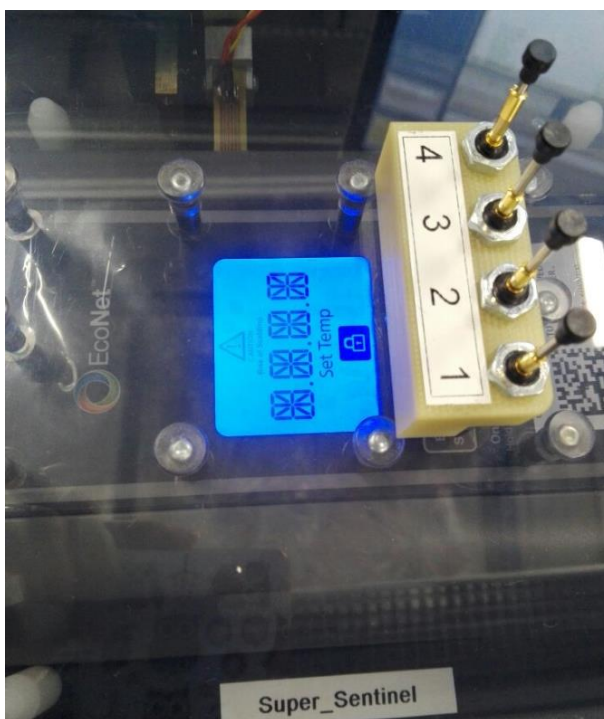
Nr.	NombrePrueba	Límite bajo	Valor	Límite alto	Unidad	Estado
1	Software Version	WH-ELEC-E3-01-43	WH-ELEC-E3-0	WH-ELEC-E3-01-4		Passed
2	KEY_BACK	01 03	01 03	01 03		Passed
3	KEY_DOWN	01 03	01 03	01 03		Passed
4	KEY_UP	01 03	01 03	01 03		Passed
5	KEY_MODE	01 03	01 03	01 03		Passed
6	Test LCD XXXX		Passed			Passed
7	Test LCD 8888		Passed			Passed

Fuente: Elaboración propia

Si es así se debe pulsar la opción *YES* en la interfaz del operador, en caso contrario elegir la opción *NO*. Se guardan los datos y se procede con la prueba. A

continuación, se muestra una imagen de cómo se debe ver la pantalla encendida del todo.

Figura 55. PCBA display todo activado



Fuente: Elaboración propia

DEFAULTS: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de escritura para activar el comando *Defaults* y que la configuración que se pudo haber cambiado con la prueba anterior de los pulsadores, regrese a su estado original.

RESETDEV: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de escritura para activar el comando *ResetDev*, para apagar la PCBA y volver a encenderla de manera automática.

AVERAGE: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de lectura para leer el comando *Average*, de esta manera, se debe verificar que el valor obtenido sea 128. Este es un valor requerido por el cliente.

WHTRENAB: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de lectura para leer el comando *WHTRENAB*, de esta manera, se debe verificar que el estado esté en *Disable*. Este es un dato requerido por el cliente.

WHTRSETP: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de lectura para leer el comando *WHTRSETP*, de esta manera, se debe verificar que el valor obtenido sea 120F. Este es un valor requerido por el cliente.

OFF_TIME: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de lectura para leer el comando *OFF_TIME*, de esta manera, se debe verificar que el valor obtenido sea 30s. Este es un valor requerido por el cliente.

DRY_FIRE: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de lectura para leer el comando *DRY_FIRE*, de esta manera, se debe verificar que el estado este en *YES*. Este es un dato requerido por el cliente.

HIGHTEMP: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de lectura para leer el comando *HIGHTEMP*, de esta manera, se debe verificar que el estado este en *NO*. Este es un dato requerido por el cliente.

FORCEOVR: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de lectura para leer el comando *FORCEOVR*, de esta manera, se debe verificar que el estado esté en *NO*. Este es un dato requerido por el cliente.

ALMALRT: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de lectura para leer el comando ALMALRT, de esta manera, se debe verificar que el valor sea 0, indicando que no hay alarmas presentes en la PCBA.

ALARMH01: por medio del VI se envía el requisito decimal al microcontrolador en manera de lectura para leer el comando ALARMH01, de esta manera, se debe verificar que la respuesta esté en blanco indicando que no hay un historial de alarmas presente.

A continuación se muestra una imagen con los pasos anteriores, todos siguen la línea de enviar el comando de requisito y recibir una respuesta que se compara con la respuesta esperada.

Figura 56. Pasos automáticos

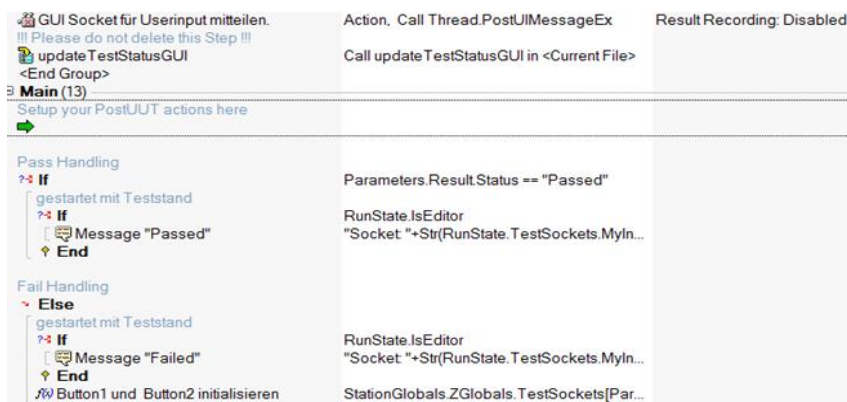
Force Constrain Override = No	Call Sub_SendCommand and extract Val...	
FORCE Command	TimeInterval(0.1)	
Wait	String Value Test	
FORCEOVR		
ALRESET	Call Sub_SendCommand and extract Val...	
ALRESET Write Commands		
Current Alams & Alerts = 0	Call Sub_SendCommand and extract Val...	
ALRMALRT Command	TimeInterval(0.1)	
Wait	String Value Test	
ALRMALRT		
All History Clear	Call Sub_SendCommand and extract Val...	
ALHISCLR Write Commands	Call Sub_SendCommand and extract Val...	
ALREAD		
Alarm History = Null	Call Sub_SendCommand and extract Val...	
ALARMH01 Command	TimeInterval(0.4)	
Wait	String Value Test	
ALARMH01		
Current Alams & Alerts = 0	Call Sub_SendCommand and extract Val...	
ALRMALRT Command	TimeInterval(0.1)	
Wait		
All History Clear	Call Sub_SendCommand and extract Val...	
ALHISCLR Write Commands	Call Sub_SendCommand and extract Val...	
ALREAD		
Alarm History = Null	Call Sub_SendCommand and extract Val...	
ALARMH01 Command	TimeInterval(0.4)	
Wait	Locals.IOResult=Locals.IOResult	
Statement	Goto <Invalid Target>	Precondition, Post Action
Goto	Action, EcoNet_Tool_2_51.lvproj, close.vi	Load Option
Close RS485		

Fuente: Elaboración propia

5.4.4 PostUUT:

El resultado de la prueba se visualiza en la interfaz del operador. La siguiente imagen muestra los pasos realizados; según sea el resultado en el *Main Sequence* así será el aviso al operario, si la tarjeta ha pasado exitosamente la prueba aparecerá un *PASS* y si la PCBA falló se mostrará un *FAIL*, esto se realiza con un *if* y un *else* como condición.

Figura 57. Pasos resultado prueba



Fuente: Elaboración propia

Con la siguiente imagen se muestra cómo los resultados de la interfaz de operador despliegan la información al operador, además de valores numéricos de cuántas tarjetas han sido probadas exitosamente y cuántas han fallado.

Figura 58. Pass PCBA



Fuente: Elaboración propia

Además, en la secuencia del *PostUUT* hay una subsecuencia la cual tiene un contador de pruebas exitosas y pruebas fallidas, estos resultados actualizan el GUI. También se encuentra los pasos para realizar la impresión de etiqueta. Primeramente, hay una subsecuencia con los datos de impresión, luego se le indica al operador que indique si la impresión fue correcta, pues la calidad de la etiqueta debe ser bastante buena y legible. Si la impresión presenta alguna falta ya sea de puntos negros, que el código no se encuentre bien o si salió torcida, el operario escoge la opción que “NO” y por medio del *Goto* se vuelve a imprimir la etiqueta. La siguiente imagen muestra los pasos anteriormente explicados.

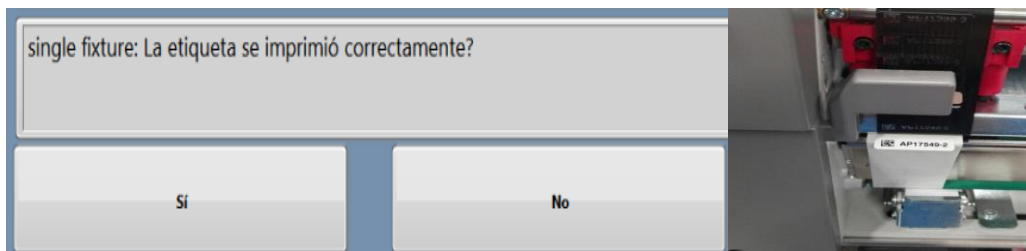
Figura 59. Pasos impresión etiqueta

Increment Pass Counter	StationGlobals.ZGlobals.TestSockets[Par...	
If	FileGlobals.Material == "184704601"	Skip
Printer Steps 1847046		
Print Label	Call Sub_Printing Label 1847046 in <Current...	Pre Expression
UserInput	Call UserInput in <Current File>	
Goto	Goto Printer Steps 1847046	Precondition, Post Action
Else		
Increment Fail Counter	StationGlobals.ZGlobals.TestSockets[Par...	
End		

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la pregunta que el operador debe contestar y la etiqueta impresa.

Figura 60. Mensaje etiqueta



Fuente: Elaboración propia

Luego se le indica al operario que abra la cubierta y retire la tarjeta. La siguiente figura muestra el mensaje del GUI para el operario.

Figura 61. Mensaje abrir cubierta



The screenshot shows a GUI window with a message box at the top that reads "single fixture: Abra la cubierta y retire la tarjeta." Below the message box are three buttons. The bottom part of the window displays a table with the following data:

Nr.	NombrePrueba	Límite bajo	Valor	Límite alto	Unidad	Estado
1	Software Version	WH-ELEC-E3-01-43	WH-ELEC-E3-0	WH-ELEC-E3-01-4		Passed
2	KEY_BACK	01 03	01 03	01 03		Passed
3	KEY_DOWN	01 03	01 03	01 03		Passed
4	KEY_UP	01 03	01 03	01 03		Passed
5	KEY_MODE	01 03	01 03	01 03		Passed
6	Test LCD XXXX		Passed			Passed
7	Test LCD 8888		Passed			Passed
8	Test LCD All on		Passed			Passed
9	Average	128	128	62.8	und.	Passed
10	WHTRENAB	00 00	00 00	00 00		Passed
11	WHTRSETP	120	120	62.8	F	Passed
12	OFF_TIME	30	30	30		Passed
13	DRY_FIRE	01 03	01 03	01 03		Passed
14	HIGHTEMP	00 03	00 03	00 03		Passed
15	FORCEOVR	00 03	00 03	00 03		Passed
16	ALRMALRT	0	0	0		Passed
17	ALARMH01					Passed

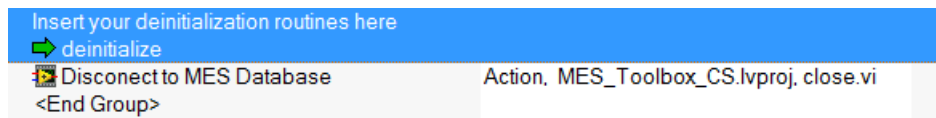
Fuente: Elaboración propia

Después de que se han realizado cada uno de estos pasos del *Main Sequence* y del *Post UUT*, la interfaz de operador vuelve a realizar los pasos desde el *PreUUT*, pidiendo el código de trazabilidad de la tarjeta.

5.4.5 ProcessCleanup

En esta fase, si se desea detener las pruebas una vez que no hay PCBAs dentro del adaptador, se selecciona aborta y de esta manera los dispositivos y recursos que se inicializaron en el comienzo se deshabilitan. Además, se hace un desenlace con el sistema de trazabilidades.

Figura 62. Pasos ProcessCleanup



Fuente: Elaboración propia

Así como en el principio de la prueba, la secuencia de *ProcessSetup* realiza la inicialización de todos los recursos y lo genera una solo vez, la secuencia de *ProcessCleanup* hace lo contrario, pues deshabilita los dispositivos y se realiza una única vez.

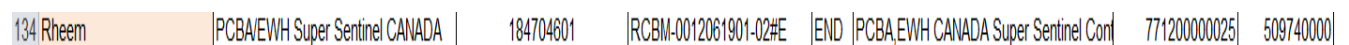
5.4.6 ErrorHandling

En caso de que se presente un error en algunas de las etapas anteriores, ya sea debido a que un dispositivo no funcione correctamente o que falta conectar la alimentación del adaptador o la comunicación USB, se detendrá la secuencia inmediatamente deshabilitando todos los dispositivos en uso.

5.5 CREACIÓN DE PRUEBA EN PDM Y MCP

Se agrega en estos dos softwares este nuevo proceso de test, para que por medio de ellos se puedan registrar los resultados de la prueba y que también se pueda elegir la interfaz de operador para poder probar el producto.

Figura 63. Creación MCP

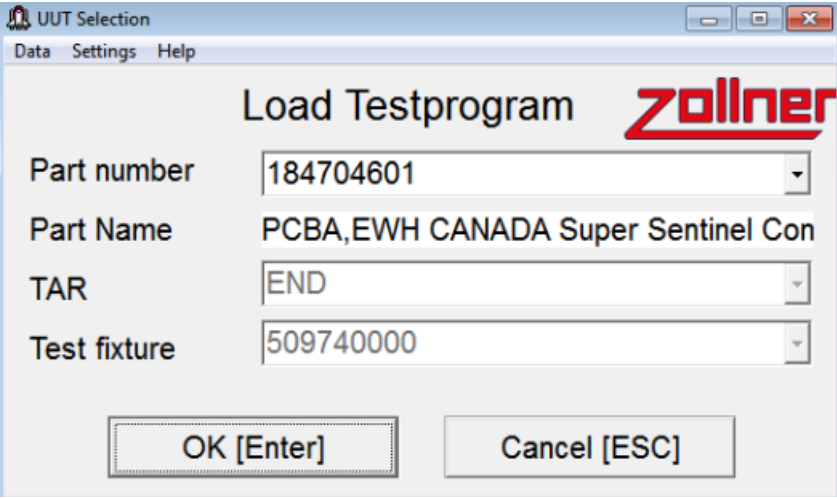


Fuente: Elaboración propia

La imagen anterior se refiere a una hoja de excel referente a la selección de la prueba en MCP, es necesario incluir este nuevo proceso para que al abrir el MCP se pueda encontrar el EOL de Super Sentinel. La primera columna se refiere al cliente, la segunda a la descripción del producto, la tercera es el número de parte en Zollner, la cuarta al número de producto de Rheem, la quinta al proceso a realizar en este caso *End* se refiere a *End of Line Test*. La sexta casilla es de nuevo la descripción del producto, la séptima casilla es el número de estación en la que se realiza la prueba y la última es el número de activo del adaptador. Este proceso es un estándar de Zollner y se realiza para todos las pruebas y productos.

Al guardar estos cambios en la hoja de excel, ya se puede abrir el software MCP como se muestra en la imagen siguiente, él se encargará de realizar el llamado a la secuencia de prueba de Super Sentinel que se encuentra en el servidor, y desplegar el GUI.

Figura 64. Selección en MCP



The image shows a screenshot of a software window titled "UUT Selection". The window has a menu bar with "Data", "Settings", and "Help". The main content area is titled "Load Testprogram" and features the "Zollner" logo. There are four input fields, each with a dropdown arrow:

- Part number: 184704601
- Part Name: PCBA,EWH CANADA Super Sentinel Con
- TAR: END
- Test fixture: 509740000

At the bottom of the window, there are two buttons: "OK [Enter]" and "Cancel [ESC]".

Fuente: Elaboración propia

De la imagen anterior se puede observar la selección del proceso de Super Sentinel en MCP, el *part number* es el número de parte del producto en Zollner. El *Part Name* es el nombre completo dado por Rheem, *TAR* es el proceso de prueba a realizar y *Test fixture* es el número de activo del adaptador.

Para la creación de este paso de prueba en PDM, se hace una selección en este software habilitando la prueba con un *check*. Como se muestra en la siguiente imagen, este proceso solo lo pueden realizar los ingenieros de pruebas en Zollner.

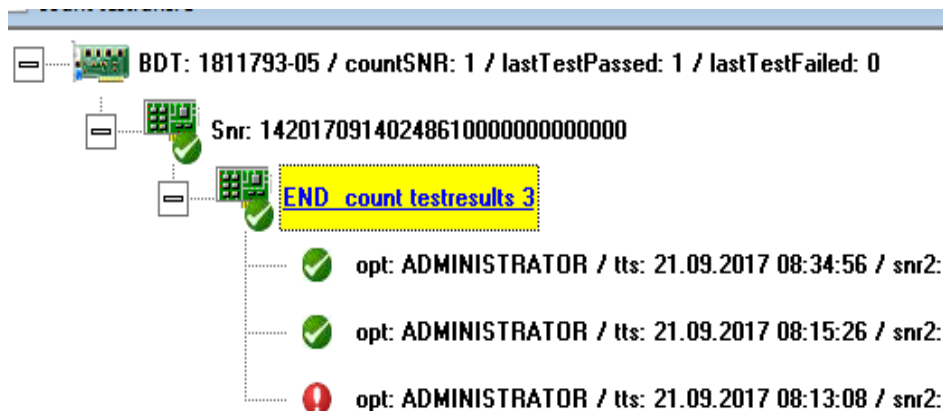
Figura 65. Creación prueba PDM

The screenshot displays a software interface for test creation. On the left, a green panel contains several input fields: 'SAP number' (181179305), 'Test family (same snr circle)' (181179305), 'BDT name' (1811793-05), 'Number of subassembly' (0), 'Capillary joints' (0), and 'Parts' (0). Below these is a dropdown menu for 'Cost center of inspection order' with the following options: 'Elektronik 4 / EF1 / 113116', 'Elektronik 4 / EN1 / 116002', 'Elektronik 4 / EN1 / 116004', 'Elektronik 4 / EN1 / 116100', 'Elektronik 4 / EN1 / 116120', and 'Elektronik 5 / EM1 / 100277' (which is selected). On the right, a tree view under 'Testarten' shows various test types, with 'Endtest' circled in red.

Fuente: Elaboración propia

Con este software se puede mostrar el resultado de cualquier tarjeta en el momento que se quiera, a continuación se visualiza el resultado de una PCBA, la cual se validó por el final de línea de Super Sentinel.

Figura 66. Final de línea en PDM



Fuente: Elaboración propia

En la imagen se puede observar que la tarjeta con ese número serial (Snr), se probó electrónicamente tres veces en el final de línea el día 21 de setiembre del 2017. El resultado de la prueba completo con cada paso ejecutado se puede encontrar en el anexo 4 (Resultado en PDM.pdf).

5.6 MSA Y LIBERACIÓN

Siguiendo los lineamientos del departamento de calidad y los requerimientos del cliente, se realiza un *Measurement System Analysis* para validar la estabilidad y la confiabilidad del adaptador. Por lo tanto, se ejecuta la prueba de repetitividad y reproducibilidad, utilizando una tarjeta *Golden*, se realiza el test en 50 ocasiones y los datos se envían al ingeniero de calidad, los cuales son aprobados y se cataloga el *fixture* como un equipo apto para testear tarjetas Super Sentinel en el proceso de *End of Line*. El documento de aprobación por parte de calidad se encuentra en el anexo 5 (MSA aprobado.pdf).

Para la capacitación del personal se utiliza una instrucción de trabajo realizada por el ingeniero de procesos, en ese documento se explica cada paso a realizar en la prueba. Por razones de privacidad de la empresa no pudo ser posible mostrar su contenido.

5.7 ADAPTADOR ENSAMBLADO

A continuación, se muestran algunas imágenes referentes al ensamble terminado del adaptador, según el diseño del diagrama eléctrico realizado en este proyecto.

Figura 67. Vista frontal adaptador



Fuente: Elaboración propia

Figura 68. Vista lateral adaptador



Fuente: Elaboración propia

Figura 69. Switch de emergencia y habilitación de voltaje y luz indicadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 70. Parte trasera adaptador, conector USB y alimentación



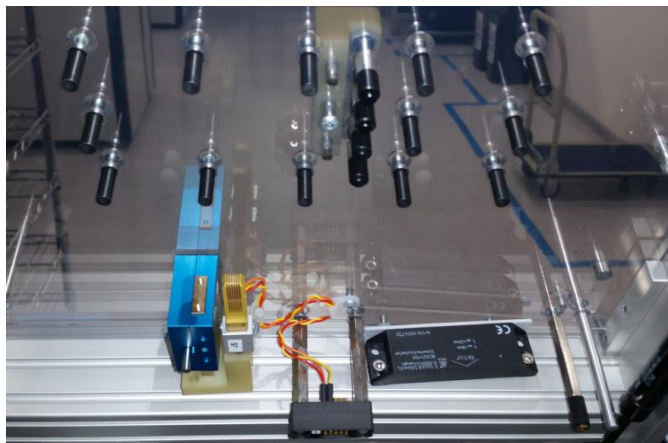
Fuente: Elaboración propia

Figura 71. Sector donde se coloca la tarjeta



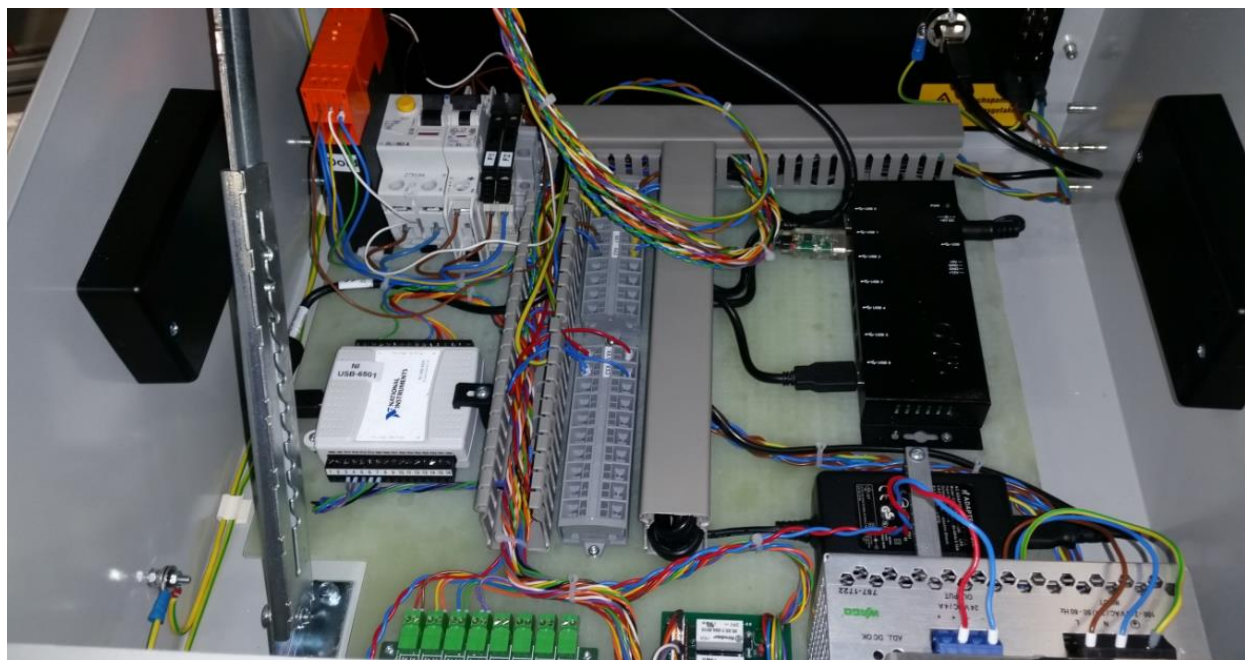
Fuente: Elaboración propia

Figura 72. Soportes, sensor magnético y conector hacia RS-485



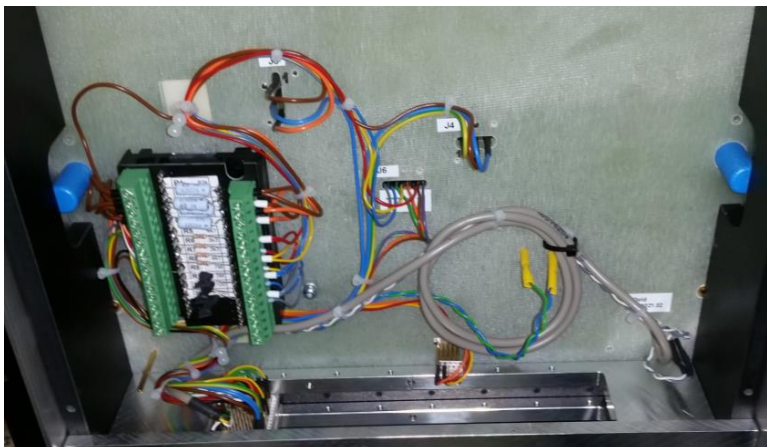
Fuente: Elaboración propia

Figura 73. Vista interna adaptador



Fuente: Elaboración propia

Figura 74. Vista sector de cargas y pines interior



Fuente: Elaboración propia

Figura 75. HUB, RS-485 y USB NI-6501



Fuente: Elaboración propia

Figura 76. IO Wiring y 4 Way Relay Card



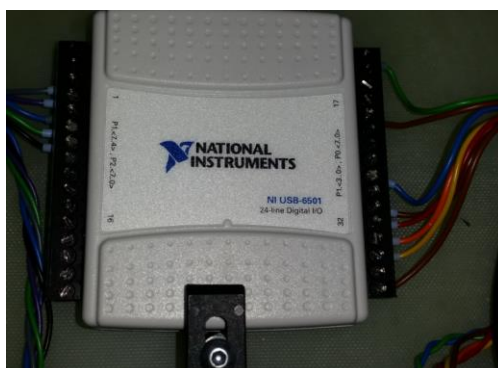
Fuente: Elaboración propia

Figura 77. Disyuntores de protección y fusibles



Fuente: Elaboración propia

Figura 78. NI-6501



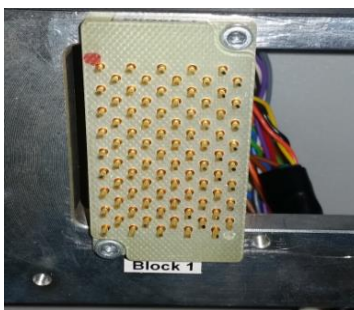
Fuente: Elaboración propia

Figura 79. Convertidor 230Vca – 24Vcd



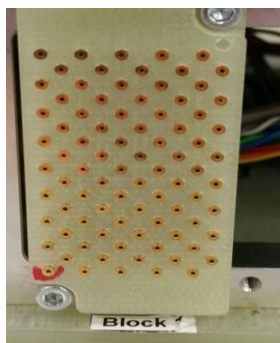
Fuente: Elaboración propia

Figura 80. Pylon Block macho



Fuente: Elaboración propia

Figura 81. Pylon Block hembra



Fuente: Elaboración propia

Figura 82. Pines de verificación cobertor cerrado



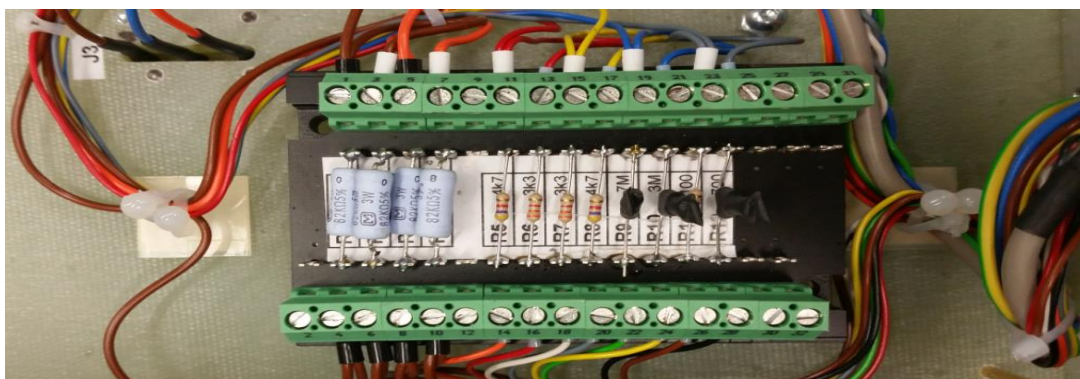
Fuente: Elaboración propia

Figura 83. Switch verificación de presencia de tarjeta



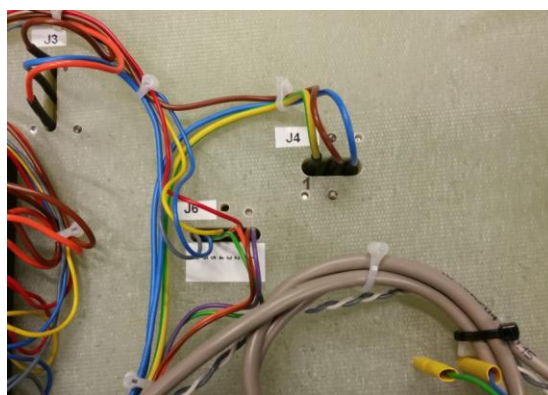
Fuente: Elaboración propia

Figura 84. Circuito de cargas



Fuente: Elaboración propia

Figura 85. Conexión interna con J3, J4 y J6



Fuente: Elaboración propia

5.8 COMUNICACIÓN CON INGENIERÍA DE PROCESOS

Como parte de la creación de un nuevo adaptador de prueba, se debe actualizar la instrucción de trabajo para el operador, ya que el proceso tuvo una modificación y como parte de los lineamientos de calidad cada operario debe tener en la computadora abierto el archivo .pdf relacionado a la tarea que se encuentra realizando.

La instrucción de trabajo no es posible adjuntarla en este escrito, debido a que en Zollner es un documento clasificado como interno, y su publicación es penalizado, sin embargo, se puede decir que se le indica al ingeniero de procesos cada uno de los pasos nombrados en el capítulo 5.4, desde que se toma una PCBA para escanear su código de trazabilidad hasta que la prueba es exitosa y se imprime la etiqueta, para colocar la tarjeta en una bolsa ESD.

5.9 CAPACITACIÓN AL PERSONAL

Operarios: junto con la ingeniera de procesos se capacita al personal encargado del área de test de Rheem de los 3 turnos, acerca de este nuevo proceso, como guía para el operario se utiliza la instrucción de trabajo. Se realizan ejemplos de pruebas y se evacuan preguntas.

Técnicos: se les capacita en comprensión del funcionamiento del adaptador y su manera de validar tarjetas. Se comparte el diagrama eléctrico y se explica el funcionamiento de sus componentes internos, en caso de algún problema al cual demande soporte.

Ingenieros: se le explica cómo funcionan las secuencias en TestStand y LabVIEW, además del diseño del adaptador y sus dispositivos internos, en caso de futuro soporte o cambios que el cliente requiera. Los archivos de capacitación para técnicos e ingenieros no fue posible adjuntarlos a este escrito, debido a su clasificación de Zollner como interno.

5.10 COSTOS - BENEFICIO

A continuación, se muestra dos tablas con la descripción y el costo de distintos aspectos que fueron necesarios para la elaboración de este proyecto. Es importante mencionar que los costos de la creación del adaptador en Ingun se dividen en dos partes, la base donde se encuentran los dispositivos de seguridad, alimentación y comunicación, y la otra es el casete el cual contiene los pines y las cargas que hacen conexión con la tarjeta, en el Anexo 17 - Cotización Ingun.pdf, se encuentra la cotización que envió Ingun, en ella se calcula el costo como un todo y no individualmente por componente. Además, se muestran los costos de diseño e implementación por separado.

Tabla 3. Costos de diseño

Artículo	Cantidad	Precio dólares (1.18/euro)	Precio colones (577/dólar)
Horas Ingeniero Junior Zollner Costa Rica. Diseño diagrama eléctrico (€3200/hora)	50	\$277.29	€160,000
Horas Ingeniero Junior Zollner Costa Rica. Diseño Programación (€3200/hora)	80	\$443.67	€256,000
Total	130	\$720.96	€416,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Costos de implementación

Artículo	Cantidad	Precio dólares (1.18/euro)	Precio colones (577/dólar)
Base del adaptador (MA 2112/3212)	1	\$5,280.21	€3,046,685.09
Casete del adaptador (ATS MA12)	1	\$6,587.59	€3,801,043.93
NI USB-6501	1	\$120	€69,240
Four Way Relay Card	1	\$40	€23,080
IO Wiring	1	\$100	€57,700
Horas Ingeniero Junior Zollner Costa Rica realizando pruebas de calidad MSA (€3200/hora)	2	\$11.09	€6,400
Total		\$12,138.89	€7,004,149.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Costos totales

Artículo	Precio dólares (1.18/euro)	Precio colones (577/dólar)
Costos de diseño	\$720.96	€416,000
Costos de implementación	\$12,138.89	€7,004,149.02
Total	\$12,859.85	€7,420,149.02

Fuente: Elaboración propia

Además, en la siguiente tabla, se muestra la ganancia que tiene el cliente Rheem con la reducción de tiempos sólo en este proceso de EOL. El tiempo de

reducción por tarjeta es de alrededor 150 segundos, lo que quiere decir que se cobra a Rheem \$1.42 menos por tarjeta.

En la última columna se puede visualizar la ganancia en cuestiones de una producción de 2000 tarjetas mensuales.

Tabla 6. Ganancia Rheem

Descripción	Cantidad de seg en la prueba	Precio del proceso EOL por PCBA	Orden de producción 2000 tarjetas
Adaptador manual antes utilizado	200 seg	\$2.04	\$4080 (¢2.354.160)
Adaptador diseñado en este proyecto	50 seg	\$0.62	\$1240 (¢715.480)
Reducciones realizadas	150 seg	\$1.42	\$2840 (¢1.638.680)

Fuente: Elaboración propia

El cliente Rheem estaba esperando un proceso de EOL adecuado para aumentar la demanda de producto, por lo tanto, este proyecto generó también ganancias en Zollner, pues las ventas mensuales se aumentaron de órdenes de producción de 2500 PCBA a 3500 tarjetas ensambladas o más.

Esto, no solo es un tema de dinero, sino de confianza en la empresa como una EMS de calidad global. A continuación, se muestra una tabla con la ganancia obtenida en Zollner, con el aumento de producción mensual de tarjetas Super Sentinel.

Tabla 7. Comparación de ganancias en Zollner durante una hora de pruebas

Descripción	Precio del proceso EOL por PCBA	Número de tarjetas probadas en una hora por el EOL	Ganancias
Adaptador manual <u>antes</u> utilizado durante una hora	\$45	19	\$855 (¢493,335)
Adaptador <u>diseñado en este proyecto</u> utilizado durante una hora	\$45	72	\$3240 (¢1,869,480)
Ganancia obtenida con este proyecto	\$0 (el precio de la PCBA se mantiene)	+53	+\$2385 (¢1,376,145)

Fuente: Elaboración propia

El incremento de ganancia mensual es notable, logrando los objetivos planteados en el capítulo uno de este proyecto. Con este incremento en la producción, los costos que se generaron para la creación del adaptador quedan cubiertos en menos de un mes de producción.

De la tabla anterior se deduce que para llegar a 72 unidades probadas había que esperar 3 horas y media pues el proceso era bastante lento y por hora se obtenían solo 19 unidades validadas. De esta manera, al reducirse el tiempo de prueba se aumenta el número de tarjetas que se exportan por semana lo cual incrementa las ganancias mensuales. La ganancia que se obtenía por una hora de pruebas tuvo un aumento de ¢1, 376,145 más.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Como parte de la elaboración de este proyecto, se realizó la comunicación con los departamentos en Zollner Costa Rica relacionados con el cliente Rheem, de esta manera el área de ingeniería de procesos, calidad y pruebas, se encontraron enterados para debidas aprobaciones, entrenamientos y creación de documentación.

Se hizo la selección del tipo de adaptador que se requería para la prueba, además de los dispositivos electrónicos internos para su debido funcionamiento, por lo tanto, se utilizaron elementos de protección, alimentación, comunicación y cargas relacionadas con la prueba indicadas por Rheem.

Se realizó la creación de un diagrama eléctrico para el adaptador de pruebas de final de línea, utilizando los dispositivos electrónicos propios de Zollner como la *IO Wiring*, y la *Four way relay card*, herramientas de National Instruments como el NI-6501, sistemas de protección y componentes necesarios para ejecutar diferentes pruebas según lo indicado por el cliente Rheem. Para su elaboración se utilizó el software Splan como medio estándar en la empresa, con el cual se realizan los diagramas eléctricos de los sistemas de pruebas.

Se ensambló el adaptador en la empresa Ingun, al ser especialista en esta materia y al haber tenido contratos previos con otros sistemas de pruebas, además de ser uno de los suplidores aprobados por Zollner. Al llegar el equipo ensamblado a Costa Rica, se ejecutó una inspección de verificación en la que se observó tres áreas donde el resultado no era el esperado, las cuales se modificaron y se igualó al diseño

original del diagrama eléctrico, fuera de eso, todas las demás conexiones llegaron en buenas condiciones.

Se obtuvieron cada uno de los comandos hexadecimales referidos a los pasos que conforman la prueba de EOL, los cuales fueron definidos por Rheem. Cada uno de esos comandos contiene números hexadecimales que representan el requisito y la respuesta. Para conseguirlos se utilizó un convertidor USB a RS-485 y la herramienta del cliente EcoNet Tool.

Se logró automatizar gran parte del proceso de final de línea, utilizando los softwares TestStand y LabVIEW de National Instruments. Por medio de ellos, se realizaron llamados a los dispositivos que conforman el adaptador, para la protección, habilitación de voltaje y transferencia de datos. Los comandos hexadecimales obtenidos con la herramienta EcoNet Tool se incluyeron en la secuencia de TestStand, permitiendo de esta manera la comunicación entre la tarjeta y la computadora, ejecutando comandos de modo automático y verificando su resultado de manera segura.

Además, la impresión de etiqueta ahora se realiza únicamente si la tarjeta electrónica Super Sentinel tiene un resultado positivo, ya no es necesario imprimir un rollo de etiquetas en otra área que no sea la de pruebas, lo cual ocasionaba desperdicio y se evita que PCBA con resultado negativo le coloquen etiqueta. Así mismo, el operador tiene una menor manipulación de la prueba y tiene mayor protección contra el voltaje.

Se crearon enlaces entre los softwares PDM, MCP y TestStand. Por medio de esto, se logra habilitar la elección de la secuencia de prueba en una interfaz de operario, la cual es de fácil comprensión y contiene información útil respecto a las pruebas ejecutadas. Además, los resultados obtenidos son registrados en la base de datos de Zollner, por lo tanto, se puede obtener estadística del proceso para verificar el estado del adaptador o la calidad de las tarjetas. Así mismo, es posible rastrear los resultados de la prueba de final de línea para cualquier tarjeta, incluyendo quién fue el operario que la validó en el adaptador.

Para la aprobación con el departamento de calidad se ejecutó un *Measurement System Analysis*, por medio del cual se considera el adaptador de EOL de Super Sentinel como un proceso estable, formal y adecuado para una correcta validación de producto.

Se realizó junto a ingeniería de procesos, la actualización de la instrucción de trabajo para el nuevo proceso de final de línea, con el cual el operador puede ejecutar sus labores con un instructivo actualizado y conforme al uso de este nuevo adaptador de pruebas.

Además, se hicieron las debidas capacitaciones para los operarios con su instrucción de trabajo. Así mismo, se realizaron para los técnicos e ingenieros para su debida comprensión en cuanto al funcionamiento del adaptador y en caso de posibles problemas futuros para brindar un pronto y eficiente soporte.

Este proceso de diseño e implementación para la automatización del final de línea logró reducir el tiempo de prueba a un 75% al pasar de una duración alrededor de 3:20 minutos a 50 segundos. Permitiendo que para esta etapa de pruebas el cliente pague 1.42 dólares menos por cada tarjeta probada electrónicamente.

Este aporte generó una mayor confiabilidad de la prueba ante el cliente, el cual se mostró satisfecho ante la implementación. Por tanto, al mostrar la capacidad para validar órdenes de PCBA en un mayor volumen, la producción aumentó de manufacturar 2500 PCBAs a 3500 tarjetas o más de Super Sentinel mensuales, generando más ganancias en la empresa. Esto es debido no solo a que se cobra menos a Rheem en el proceso de EOL, sino también a que Zollner ahora se encuentra en capacidad de validar más tarjetas en menor tiempo y con mayor calidad.

A Zollner lo benefició la realización de este trabajo, porque hay más demanda de PCBAs, se fortalecen los procesos y se obtiene una mayor seguridad para el operario. Cada uno de los objetivos propuestos anteriormente en el capítulo uno, fueron realizados e implementados, obteniendo de esta manera, un exitoso resultado en el desarrollo del proyecto.

6.2 RECOMENDACIONES

Para mejorar el proceso de ensamblajes de adaptadores, se puede optar por una compañía que se encuentre en el continente americano, como es el caso la empresa Interlatin, la cual es mexicana. Se considera importante el hecho de realizar los ensamblajes de adaptadores en Costa Rica. El departamento de mecánica tiene muchos materiales, equipos y herramientas los cuales se pueden utilizar y ejecutar esta labor

en Cartago, esto reduciría mucho tiempo de entregas y la comunicación entre el departamento de diseño y el de manufactura de *fixtures* sería mucho más fácil, sencilla y constante. La empresa Ingun es excelente, pero en el caso de Zollner Costa Rica la diferencia de horarios es un problema.

Se puede optar por realizar cambios en la interfaz de operador estándar de Zollner, incrementando el tamaño de la letra de los pasos de prueba realizados, para tener una mayor legibilidad del nombre de cada uno.

Para obtener una mayor automatización del proceso de pruebas de final de línea, se considera de importancia la adición de un sistema con electroválvulas colocado en la parte superior de la cubierta, eliminando así los pines pulsadores manuales. Entonces por medio de señales de voltaje se activarían las electroválvulas y se podría realizar la prueba de los botones de la PCBA, por medio de ellas, se reducirían más los tiempos.

Así mismo, la verificación de los caracteres en pantalla LCD se podría automatizar por medio de un sistema de visión con cámara, el cual realice una comparación de cómo se debe visualizar la pantalla con imágenes correctas y las que muestra la PCBA en el momento de la prueba. De esta manera automatizando todos los pasos del EOL.

Es necesario tener repuestos de todos los pines del adaptador, ya sean los que hacen contacto con los conectores de la PCBA o los que se encuentran en la parte superior del cobertor utilizados como pulsadores, ya que con el uso se van

deteriorando y pueden generar problemas en las pruebas. Hay una mayor exposición a golpes en los pines de la cubierta, por lo tanto, se pueden proteger con la fabricación de unas láminas o acrílicos alrededor de este bloque, prolongando de esta manera su vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

Boylestad (2004). Introducción al análisis de circuitos. 10ma, Pearson

Boylestad y Nashelsky (2003). Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. 8va Edición, Pearson

Chapman (2012). Máquinas eléctricas. 5ta Edición, McGraw-Hill

Floyd (2007). Principios De Circuitos Eléctricos. 8va Edición, Pearson

Floyd (2006). Fundamentos de sistemas digitales. 9na Edición, Pearson

Hambley (2008). Electrónica. 2da Edición, Pearson

Hart (2001). Electrónica de Potencia. 1era Edición, Pearson

Hayt; Kemmerly y Durbin (2007). Análisis de circuitos de ingeniería. 5ta Edición, McGraw-Hill

Hernandez; Fernández y Baptista (). Metodología de la investigación. 5ta Edición, McGraw-Hill

López y Moyón (2011). Desarrollo de un sistema scada para la medición de temperatura con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Malvino (2000). Principios de Electrónica. 6ta Edición, McGraw-Hill

Palacios; Remiro y López (2004). Microcontrolador PIC16F84. 1era Edición, Alfaomega

Pazos y Gutiérrez (2011). Manual para el curso Métodos de Investigación. 1era Edición, SECADE

Ramírez y García-Mochales (2013). Instrumentación de referencia para realización automática de ensayos de fiabilidad. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

Rodríguez (2001). Componentes Electrónicos. 1era Edición, Alsina

Ruiz; Arbelaitz y Etxeberria (2004). Análisis Básico de Circuitos Eléctricos y Electrónicos. 1era Edición, Pearson

Sedra y Smith (1999). Circuitos Microelectrónicos. 4ta Edición, OXFORD

Tocci; Widmer y Moss (2007). Sistemas Digitales PRINCIPIOS Y APLICACIONES. 10ma Edición, Pearson

Recursos en la red:

Ingun (2017). About Ingun. Disponible en:
<http://www.ingun.com/en/Company/INGUNGroup/AboutINGUN>

Ingun (2017). In-circuit and Function Test (ICT/FCT). Disponible en:

http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/ICT_FCT

Ingun (2017). High-current Test Probes. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/HSS>

Ingun (2017).RF-and Dipole Test Probes. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/DipolRF>

Ingun (2017). Switching Probes. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/SwitchingProbes>

Ingun (2017). Pneumatic Test Probes. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/PneumaticTestProbes>

Ingun (2017). Manual Test Fixtures. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/ManualTestFixtures>

Ingun (2017). MA 20xx series. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/ManualTestFixtures/MA-Series/MA20xx-Serie>

Ingun (2017). MA 21xx series. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/ManualTestFixtures/MA-Series/MA21xx-Serie>

Ingun (2017). MA 32xx series. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/ManualTestFixtures/MA-Series/MA32xx-Serie>

Ingun (2017). MAxxx series. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/ManualTestFixtures/MA-Series/MAxxx%20series>

Ingun (2017). Exchangeable kits. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/Exchangeablekits>

Ingun (2017). Vacuum Test Fixtures. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/VacuumTestFixtures>

Ingun (2017). Inline Interchangeable kits. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/InlineInterchangeablekits>

Ingun (2017). Interface Blocks. Disponible en:

<http://www.ingun.com/en/Products/ProductGroups/InterfaceBlocks>

Ingun (2017). Panasonic Mejora la Calidad de su PC Portátil con LabVIEW y PXI.

Disponible en:

<http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-12548#>

National Instruments (2017). Microsoft Utiliza LabVIEW e Instrumentos Modulares PXI para Desarrollar un Sistema de Pruebas de Producción para Controladores de Xbox 360. Disponible en:

<http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-14665>

National Instruments (2017). Tecnologías Esenciales para Pruebas en Electrónica de Consumo. Disponible en:

<http://www.ni.com/white-paper/7000/es/>

National Instruments (2017). ¿Qué es NI TestStand?. Disponible en:

<http://www.ni.com/teststand/whatis/esa/>

National Instruments (2017). ¿Qué puedo hacer con LabVIEW? Disponible en:

<http://www.ni.com/labview/why/esa/>

National Instruments (2017). Sobre NI. Disponible en:

<http://www.ni.com/company/about-ni/esa/>

National Instruments (2017). Compañía. Disponible en:

<http://www.ni.com/company/esa/>

National Instruments (2017). TestStand. Disponible en:

<http://www.ni.com/teststand/esa/>

National Instruments (2017). Software de Desarrollo de Sistemas NI LabVIEW. Disponible en:

<http://www.ni.com/labview/esa/>

National Instruments (2017). Simplifique la Complejidad. Disponible en:

<http://www.ni.com/labview/why/graphical-programming/esa/>

National Instruments (2017). Amplia Integración de Hardware. Disponible en:

<http://www.ni.com/labview/why/hardware-integration/esa/>

National Instruments (2017). Análisis Extenso de Datos. Disponible en:

<http://www.ni.com/labview/why/analysis/esa/>

National Instruments (2017). Enfóquese en la Ejecución, No en la Integración.

Disponible en:

<http://www.ni.com/labview/why/programming-approaches/esa/>

National Instruments (2017). Implementación Software en el Hardware Adecuado.

Disponible en:

<http://www.ni.com/labview/why/multiple-targets/esa/>

National Instruments (2017). Potente Ejecución de Hilos Múltiples. Disponible en:

<http://www.ni.com/labview/why/multicore/esa/>

National Instruments (2017). USB-6501. Disponible en:

<http://www.ni.com/es-cr/support/model.usb-6501.html>

Panorama Audiovisual (2017). Nuevas tendencias e implementaciones en la tecnología de sensors para el future de la producción en vivo. Disponible en:

<http://www.panoramaaudiovisual.com/2013/08/22/nuevas-tendencias-e->

[implementaciones-en-tecnologia-de-sensores-para-el-futuro-de-la-produccion-en-vivo/](http://www.panoramaaudiovisual.com/2013/08/22/nuevas-tendencias-e-)

Rheem (2017). Professional Prestige Series: Electric. Disponible en:

<http://www.rheem.com/product/residential-electric-water-heaters-professional-prestige-series-electric>

USCONVERTERS.COM (2017). USB to RS485 / RS422 Converters. Disponible en:

<http://www.usconverters.com/usb-rs485-rs422-converters>

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS

01 -Encuesta de valoración.pdf

02 - Tiempos de prueba.pdf

03 - Diagrama eléctrico.pdf

04 - Resultado en PDM.pdf

05 - MSA aprobado.pdf

06 - NI USB-6501 Guía de usuario.pdf

07 - Guía calentador de agua de Rheem.pdf

08 - Circuit breaker.pdf

09 - FTDI RS-485.pdf

10 - Dold sensor magnético.pdf

11 - Dold relevador de seguridad BG5925.pdf

12 - Datasheet NI USB-6501.pdf

13 - Eaton-TM-1-8291_E_SVB.pdf

14 - Protector corriente residual.pdf

15 - Manual push button Ingun.pdf

16- Especificación de Rheem acerca de las cargas.pdf

17 - Cotización Ingun.pdf

Nota:

En el CD se encuentra una carpeta con el nombre de Anexos, dentro de ella se pueden localizar todos los archivos originales que se utilizaron para el desarrollo de la tesis.